Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

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

Mission de novembre 2018

PROJET GORO NICKEL

VALE NOUVELLE CALEDONIE

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

Caractéristiques du dossier :

Référence du document		Rap 071-18_Ver00
Référence du contrat		PO n°L06374 / 0001 du 01/01/18
Numéro de l'affaire		047-17
Client		Vale Nouvelle-Calédonie
Commune		Mont Dore
Coordonnées (WGS 84 UTM58)	**X**	696 000
	Y	7 528 000
Mots clés		projet Goro Nickel, ichtyologie, communautés récifales, biocénoses marines, suivis environnementaux, mine, port

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	Janvier 2019
	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	04/02/2019
00	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	12/03/2019

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 071-18_Ver00	04/02/2019	AQUA TERRA	Vale NC	07/03/2019

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

Equipe de travail

Le Mandataire pour cette étude est la SARL AQUA TERRA, avec Valérie VAILLET comme chef de projet, avec l'aide d'experts scientifiques.

Les principaux intervenants étaient donc :

Pour AQUA TERRA :

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

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

Pour ACREM :

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

A participé à de nombreuses campagnes d'échantillonnage du milieu marin et notamment dans cette zone et pour le projet Goro Nickel. Plongeur niveau III.

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

Pour BIOCENOSE MARINE :

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

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

Personne physique :

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

Table des Matières

EQUIPE DE TRAVAIL **3**
TABLE DES MATIERES **4**
LISTE DES TABLEAUX **7**
LISTE DES FIGURES **10**
LISTE DES CARTES **12**
LISTE DES PHOTOS **13**
1 PREAMBULE **14**
2 OBJECTIF DE L'ETUDE **15**
3 METHODOLOGIE **16**
3.1 ZONE D'ETUDE 16
3.1.1 Contexte général *16*
3.1.2 Présentation des stations *16*
3.1.2.1 Les stations 16
3.1.2.2 Les transects 18
3.2 LES TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE 19
3.2.1 Vérification des stations *19*
3.2.1.1 Positionnement 19
3.2.1.2 Matérialisation 19
3.2.1.2.1 Organisation « matérielle » 19
3.2.1.2.2 Organisation « temporelle » 19
3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat *20*
3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos *20*
3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons *23*
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE 24
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES 25
3.4.1 Pour le substrat *25*
3.4.2 Pour le benthos *26*
3.4.3 Pour les poissons *28*
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION **32**
4.1 STATION 01 = CASY 32
4.1.1 Le substrat (ST01) *36*
4.1.2 Le benthos (ST01) *37*
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A 38
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B 39
4.1.3 Les poissons (ST01) *40*
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD 46
4.2.1 Le substrat (ST02) *49*
4.2.2 Le benthos (ST02) *50*
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A 50
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B 51
4.2.3 Les poissons (ST02) *53*
4.3 STATION 03 = PORT 58
4.3.1 Le substrat (ST03) *62*
4.3.2 Le benthos (ST03) *63*
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A 63
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B 64
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C 65
4.3.3 Les poissons (ST03) *66*
4.4 STATION 04 = WOODIN 71
4.4.1 Le substrat (ST04) *75*
4.4.2 Le benthos (ST04) *76*
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A 76
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B 77
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C 78
4.4.3 Les poissons (ST04) *79*
4.5 STATION 05 = RECIF IORO 86
4.5.1 Le substrat (ST05) *89*
4.5.2 Le benthos (ST05) *90*
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A 90
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B 91
4.5.2.3 Benthos Transect 05 C 92

4.5.3 Les poissons (ST05) *93*
4.6 STATION 06 = BANC IONONTEA 99
4.6.1 Le substrat (ST06) *102*
4.6.2 Le benthos (ST06) *103*
4.6.2.1 Benthos Transect 06 A 103
4.6.2.2 Benthos Transect 06 B 104
4.6.2.3 Benthos Transect 06 C 105
4.6.3 Les poissons (ST06) *107*
4.7 STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON 114
4.7.1 Le substrat (ST07) *117*
4.7.2 Le benthos (ST07) *118*
4.7.2.1 Benthos Transect 07 A 118
4.7.2.2 Benthos Transect 07 B 119
4.7.2.3 Benthos Transect 07 C 120
4.7.3 Les poissons (ST07) *121*
4.8 STATION 08 = POINTE PUKA 127
4.8.1 Le substrat (ST08) *131*
4.8.2 Le benthos (ST08) *132*
4.8.2.1 Benthos Transect 08 A 132
4.8.2.2 Benthos Transect 08 B 133
4.8.3 Les poissons (ST08) *135*
4.9 STATION 09 = BANCS KIE 141
4.9.1 Le substrat (ST09) *145*
4.9.2 Le benthos (ST09) *146*
4.9.2.1 Benthos Transect 09 A 146
4.9.2.2 Benthos Transect 09 B 147
4.9.2.3 Benthos Transect 09 C 148
4.9.3 Les poissons (ST09) *150*
4.10 STATION 11 = RECIF TOEMO 156
4.10.1 Le substrat (ST11) *160*
4.10.2 Le benthos (ST11) *161*
4.10.2.1 Benthos Transect 11 A 161
4.10.2.2 Benthos Transect 11 B 162
4.10.2.3 Benthos Transect 11 C 163
4.10.3 Les poissons (ST11) *165*
4.11 STATION 12 = ILOT UGO 172
4.11.1 Le substrat (ST12) *176*
4.11.2 Le benthos (ST12) *177*
4.11.2.1 Benthos Transect 12 A 177
4.11.2.2 Benthos Transect 12 B 178
4.11.3 Les poissons (ST12) *179*
5 RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE 185
5.1 SUBSTRAT 185
5.2 BENTHOS 186
5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités *186*
5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité » 186
5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude 187
5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude 188
5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect *188*
5.2.3 Composition spécifique par site *189*
5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah 189
5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin 190
5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony 191
5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique *192*
5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés 192
5.2.4.2 La biodiversité des macrophytes 192
5.3 ICHTYOLOGIE 195
5.4 ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES 197
5.4.1 Définitions *197*
5.4.2 Espèces exogènes / invasives *197*
5.4.3 Espèces envahissantes *198*
5.4.3.1 Asparagopsis taxiformis 198
5.4.3.2 Lobophora variegata 199
6 COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES 203

6.1 SUBSTRAT 203
6.2 BENTHOS 204
6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps 204
6.2.1.1 Pour les invertébrés, généralités 205
6.2.1.2 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission 206
6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis le début 206
6.2.1.3.1 Analyse par Anovar 207
6.2.1.3.2 Analyse par le test de Friedman 208
6.2.1.4 Pour les macrophytes, généralités 209
6.2.1.5 Pour les macrophytes, depuis le début 210
6.2.1.5.1 Analyse par Anovar 211
6.2.1.5.2 Analyse par le test de Friedman 212
6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude 214
6.2.2.1 Le blanchissement des coraux 214
6.2.2.2 Les maladies et les lésions coralliennes 216
6.2.2.2.1 Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude 216
6.2.2.2.2 Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude 220
6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes 220
6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à mai 2018 225
6.3 ICHTYOLOGIE 235
6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR) 235
6.3.1.1 Variance temporelle : comparaison entre les missions 236
6.3.1.1.1 En baie de Prony 236
6.3.1.1.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 237
6.3.1.2 Variance spatiale : comparaison entre les stations 242
6.3.1.2.1 En baie de Prony 242
6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 243
6.3.1.3 Ls structures de peuplement – Présence / absence des espèces 243
6.3.2 Test non paramétrique 245
6.3.3 Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm) 249
6.3.4 Résumé 250
6.3.4.1 Synopsis des résultats par station 250
6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission 251
6.3.4.3 Le peuplement de poissons 251
7 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 253
7.1 SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE 254
7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année 254
7.1.1.1 2011 254
7.1.1.2 2013 255
7.1.1.3 2015 255
7.1.1.4 2016 257
7.1.1.5 2017 259
7.1.1.1 2018 260
7.1.2 Le phénomène ENSO 261
7.1.2.1 Généralités 261
7.1.2.2 El Niño 263
7.1.2.3 La Niña 263
7.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE 264
7.2.1 Liste rouge UICN 264
7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud 265
7.2.2.1 Ecosystèmes patrimoniaux 265
7.2.2.2 Espèces endémiques, rares ou menacées 266
7.2.2.3 Espèces protégées 268
7.2.2.4 Espèces exotiques envahissantes 268
8 CONCLUSION 269
8.1 LE SUBSTRAT 269
8.2 LES COMMUNAUTES BENTHIQUES 270
8.2.1 Etat général 270
8.2.2 Les perturbations 272
8.2.3 Synthèse 275
8.3 LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES 276
8.3.1 Résultats 276
8.3.2 Discussion 278
8.3.3 Conclusion 279
9 DISCUSSION 281

9.1 AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI....281
9.2 AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES....282
9.3 SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL....285
9.4 SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES....286
10 SOURCES....287
A N N E X E S....293
***ANNEXE N°01*....294**
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES....294
***ANNEXE N°02*....297**
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE NOVEMBRE 2018....297
***ANNEXE N°03*....298**
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE NOVEMBRE 2018....298
***ANNEXE N°04*....299**
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE NOVEMBRE 2018....299
***ANNEXE N°05*....306**
NOMENCLATURE UICN....306

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....27
Tableau n°09 : Lexique des abréviations des familles....29
Tableau n°10 : Exemple de calcul pour « poisson »....30
Tableau n°11 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST01A)....38*
Tableau n°12 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST01B)....39*
Tableau n°13 : Données sur les poissons (ST01)....40
Tableau n°14 : Liste des espèces complémentaires (ST01)....40
Tableau n°15 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01)....41
Tableau n°16 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01)....43
Tableau n°17 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)....44
Tableau n°18 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST02A)....51*
Tableau n°19 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST02B)....52*
Tableau n°20 : Données sur les poissons (ST02)....53
Tableau n°21 : Liste des espèces complémentaires (ST02)....53
Tableau n°22 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02)....55
Tableau n°23 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02)....55
Tableau n°24 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)....56
Tableau n°25 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03A)....63*
Tableau n°26 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03B)....64*
Tableau n°27 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03C)....65*
Tableau n°28 : Données sur les poissons (ST03)....66
Tableau n°29 : Liste des espèces complémentaires (ST03)....66
Tableau n°30 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03)....67
Tableau n°31 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)....68
Tableau n°32 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)....69
Tableau n°33 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04A)....76*
Tableau n°34 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04B)....77*
Tableau n°35 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04C)....78*
Tableau n°36 : Données sur les poissons (ST04)....79
Tableau n°37 : Liste des espèces complémentaires (ST04)....80
Tableau n°38 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04)....82

Tableau n°39 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04) ... 83
Tableau n°40 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) ... 84
Tableau n°41 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05A) ... 90*
Tableau n°42 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05B) ... 91*
Tableau n°43 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05C) ... 92*
Tableau n°44 : Données sur les poissons (ST05) ... 93
Tableau n°45 : Liste des espèces complémentaires (ST05) ... 94
Tableau n°46 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05) ... 95
Tableau n°47 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05) ... 96
Tableau n°48 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) ... 97
Tableau n°49 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06A) ... 103*
Tableau n°50 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06B) ... 104*
Tableau n°51 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06C) ... 105*
Tableau n°52 : Données sur les poissons (ST06) ... 107
Tableau n°53 : Liste des espèces complémentaires (ST06) ... 108
Tableau n°54 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06) ... 109
Tableau n°55 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06) ... 111
Tableau n°56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) ... 112
Tableau n°57 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07A) ... 118*
Tableau n°58 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07B) ... 119*
Tableau n°59 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07C) ... 120*
Tableau n°60 : Données sur les poissons (ST07) ... 121
Tableau n°61 : Liste des espèces complémentaires (ST07) ... 122
Tableau n°62 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07) ... 123
Tableau n°63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) ... 124
Tableau n°64 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07) ... 125
Tableau n°65 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST08A) ... 132*
Tableau n°66 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST08B) ... 133*
Tableau n°67 : Données sur les poissons (ST08) ... 135
Tableau n°68 : Liste des espèces complémentaires (ST08) ... 136
Tableau n°69 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08) ... 137
Tableau n°70 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08) ... 138
Tableau n°71 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) ... 139
Tableau n°72 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09A) ... 146*
Tableau n°73 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09B) ... 147*
Tableau n°74 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09C) ... 148*
Tableau n°75 : Données sur les poissons (ST09) ... 150
Tableau n°76 : Liste des espèces complémentaires (ST09) ... 151
Tableau n°77 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST09) ... 152
Tableau n°78 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09) ... 154
Tableau n°79 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) ... 154
Tableau n°80 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11A) ... 161*
Tableau n°81 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11B) ... 162*
Tableau n°82 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11C) ... 163*
Tableau n°83 : Données sur les poissons (ST11) ... 165
Tableau n°84 : Liste des espèces complémentaires (ST11) ... 166
Tableau n°85 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11) ... 167
Tableau n°86 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11) ... 169
Tableau n°87 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) ... 169
Tableau n°88 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST012A) ... 177*
Tableau n°89 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST012B) ... 178*
Tableau n°90 : Données sur les poissons (ST12) ... 179
Tableau n°91 : Liste des espèces complémentaires (ST12) ... 180
Tableau n°92 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12) ... 180
Tableau n°93 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12) ... 182
Tableau n°94 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12) ... 183

Tableau n°95 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune 195
Tableau n°96 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010 206
Tableau n°97 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010 207
Tableau n°98 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010 207
Tableau n°99 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 208
Tableau n°100 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 209
Tableau n°101 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010 210
Tableau n°102 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010 211
Tableau n°103 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010 211
Tableau n°104 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010 212
Tableau n°105 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010 213
Tableau n°106 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre mai et novembre 2018 (différence en %) 228
Tableau n°107 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre mai et novembre 2018 (gain/perte en taxa) 228
Tableau n°108 : Particularités de chaque station et évolution entre mai et novembre 2018 229
Tableau n°109 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 236
Tableau n°110 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 237
Tableau n°111 : Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne et station 239
Tableau n°112 : Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne et station 239
Tableau n°113 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne et station 240
Tableau n°114 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne et station 241
Tableau n°115 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 242
Tableau n°116 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 243
Tableau n°117 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichtyologiques 244
Tableau n°118 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007) 244
Tableau n°119 : Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichtyologiques suivis 246
Tableau n°120 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie) 247
Tableau n°121 : Sens de la variation automne vs printemps de 2010 à 2018 248
Tableau n°122 : Clé de cotation des Indices ichtyologiques 249
Tableau n°123 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (ichtyologie) 249
Tableau n°124 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie) 250
Tableau n°125 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 252
Tableau n°126 : Principaux phénomènes dépressionnaires en Nouvelle-Calédonie depuis 2003 254
Tableau n°127 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en novembre 2018 264
Tableau n°128 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude 267
Tableau n°129 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons 276
Tableau n°130 : Classement par groupes des stations (ichtyologie) 277
Tableau n°131 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 278
Annexe 01 : Tableau a : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données 294
Annexe 01 : Tableau b : Liste des poissons indicateurs 295

Annexe 02 : Tableau a : Rapport de plongée 297
Annexe 02 : Tableau b : Corrections des marées 297
Annexe 02 : Tableau c : Agenda des marées (corrigées selon le lieu) 297
Annexe 03 : Tableau a : Recouvrement du susbtrat (en %) pour toutes les catégories 298
Annexe 03 : Tableau b : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique 298
Annexe 04 : Tableau a : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin) 299
Annexe 04 : Tableau b : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) 300
Annexe 04 : Tableau c : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)* 302
Annexe 04 : Tableau d : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)* 303
Annexe 04 : Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site 303
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) 303
Annexe 04 : Tableau g : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) 304
Annexe 05 : Tableau a : Définitions des catégories UICN 306

Liste des Figures

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 36
Figure n°05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B 36
Figure n°06 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01) 37
Figure n°07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01) 42
Figure n°08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 45
Figure n°09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 45
Figure n°10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A 49
Figure n°11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B 49
Figure n°12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02) 50
Figure n°13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02) 54
Figure n°14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 57
Figure n°15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 57
Figure n°16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A 62
Figure n°17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B 62
Figure n°18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C 62
Figure n°19 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03) 63
Figure n°20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03) 68
Figure n°21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 70
Figure n°22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 70
Figure n°23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A 75
Figure n°24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B 75
Figure n°25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C 75
Figure n°26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04) 76
Figure n°27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04) 82
Figure n°28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 85
Figure n°29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 85
Figure n°30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A 89
Figure n°31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B 89

Figure n°32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C 89
Figure n°33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05) 90
Figure n°34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05) 96
Figure n°35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 98
Figure n°36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 98
Figure n°37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A 102
Figure n°38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B 102
Figure n°39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C 102
Figure n°40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06) 103
Figure n°41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06) 110
Figure n°42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 113
Figure n°43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 113
Figure n°44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A 117
Figure n°45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B 117
Figure n°46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C 117
Figure n°47 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07) 118
Figure n°48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07) 124
Figure n°49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) 126
Figure n°50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) 126
Figure n°51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A 131
Figure n°52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B 131
Figure n°53 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08) 132
Figure n°54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08) 137
Figure n°55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) 140
Figure n°56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) 140
Figure n°57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A 145
Figure n°58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B 145
Figure n°59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C 145
Figure n°60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09) 146
Figure n°61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09) 153
Figure n°62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) 155
Figure n°63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) 155
Figure n°64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A 160
Figure n°65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B 160
Figure n°66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C 160
Figure n°67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11) 161
Figure n°68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11) 168
Figure n°69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) 171
Figure n°70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) 171
Figure n°71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A 176
Figure n°72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B 176
Figure n°73 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12) 177
Figure n°74 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12) 181
Figure n°75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) 184
Figure n°76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) 184
Figure n°77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique 185
Figure n°78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés 189
Figure n°79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah 190
Figure n°80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin 190

Figure n°81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony 191
Figure n°82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites 193
Figure n°83 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station 193*
Figure n°84 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect 194*
Figure n°85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station 196
Figure n°86 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station 196
Figure n°87 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station 196
Figure n°88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d'Asparagopsis taxiformis et de Lobophora variegata entre septembre 2013 et novembre 2018 198
Figure n°89 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 208
Figure n°90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010 212
Figure n°91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013 ... 221
Figure n°92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012 226
Figure n°93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010 227
Figure n°94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010 227
Figure n°95 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony) 237
Figure n°96 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin) 238
Figure n°97 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony) 242
Figure n°98 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin) 243
Figure n°99 : Représentation des valeurs moyennes par mission (données transformées) 248
Figure n°100 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne 250
Figure n°101 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne 251
Figure n°102 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015 257
Figure n°103 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016 258
Figure n°104 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016 .. 259
Figure n°105 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017) 260
Figure n°106 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017) 263
Figure n°107 : Ecarts des valeurs obtenues en novembre 2018 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) 277
Figure n°108 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en novembre 2018 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) 278
Figure n°109 : Exemple de schéma descriptif d'une station 282
Annexe 05 : Figure a : Classification de la liste rouge UICN 306

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) 34
Carte n°04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord) 47
Carte n°05 : Localisation de la station 03 (Port) 60
Carte n°06 : Localisation de la station 04 (Woodin) 73
Carte n°07 : Localisation de la station 05 (Ioro) 87
Carte n°08 : Localisation de la station 06 (Ionontea) 100
Carte n°09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron) 115
Carte n°10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka) 129
Carte n°11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié) 143
Carte n°12 : Localisation de la station 11 (Toémo) 158

Carte n°13 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo) 174
Carte n°14 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin 201
Carte n°15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah 202

Liste des Photos

Photo n°01 : Mise en place d'un piquet 25
Photo n°02 : Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé 25
Photo n°03 : Echantillonnage poissons 25
Photo n°04 : Echantillonnage LIT 25
Photo n°05 : Echantillonnage benthos 25
Photo n°06 : Prise de vidéo 25
Photo n°07 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01) 34
Photo n°08 : Vue d'ensemble des transects (ST01) 35
Photo n°09 : Position en surface par rapport à la côte (ST02) 47
Photo n°10 : Vue d'ensemble des transects (ST02) 48
Photo n°11 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03) 59
Photo n°12 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03) 60
Photo n°13 : Vue d'ensemble des transects (ST03) 61
Photo n°14 : Position en surface par rapport à la côte (ST04) 73
Photo n°15 : Vue d'ensemble des transects (ST04) 74
Photo n°16 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05) 87
Photo n°17 : Vue d'ensemble des transects (ST05) 88
Photo n°18 : Position en surface (ST06) 100
Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06) 101
Photo n°20 : Position en surface (ST07) 115
Photo n°21 : Vue d'ensemble des transects (ST07) 116
Photo n°22 : Position en surface par rapport à la côte (ST08) 129
Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08) 130
Photo n°24 : Position en surface (ST09) 143
Photo n°25 : Vue d'ensemble des transects (ST09) 144
Photo n°26 : Position en surface par rapport à la côte (ST11) 158
Photo n°27 : Vue d'ensemble des transects (ST011) 159
Photo n°28 : Position en surface par rapport à la côte (ST12) 174
Photo n°29 : Vue d'ensemble des transects (ST12) 175
Photo n°30 : Evolution du blanchissement sur les 6 dernières missions (ST04A) 219
Photo n°31 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat 281

Crédit photographique : Grégory Lasne 2018 pour Biocénose Marine, Valérie Vaillet 2018, pour AQUA TERRA.
Photographies aériennes : Google Earth

1 Préambule

La société Goro Nickel S.A.S. a réalisé un « état de référence » des habitats coralliens en 2005 dans le cadre de l'application de l'arrêté d'autorisation de mise en fonctionnement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004.
Cette étude de référence a été réalisée sur un réseau de 11 stations de mesures localisées dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et l'entrée du canal Woodin.
En l'absence de référence méthodologique officielle, la société Goro Nickel avait alors préconisé l'utilisation d'une variante de la méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [01] pour cette étude. Cette méthode d'échantillonnage est largement utilisée par les experts pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.

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

La société Goro Nickel S.A.S., puis Vale Inco Nouvelle-Calédonie et dernièrement Vale Nouvelle-Calédonie, a alors fait réaliser une nouvelle campagne en septembre 2007, en octobre 2008, en juin 2009, en mars-avril et septembre 2010, en mars et septembre 2011, en avril et octobre 2012, en avril et septembre 2013, en avril et octobre 2014, en mars et octobre - novembre 2015, en avril et novembre 2016, en avril et septembre 2017 puis en mai 2018 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 novembre 2018 (S47) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre[1].

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

[1] Avec le rajout d'une nouvelle station : ST12, près de l'îlot Ugo depuis juin 2009 et la suppression d'une station : ST10, près de l'îlot Kié à partir de 2017 sur demande de Vale NC (possédant l'accord de la DENV) / commande trop tardive pour que l'autorisation de pénétrer dans la réserve soit accordée dans les temps
[2] Les données fournies par ces deux sociétés, le sont sous leur entière responsabilité. La SARL AQUA TERRA ne peut être tenue à une quelconque implication dans leurs résultats

2 Objectif de l'étude

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

- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet 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 faîte selon les données historiques disponibles des campagnes précédentes réalisées depuis 2007.

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

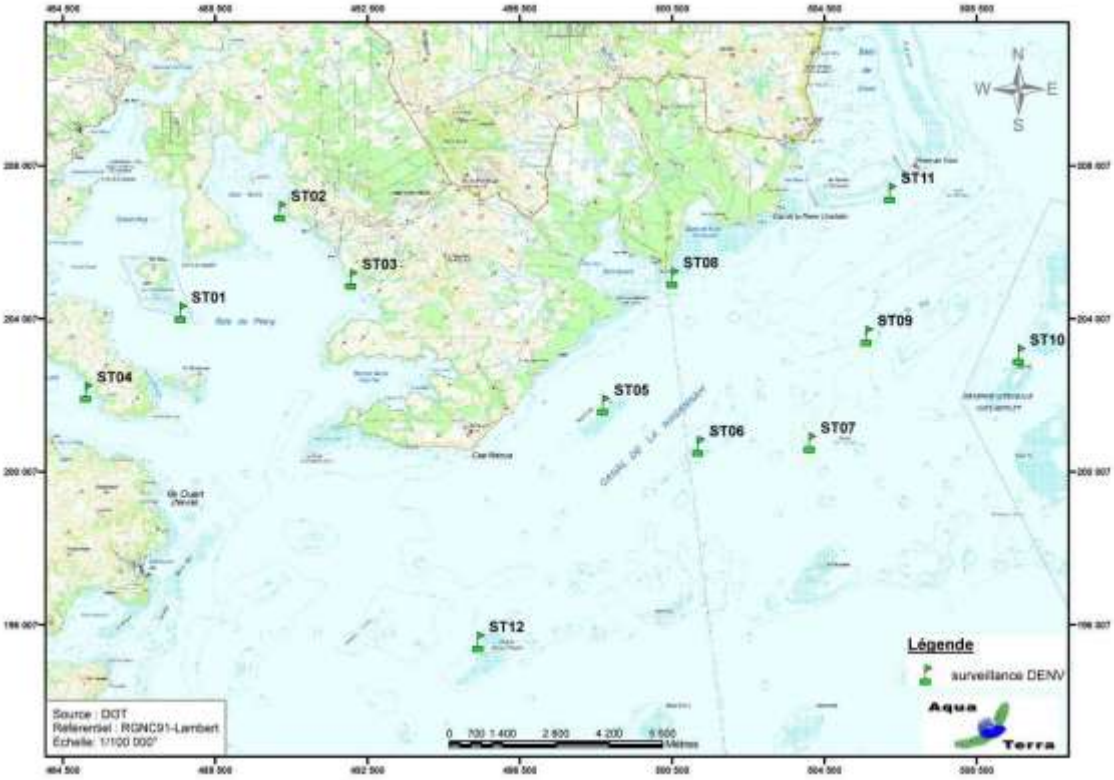
3 Méthodologie

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

3.1 Zone d'étude

3.1.1 Contexte général

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



Carte n°01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT)

3.1.2 Présentation des stations

3.1.2.1 Les stations

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

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

Depuis le le début de 2017, la ST10 n'a pas été échantillonnée (décision Client).
Cette station est située dans la réserve intégrale Y. Merlet. Elle constituait du fait de sa préservation totale - interdite d'accès - une véritable station de référence puisqu'elle n'est soumise à aucun facteur anthropique direct. **Elle était ainsi la seule station pouvant être considérée comme une véritable référence.**
Depuis, l'ensemble des stations du réseau de suivi (les 11 maintenues) se trouvent dans la zone d'influence de l'usine et/ou de l'émissaire du projet ainsi il n'y a pas de zone témoin existante à ce jour.

→ La méthode de comparaison BACI n'est ainsi pas utilisable. Les statistiques ne peuvent se baser que sur des changements au cours du temps avec des modèles de type analyse de tendance en s'appuyant sur des séries de données assez longues [02, 03].
Par ailleurs, la réduction d'un élément du lot de stations du protocole expérimental de suivi, n'est pas sans influencer certains tests statistiques notamment les comparaisons globales temporelles.

Les coordonnées de ces stations sont données dans le tableau 01.
Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau n°01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

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

Les stations sont positionnées sur la photographie aérienne en carte 02.

Carte n°02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth)

3.1.2.2 Les transects

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

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

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

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

Tableau n°02 : Caractéristiques des transects selon les stations

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

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

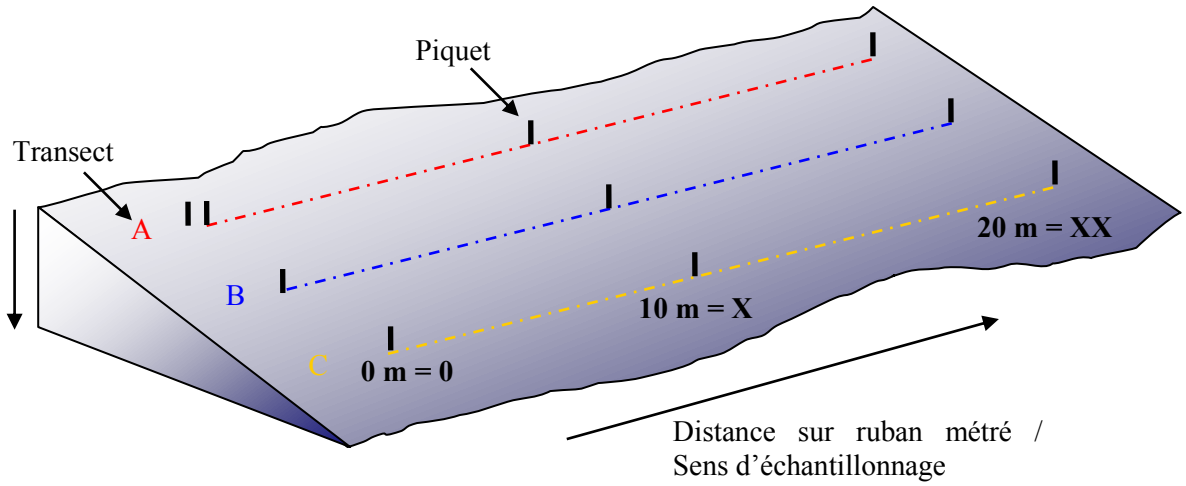


Figure n°01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

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 marquants les transects de la station.
Les plongeurs emmenent à cette occasion une bouée qu'ils attâchent au 1er piquet (0 m) du 1er transect haut (le A), afin de permettre la prise des coordonnées exactes par GPS.
Lorsque les transects sont éloignés les uns des autres, cette manœuvre est répétée pour chacun.

3.2.1.2 Matérialisation

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

3.2.1.2.1 Organisation « matérielle »

Le parfait état du marquage des stations étant primordial pour un suivi temporel, les piquets absents, tombés, branlants, etc. ont été systématiquement remplacés (cf. tableau 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 influer sur la biocénose : les mouvements des plongeurs et le bruit occasionné par les coups sur les piquets peuvent perturber la faune pélagique (attraction ou au contraire fuite).

Par ailleurs, selon le substrat, cet effort peut rendre la visibilité très mauvaise du fait de la mise en suspension de sédiments fins du fond.

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

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

3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat

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

Pour cela, c'est la méthode dite « LIT » qui a été appliquée.
La méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [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 prisent en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

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

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

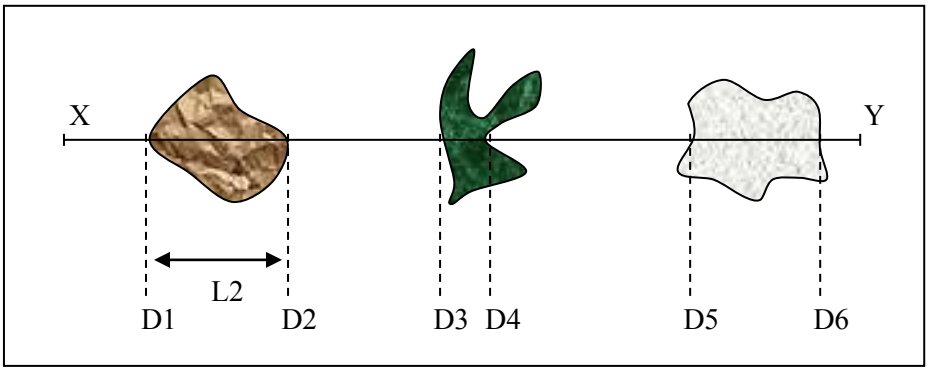


Figure n°02 : Diagramme schématique d'un transect

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [01] pour le « Line Intersept 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).

Depuis la mission d'avril 2017 : suite aux restrictions budgétaires, Vale NC n'a pas élargie outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires ainsi que le substratum n'ont pas été étudiés.

Cependant, les inventaires de cette étude ne sont pas exhaustifs : de nombreuses espèces peuvent être identifiés directement sous l'eau avec certitude (ce qui nécessite une grande expertise de l'échantillonneur) au niveau du genre et de l'espèce (liste conservative) mais d'autres nécessitent d'être prélevées afin d'être observées à la binoculaire ou faire des analyses ADN (hors, aucun prélèvement n'a été réalisé pour cette étude).
L'identification s'est également appuyée sur divers ouvrages, guides de terrain et rapports [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,
- Ascidies,
- Mollusques (bivalves, gastéropodes, nudibranches),
- Echinodermes (étoiles de mer, oursins, holothuries, crinoïdes).

Cette échelle d'abondance a été modifiée par rapport à l'échelle d'abondance de English et al, 1997 [01]. Elle a été élaborée afin de caractériser l'abondance spécifique ou générique des biocénoses marines. Ainsi les pourcentages de recouvrement ont été réduits pour les indices (numéroté de 1 à 5) afin de pouvoir décrire les 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 m²)
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

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

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

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

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

2/ Evaluation du blanchissement

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

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

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

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

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

3/ Les autres indicateurs à suivre

En plus des éléments cités ci-dessus, les plongeurs ont relevé tous les autres indices (négatifs ou positifs) pouvant

permettre d'affiner le diagnostic de l'état de santé du milieu, notamment :

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

3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons

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

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

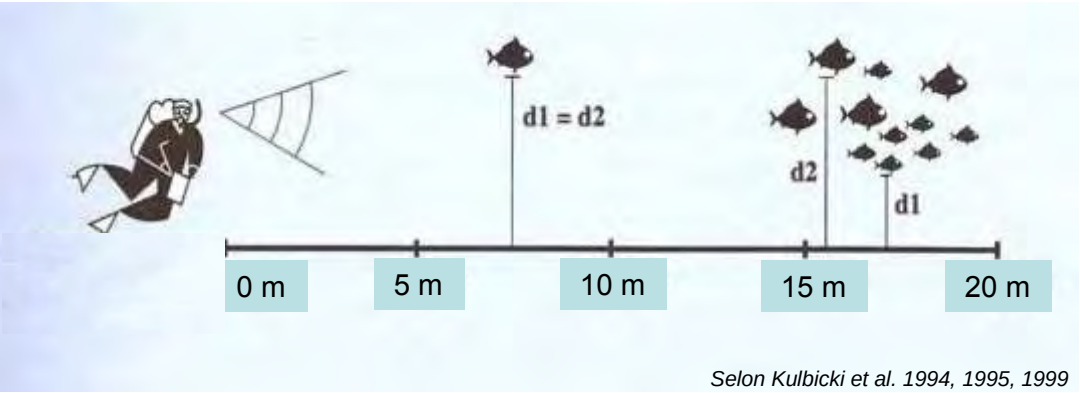


Figure n°03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

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

Le fait d'utiliser le TLV dans le cas présent est critiquable pour plusieurs raisons.
Les raisons en sont développées en annexe 03 du rapport de la mision de novembre 2016 [10].

Un résumé des limites du protocole est rappelé ci-dessus :
La collecte des données *in situ* est faite par estimation visuelle en plongées [11]. Le cahier des charges de la DENV impose donc la méthode des Transects à Largeurs Variables (TLV [12]) pour le suivi poissons. Toutefois, ce même cahier des charges demande à ce que les transects d'une station soient parallèles entre eux ce qui en pratique est incompatible avec le TLV. En effet, les transects ont été placés à quelques mètres les uns des autres si bien que les distances de visibilités se chevauchent largement. De plus, le TLV préconise des transects de 50 m, or le cahier des charges fixe leur longueur à 20 m. Cette faible longueur amplifie la variabilité des comptages déjà très variables par nature.
Tout cela, fait que les données obtenues correspondent à des indices d'abondances très approximatifs et oblige à considérer, non pas les estimations par transect mais une moyenne par station.

- Prestations complémentaires

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

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

3.3 Période d'échantillonnage

La mission terrain a été déclenchée par la date de l'appel d'offre puis celle de la commande du présent contrat.
La période a été ensuite ajustée en fonction des coefficients de marée ainsi que de la lune (vives eaux ou mortes eaux) (détails dans les tableaux de l'annexe 02).
Pour cette mission, l'échantillonnage a été effectué du 19 au 23 novembre 2018 (semaines 47).

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 LIT

Photo n°05 : Echantillonnage benthos

Photo n°06 : Prise de 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 scléractiniaires, autres coraux, alcyonaires, autres organismes, algues, algues sur corail mort) ainsi que le matériel composant le substrat (corail mort, débris, sable, dalle, vase, eau).
Elles sont alors exprimées en pourcentages pour chaque transect et présentées sous forme de graphiques pour permettre une comparaison visuelle rapide.

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

3.4.2 Pour le benthos

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

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

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

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

Prestations complémentaires

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

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

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

Tableau 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
ΔAi /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a **augmenté d'abondance** de **«+x»** degré(s) depuis la mission précédente
ΔAi /- x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a **diminué d'abondance** de **«-x»** degré(s) depuis la mission précédente
• **Blanchissement corallien « B »**	
n blanchies	Nombre d'espèce(s) blanchie(s)
% d'espèces blanchies	(n espèces scléractiniaires blanchies / n espèces scléractiniaires)*100
Bi	L'espèce est blanchie au degré « i » compris entre B1à B5
• **Evolution du nombre d'espèce(s) blanchie(s)**	
N	**Espèce nouvellement blanchie** depuis à la mission précédente
+n spp. B*	Augmentation du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
-n spp. B*	Diminution du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
• **Evolution du degré de blanchissement**	
ΔB +i	Le blanchissement de l'espèce à augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
ΔB -i	Le blanchissement de l'espèce à diminué de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
∞	Espèce toujours blanchie mais pas de changement par rapport à la dernière mission
Øß	L'espèce n'est plus blanchie par rapport à la mission précédente

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

- Approche statistique

L'approche statistique s'est intéressée à la variation de la biodiversité α dans le temps, en considérant que la biodiversité αd'une station la caractérise.
Ce rapport présente les résultats obtenus lors de la dernière mission sur le peuplement benthique (coraux à

exosquelette, invertébrés hors coraux durs et macrophytes) et les comparent aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables.
Deux analyses statistiques sont proposées : par Anovar et le test de Friedman.

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

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

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

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

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

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

3.4.3 Pour les poissons

- Analyse des données

Les résultats des comptages par TLV reprennent la nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles de Randall J. E. [13] ou Fish Base [14].
Le nom des familles est abrégé dans les différentes 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
Anthiinidae	**Ant** (Serranidae)	Fistulariidae	Fist	Ostraciidae	Ost
Apogonidae	Apo	**Gobiidae ***	**Gob**	Pinguipedidae	Pin
Atherinidae	Ath	Grammistidae	Gra (Serranidae)	Platacidae	Pla
Aulostomidae	Aul	**Haemulidae**	**Hae**	Plesiopidae	Ple
Balistidae *	**Bal**	Holocentridae	Hol	**Pomacanthidae**	**Poc**
Blenniidae *	**Ble**	**Kyphosidae**	**Kyp**	**Pomacentridae ***	**Pom**
Caesionidae	**Cae**	**Labridae ***	**Lab**	Priacanthidae	Pri
Canthigasteridae *	**Can**	Latridae	Lat	**Pseudochromidae ***	**Pse**
Carangidae	**Car**	Leiognathidae	Lei	Ptereleotridae	Pte
Carcharhinidae	**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*

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

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

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

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

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

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

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [15] 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 m²	Densité (D) / m²	Biomasse (W) g/m²	a	b
Pomacentrus aurifrons	20	3	15,52	1	1,5	25	0,8	0,621	0,028	3,02

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

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

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

- Présentation des données

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

- Un premier tableau donne les **résultats quantitatifs obtenus sur les TLV** (Densité et Biomasse/m²) et la Biodiversité relative à la liste du cahier des charges de la DENV.

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

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

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

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

Attention : Fort des remarques pertinentes de la mission INERIS nous avons modifié cette comparaison. Celle-ci se faisait à l'aide d'un Khi^2 de Pearson global, en ce sens qu'il portait sur l'ensemble des données obtenues depuis 2007. Le tableau ainsi analysé comportait un grand nombre de 0 et un grand nombre de valeurs < 5, soit deux travers qui nuisent à la signification du test.
Nous procèderons dorénavant à une transformée de variables en mettant à profit la série de données obtenue depuis 2007, et cela de la manière suivante :
Supposons qu'en octobre 2017, 13 espèces de Pomacentridés aient été observées sur une station particulière Sti et que sur toute la série historique 55 espèces aient été observées sur cette Sti - bien que le lagon néocalédonien en contienne 93. La valeur 13 sera alors transformée en la rapportant à son maximum possible (55) soit 23,6 (%).
En revanche, s'il s'agit des Siganidés, qui ne sont que 12 espèces en Calédonie et 10 dans le sud, à supposer que sur cette même Sti, 6 aient été dénombrées le même mode de transformation aboutira à la valeur 60 (%).
Notons que ces nouvelles valeurs ne sont pas de véritables % ce qui obèrerait l'utilisation raisonnable d'un test de Khi^2. En effet, elles ne correspondent pas à des pourcentages pour la mission j à la station i, mais pour l'item Pomacentridae, Siganidae, etc., à la Sti… leur somme ne fait d'ailleurs pas 100 sur la Sti. Ces valeurs sont donc indépendantes et répondent aux critères d'utilisation du test de Khi^2.
En substance cette transformation a plusieurs avantages :
1° - Elle gomme les disparités naturelles entre familles. En effet, dans l'exemple précédent 13 espèces de Pomacentridés a l'air d'être une valeur forte par rapport à la valeur 8 des espèces de Siganidés. Mais en fait, si l'on considère que ces dernières ne peuvent pas dépasser 10 sur notre aire de surveillance et même 12 pour le lagon calédonien tout entier, alors que les Pomacentridés sont 55 sur cette aire de surveillance et 93 sur l'ensemble du lagon, il apparaît alors que les Siganidés sont mieux représentés que les Pomacentridés... ce qui est correctement traduit par la nouvelle variable.
2° - Elle réduit considérablement le nombre de zéros et de valeurs faibles (i.e. < 5), et écarte ainsi le risque d'avoir une matrice de données dégénérée.
3° - Elle procure des valeurs indépendantes qui peuvent donc être traitées par des tests statistiques.

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

4 Résultats bruts par station

4.1 Station 01 = Casy

Localisation géographique	Sud du platier de l'îlot Casy. Attention, la bouée de balisage de réserve (croix jaune) a été déplacée en raison d'un élargissement de la zone de réserve. La station biologique n'est plus localisable grâce à ce repère.
Nombre transects	2 transects positionnés sur la pente sédimentaire proche du platier (pente très douce). La pente est trop faible pour pouvoir installer un troisième transect (à 20 m de profondeur) à une distance raisonnable.
Description transects	Sont installés à une cinquantaine de mètres l'un de l'autre afin d'atteindre une profondeur de 7 et 10 mètres avec une orientation sud-est / nord-ouest.
	Une colonie de *Lobophyllia corymbosa*, de 2 m de diamètre, sert de point de repérage pour la fin du transect A.

Description générale

La pente douce récifale est constituée de sable coquillé sur lequel repose de nombreux massifs coralliens ainsi que de nombreux débris. Les organismes benthiques colonisent préférentiellement ce substrat dur. Les alcyonaires du genre *Sarcophyton* sont particulièrement bien développés et les algues brunes *Sargassum* spp. peuvent être présentes sur le transect B.

Cette station se caractérise par un recouvrement important en algues brunes (*Lobophora variegata, Sargassum, Distromium, Dictyota* et quelques *Padina*). Les macrophytes se distribuent sur du sable coquillé et sur des petits massifs coralliens répartis de manière hétérogène. Les alcyonaires occupent également une part importante du recouvrement (principalement *Sarcophyton*, *Sinularia* et *Lobophytum* et dans une moindre mesure *Dendronephthya*).

La taille des colonies coralliennes scléractiniaires reste de taille décimétrique (*Pocillopora damicornis, Barabattoia amicorum, Galaxea fascicularis, Acanthastrea echinata, Goniastrea* cf. *pectinata)*. Seuls les genres *Acropora* de forme tabulaire et une colonie de *Lobophyllia corymbosa* réussissent à s'édifier et dépasser la taille métrique. La richesse spécifique et le recouvrement corallien sont relativement faibles en B (pente sédimentaire sableuse, manque de substrats durs).

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

Caractéristiques principales

- Présence en fin d'*Acanthaster planci :*
- Prolifération d'avril 2017 à mai 2018 en A, en septembre 2017 en B
- Seulement 1 spécimen en novembre 2016 et en novembre 2018 en A

→ Les corallivores ne sont pas restés en B car il y a trop peu de colonies coralliennes à consommer

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

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 1% au transect A et B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à Acanthaster planci) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à Acanthaster planci) ;* Novembre 2018 : 0.45%

De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis novembre 2016)

- Lésions coralliennes : les colonies blanchies (en A : 0.8 m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci* (plus que 1 seul spécimen)

Absence de la maladie de la bande blanche. En fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas être recensée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires

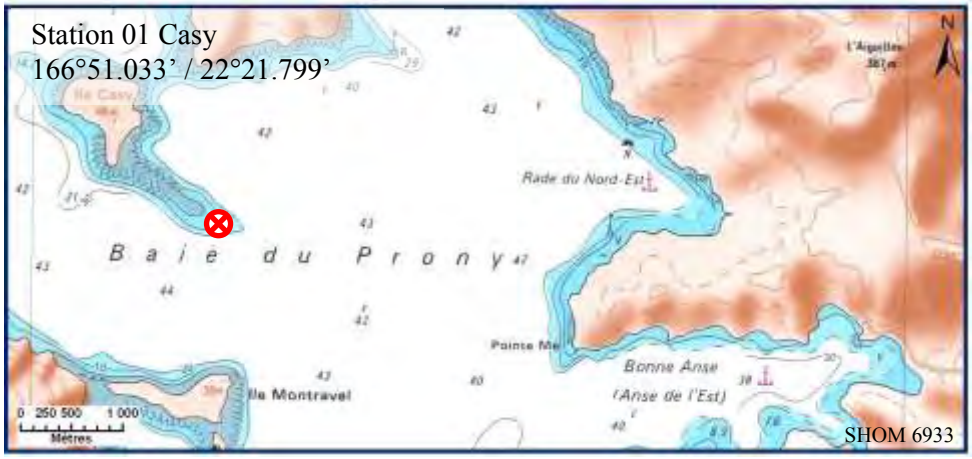
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : présence en hausse en A (niveau 2 à 3) et en stable en B (niveau 2). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (*Acropora* tabulaire et branchu)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : présence en A et B (niveau 2), le recouvrement diminue en A (niveau 3 à 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : présence en A&B (niveau 2), le recouvrement augmente (niveau 0 à 2)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

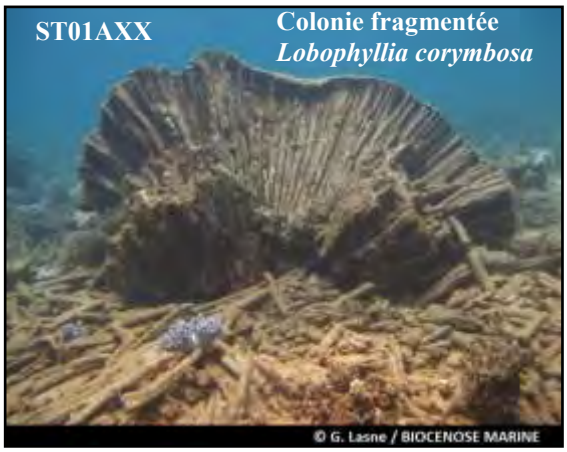
Les corallivores :

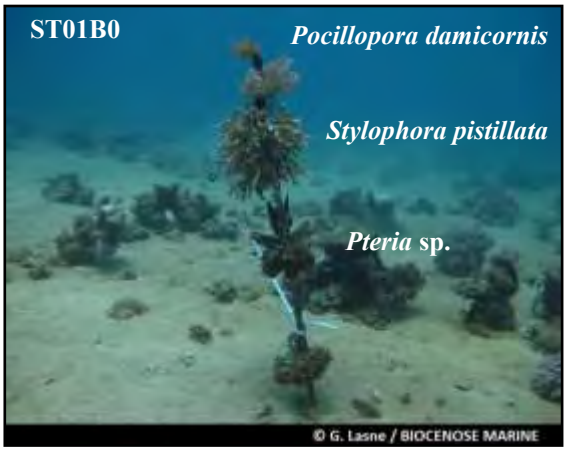
- Absence de *Culcita novaeguineae*
- Présence d'1 seul spécimen d'*Acanthaster planci* en A. Il n'y a plus de prolifération (la densité a diminué : 7 spécimens étaient présents en mai 2018)
- Absence de *Drupella cornus*



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)*





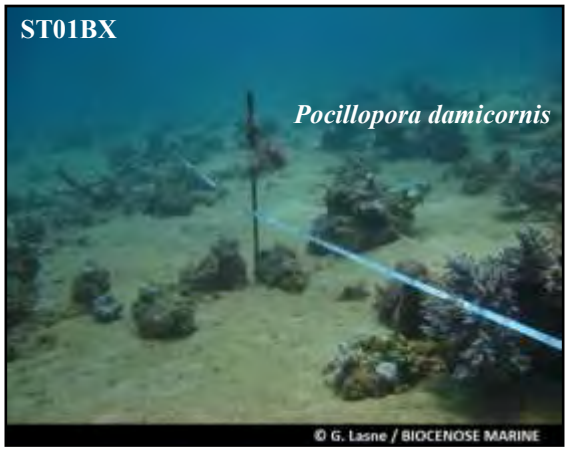


Photo n°08 : Vue d'ensemble des transects (ST01)

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.

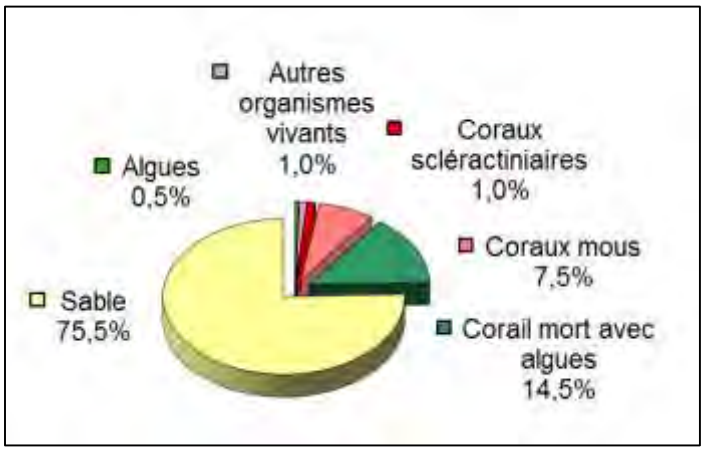


Figure n°04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

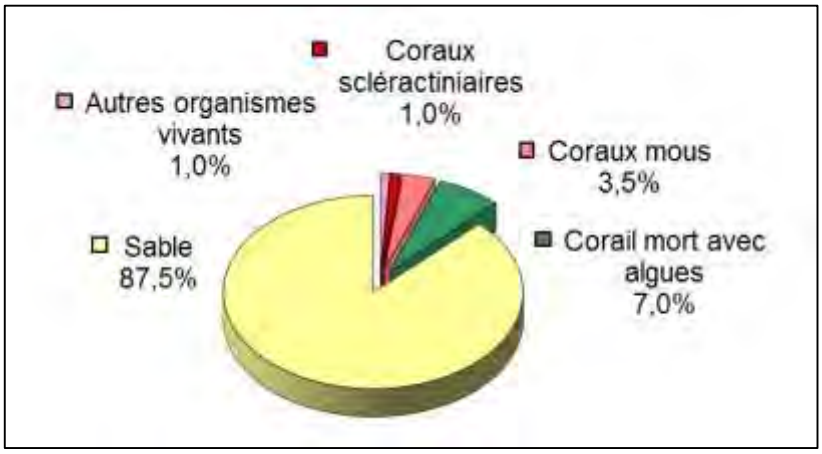


Figure n°05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 75.5% et de 87.5% de recouvrement pour les 2 transects.
Cela entraîne évidemment que le substrat est majoritairement abiotique sur cette station.
Du fait des conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*, le recouvrement des coraux scléractiniaires est bas sur les 2 tansects (1%) : presque tous les coraux sont morts. Le reste de la partie biotique est constituée essentiellement par des alcyonaires et la classe « coraux mort recouverts d'algues ».

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

A noter : 0.5% de cyanobactéries au transect A.

Les transects sont stables dans l'ensemble. Il faut cependant noter que les 2 transects sont dégradés pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires. Actuellement tous les coraux sont morts à part quelques rares *Pocillopora* sp. Cela est imputable à la prolifération d'*Acanthaster planci* qui a eu lieu précédemment. Ces dernières ont « disparu » (que 1 spécimen en A pour cette mission), faute de nourriture certainement.

4.1.2 Le benthos (ST01)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de :

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

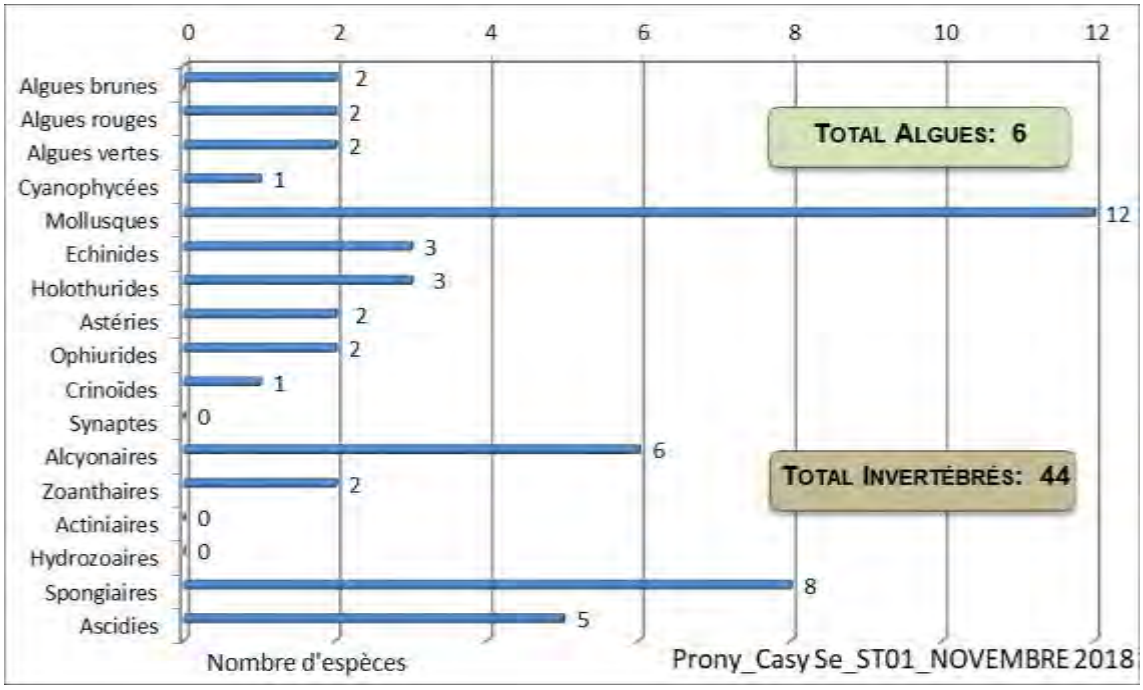


Figure n°06 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de :

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

Tableau n°11 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST01A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A2/- 1)
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A3/+ 1)
Cnidaires	
☑	☑
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia milleporrella* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A1/- 1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pteria* sp. (A2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Isognomon isognomon* (A3/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Septifer bilocularis* (A2/- 1)
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (grise, digité) (A2).	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de :

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

Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°12 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST01B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A2) ; et 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A2), •*Gibsmithia hawaiiensis* (A2). Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Codium* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée : l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sinularia flexibilis* (A3/+ 1) ➢ pour les zoanthaires (1 sp) : •Zoanthidae ind.sp. (A2/+ 1)
Echinodermes	
5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia milleporrella* (A0/-2), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema savignyi* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1/- 1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Conus leopardus* (A1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Isognomon isognomon* (A4/+ 1) 3 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Pteria* sp. (A2/- 1), •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1) ; ➢ pour les gastéropodes (1 sp) : •*Strombus luhuanus* (A2/- 1)
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (grise, digité) (A2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Phallusia julinea* (A1).	2 sp d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste des espèces observées[4] 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**
Ble	Ecsenius bicolor	1	0,02	0,01				0,50	0,01	0,00
Ble	Meiacanthus atrodorsalis	1	0,02	0,01				0,50	0,01	0,00
Can	Canthigaster valentini	2	0,03	0,02	1	0,03	0,01	1,50	0,03	0,02
Cha	Chaetodon melannotus	1	0,02	0,04				0,50	0,01	0,02
Epi	Cephalopholis boenak				1	0,03	0,17	0,50	0,01	0,09
Epi	Plectropomus leopardus	1	0,01	3,13				0,50	0,01	1,56
Gob	Amblygobius phalaena				4	0,10	0,69	2,00	0,05	0,34
Lab	Cheilinus chlorourus				2	0,05	2,20	1,00	0,03	1,10
Lab	Thalassoma lunare				3	0,08	0,77	1,50	0,04	0,38
Mic	Ptereleotris evides				8	0,20	1,37	4,00	0,10	0,69
Mic	Ptereleotris microlepsis	8	0,13	0,91				4,00	0,07	0,46
Nem	Scolopsis bilineatus	3	0,05	1,00	3	0,08	2,00	3,00	0,06	1,50
Poc	Centropyge bicolor	2	0,03	0,08				1,00	0,02	0,04
Poc	Centropyge tibicen	3	0,05	0,06				1,50	0,03	0,03
Pom	Abudefduf whitleyi	7	0,12	0,80				3,50	0,06	0,40
Pom	Chrysiptera rollandi	5	0,08	0,05	6	0,15	0,02	5,50	0,12	0,03
Pom	Dascyllus aruanus	20	0,33	0,18	15	0,38	0,20	17,50	0,35	0,19
Pom	Dascyllus reticulatus	20	0,33	0,43	10	0,25	0,14	15,00	0,29	0,28
Pom	Pomacentrus aurifrons				30	0,75	0,96	15,00	0,38	0,48
Pom	Pomacentrus coelestis				10	0,25	0,32	5,00	0,13	0,16
Pom	Pomacentrus moluccensis	4	0,07	0,09				2,00	0,03	0,04
Sca	Chlorurus sordidus	3	0,05	3,38				1,50	0,03	1,69
Sca	Scarus flavipectoralis	4	0,07	3,66	5	0,13	10,24	4,50	0,10	6,95
Sca	Scarus rivulatus	1	0,02	2,67				0,50	0,01	1,33
Sig	Siganus doliatus	2	0,03	1,46				1,00	0,02	0,73
Sig	Siganus vulpinus	3	0,05	1,33				1,50	0,03	0,67
Total		**91**	**1,51**	**19,30**	**98**	**2,45**	**19,09**	**94,50**	**1,98**	**19,19**
Biodiversité		**19**			**13**			**26**		
Indice de Shannon =		3,844								
Equitabilité =		0,818								

Sur l'ensemble des transects de la station, 189 individus appartenant à 26 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.98 poissons/m² pour une biomasse de 94.5 g/m².
74 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	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus merra*	Pom	*Abudefduf whitleyi*

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

Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus ongus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Naso unicornis*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Chromis viridis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Gob	*Amblyeleotris stenotaeniata*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Apogon doederleini*	Gob	*Amblygobius phalaena*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Apogon fucata*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Apo	*Ostorhinchus capricornis*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Pomacentrus amboinesis*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus bleekeri*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Coradion altivelis*	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Heniochus monoceros*	Nem	*Scolopsis lineatus*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Cha	*Heniochus varius*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Pin	*Parapercis snyderi*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Centropyge bicolor*	Tet	*Arothron stellatus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge tibicen*		

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

Tableau n°15 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	0	1,25	0,00	3,13
Chaetodontidae	30	1	1,80	3,33	6,00
Epinephelinae	26	2	1,40	7,69	5,38
Labridae	97	2	2,40	2,06	2,47
Lethrinidae	16	0	0,00	0,00	0,00
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	0	0,25	0,00	1,79
Pomacanthidae	14	2	0,55	14,29	3,93
Pomacentridae	92	7	5,60	7,61	6,09
Scaridae	23	3	1,55	13,04	6,74
Siganidae	10	2	0,55	20,00	5,50
Autres	257	7	2,60	2,72	1,01
Khi2 obs		**10.2**		**70.7**	
Khi2 tab				**16.9**	

La structure spécifique observée en novembre 2018 diffère de la structure moyenne.
Sur l'ensemble des missions de la série historique, seuls les résultats des missions 2010 b, 2014 b et 2015 b se rapprochent de la moyenne avec une probabilité toutefois > à 85 %.
Toutes les autres structures de peuplement diffèrent de la moyenne à une probabilité > 95% (cf. tableau synoptique 118).

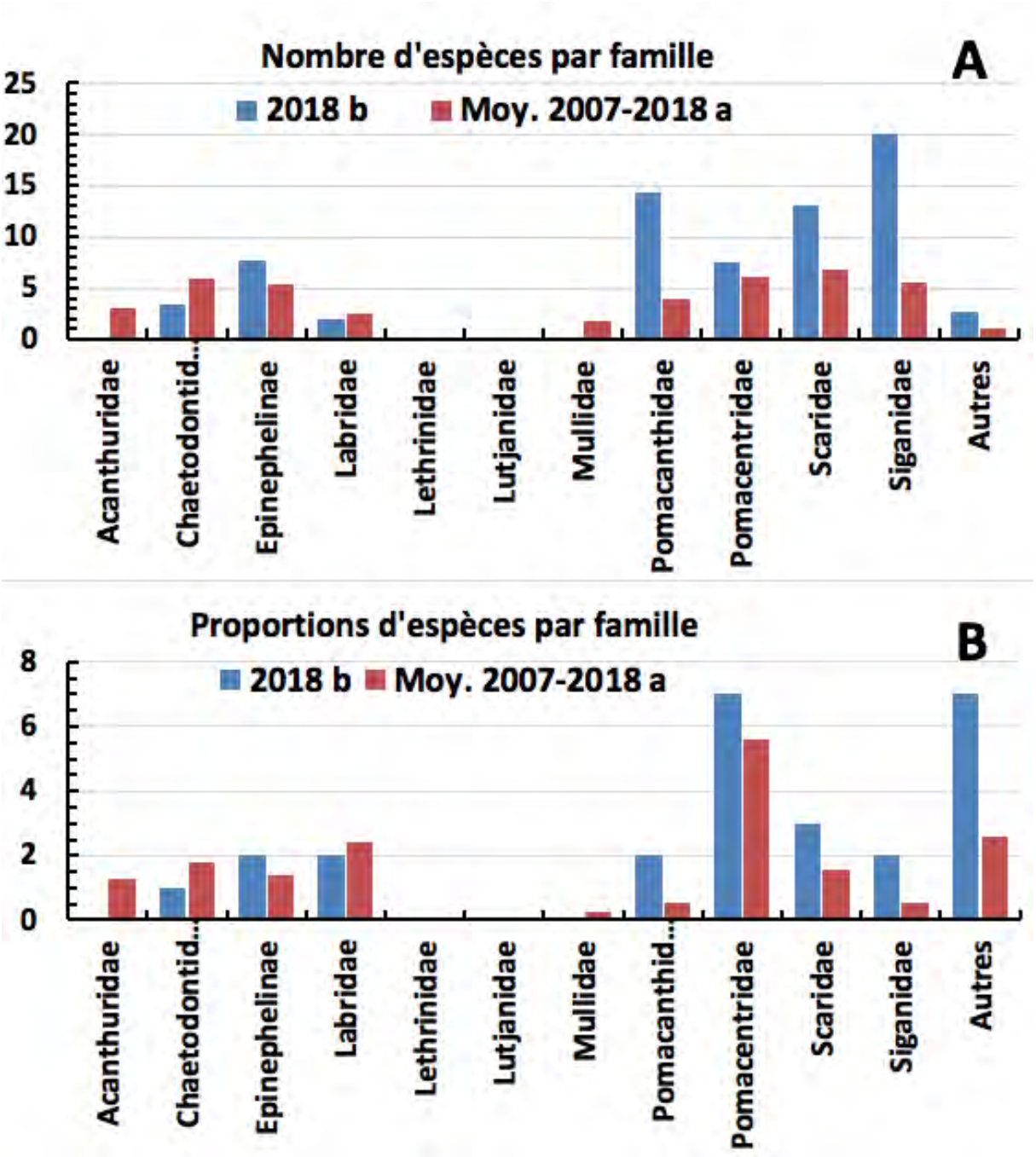


Figure n°07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en 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 16 et la figure 08.

Tableau n°16 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01)

Ilot Casy ST01		Liste restreinte					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	91	1,51	19,30	29		
	Transect B	98	2,45	19,09	11		
	Moy. AB	94,50	1,98	19,19	**26**	**50**	**74**
2018 a	Moy. AB	116,50	2,25	56,65	34	50	77
2017 b	Moy. AB	115,50	1,28	29,91	31	46	82
2017 a	Moy. AB	136,00	2,27	12,04	24	47	75
2016 b	Moy. AB	135,50	0,90	11,57	287	44	8
2016 a	Moy. AB	159,00	1,47	21,76	20	44	76
2015 b	Moy. AB	116,50	1,50	5,17	19	50	73
2015 a	Moy. AB	147,50	1,75	30,37	30	46	76
2014 b	Moy. AB	74,50	0,85	21,61	21	41	75
2014 a	Moy. AB	76,0	0,60	20,21	20	43	72
2013 b	Moy. AB	49,00	0,56	2,43	9	21	39
2013 a	Moy. AB	98,00	1,09	26,75	18	33	58
2012 b	Moy. AB	67,00	0,80	2,70	12	24	49
2012 a	Moy. AB	26,50	0,33	0,82	8	35	55
2011 b	Moy. AB	27,00	0,36	3,97	13	27	37
2011 a	Moy. AB	23,50	0,30	1,01	12	25	37
2010 b	Moy. AB	21	0,33	2,30	11	35	55
2010 a	Moy. AB	18,50	0,93	5,79	13	43	66
2009	Moy. AB	21,00	3,50	13,08	11	28	56
2008	Moy. AB	15,50	0,87	6,68	9	17	47
2007	Moy. AB	17,30	2,63	14,86	16	21	34

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 17 et représentation figure 09.

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

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 480,7	0,7	186,4	62,5	118,4	253,3
Ecart type	49,8	0,9	13,7	7,9	10,9	15,9
Moyenne	74,1	1,3	14,7	18,4	36,6	61,4
Coef. de Var.	0,7	0,7	1,1	0,5	0,3	0,3

Commentaires :

- Le nombre d'espèces de la liste DENV et présentes sur les transects ne représentent que le 3/8 des espèces totales observées ;
- Beaucoup d'espèces sont représentées par des juvéniles ;
- La biomasse est revenue à sa valeur habituelle ;
- Le faible nombre de Chaetodontidae sur le transect ne reflette pas leur réelle présence sur la station. Ils sont toujours là en nombre important (10 esp.).

Cette station longtemps pauvre, présente depuis mars 2014 des valeurs plutôt fortes notamment en ce qui concerne la biodiversité et tous les paramètres ont des valeurs en hausse. Le développement des coraux sur les piquets des transects n'est peut-être pas étranger à cela.
… d'ailleurs, l'augmentation sensible du paramètre « nombre d'individus » vient en partie des Pomacentridae qui se sont installés dans les nouveaux madrépores apparus sur les piquets des transects.
Au cours des missions successives, les valeurs des paramètres du Nb ind., Densité et Biomasse présentent des écarts à la moyenne importants : plus de 150 % et dépasse même 200 % pour la densité, tandis que les paramètres de biodiversité sont plus stables notamment la biodiversité 3, notamment depuis 5 ans.
Toutefois, si la valeur absolue du nombre qui estime la biodiversité semble stable, la structure de cette biodiversité ne l'est pas. Nous avions déjà montré dans les précédents rapports qu'un grand nombre d'espèces disparaissaient des listes au profit d'autres, puis reviennent dans les comptages plusieurs missions plus tard. L'analyse de la structure du peuplement en utilisant la valeur transformée : « nombre vu par rapport au nombre possible », montre que très peu de structures se retrouvent à l'identique dans une série historique propre à une mission. C'est donc aussi le cas ici. Seules les missions 2010 b, 2014 b et 2015 b sur cette station s'accordent avec la distribution moyenne, toutes les autres en sont distinctes et diffèrent significativement de la structure moyenne.

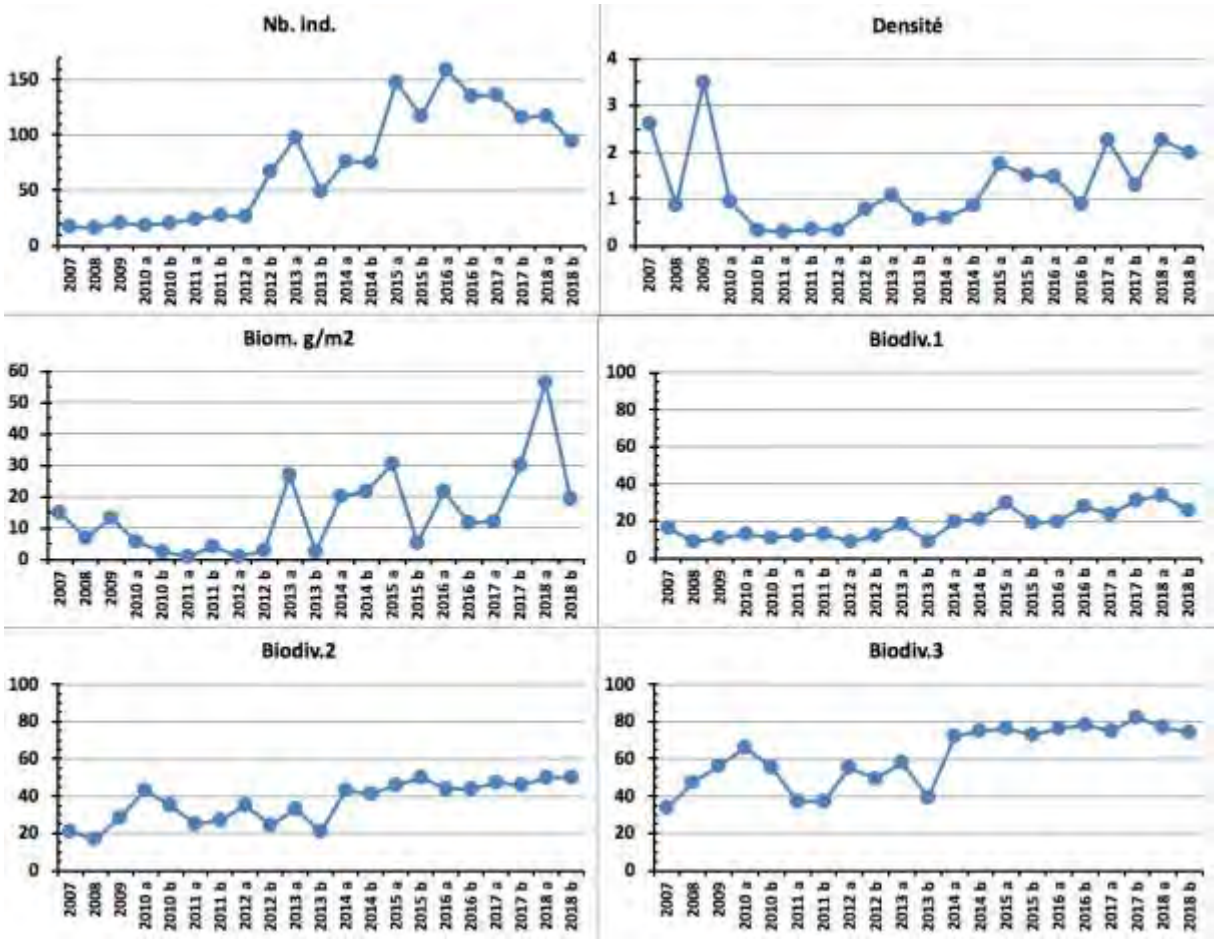


Figure n°08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

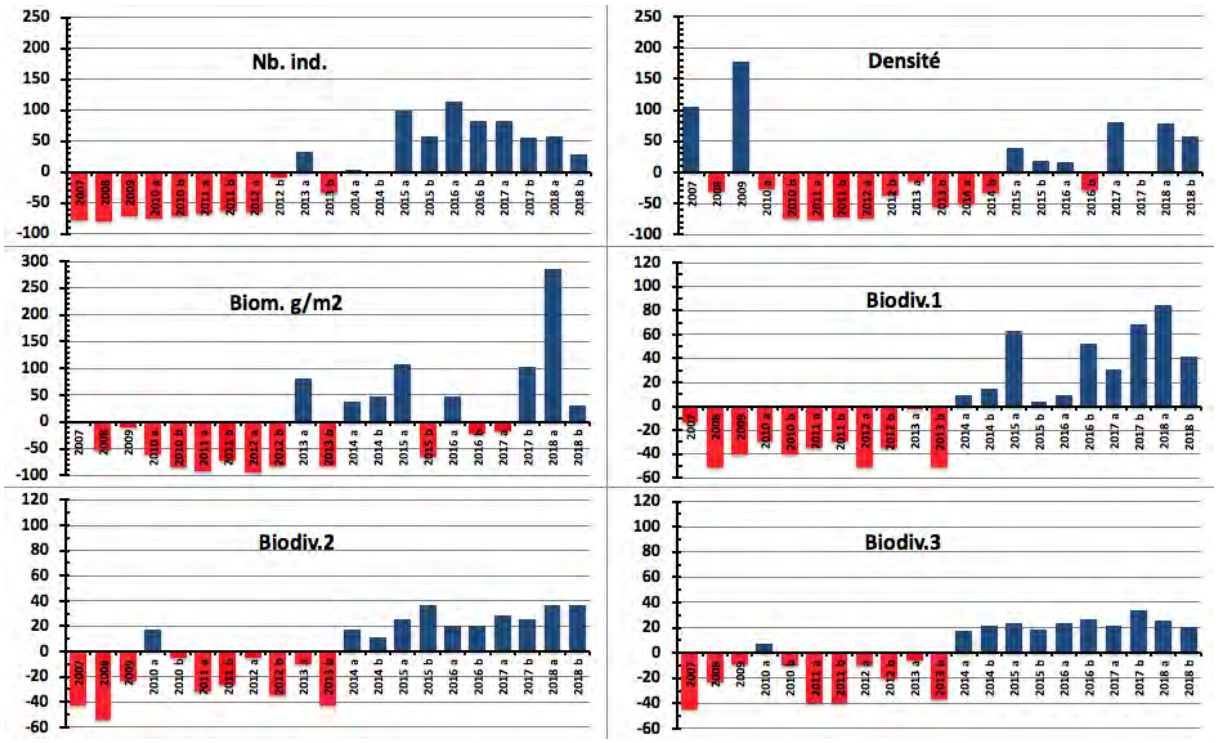


Figure n°09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

4.2 Station 02 = Creek baie nord

Localisation géographique	Au sud de l'embouchure du creek de la Baie nord, à proximité d'un petit récif (langue récifale), face à un amas rocheux sur la plage (photographie 09).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été installés à 10 et 12 mètres de profondeur, avec une orientation du sud vers le nord.

Description générale

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

Caractéristiques principales

Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau, par une croissance rapide, la sécrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation

Richesse spécifique parmi la plus importante des coraux de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony

Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus (*Acropora* et *Anacropora*) et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens

Les colonies d'*Acropora* et *Anacropora* en A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante).

Hyper sédimentation en B

Abondance important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*)

Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux

Variations entre mai et novembre 2018

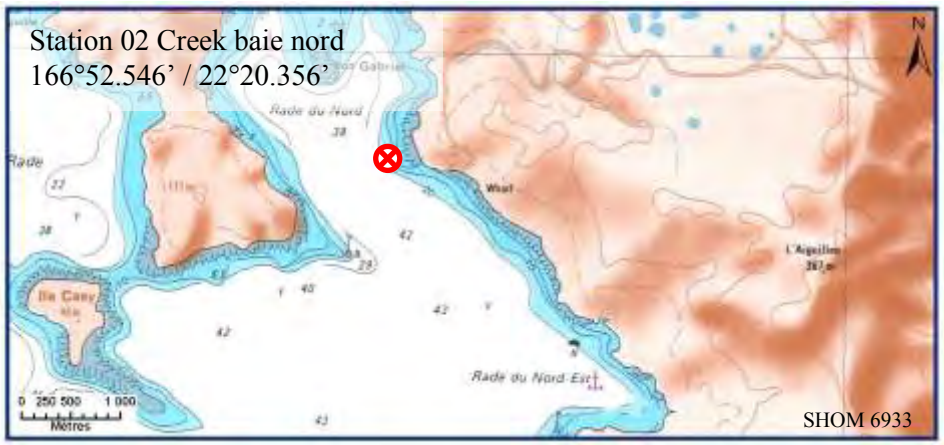
<u>Indicateur Corail :</u>

- Le recouvrement corallien est de 47.5% au transect A (forte augmentation, 2ème meilleur score du réseau) et 29.5% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4% ;* Novembre 2018 : 0.05%
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche, quelques tâches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

<u>Autres indicateurs :</u>

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

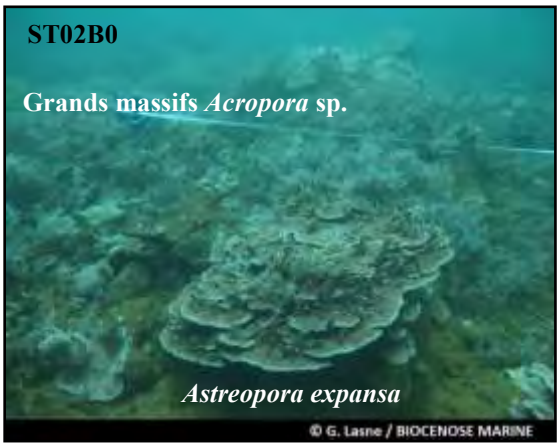
Les corallivores :
- Absence des *Culcita novaeguineae*
- Disparation des *Acanthaster planci* (2 en A en mai 2018)
- Absence de *Drupella cornus*



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'algues *(Halimeda* et *Lobophora)* à travers la base des colonies coralliennes branchues
Les débris coralliens sont remplacés au fur et à mesure par des petites colonies provenant de la fragmentation



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.

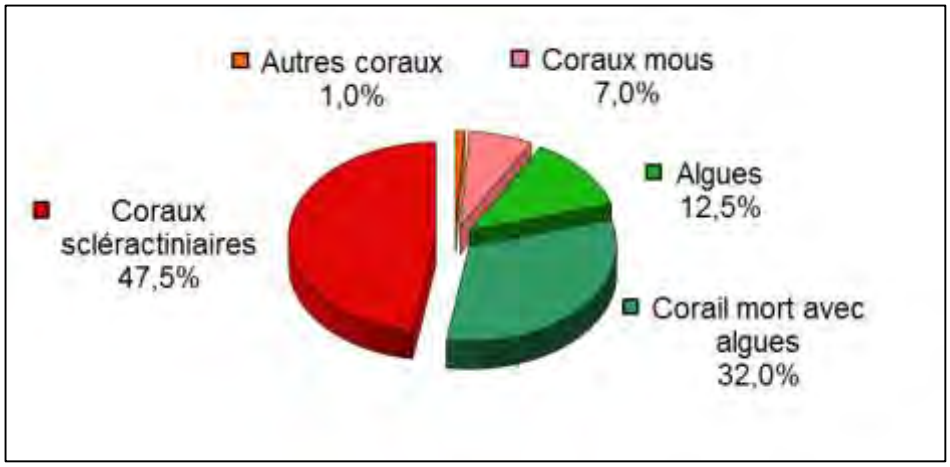


Figure n°10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

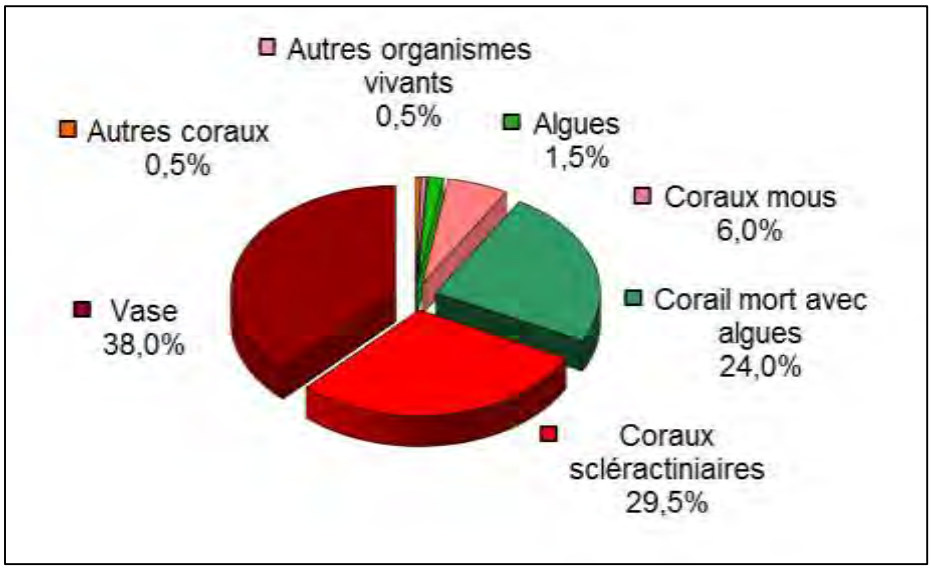


Figure n°11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat totalement biotique (100%). **Le recouvrement des coraux scléractiniaires a fortement augmenté** (47.5% *vs* 25.5%), retrouvant ainsi le taux d'octobre 2015 (avant les dégradations enregistrées lors de la mission de début d'année 2016). Par ailleurs, les cyanobactéries sont toujours absentes et il n'y a pas de blanchissement.
Le substrat au transect B est aussi majoritairement biotique (62%), avec 29.5% de coraux scléractiniaires, sur un fond de vase.

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

Les missions de 2016 avaient permis d'observer sur les 2 transects une mortalité élevée des coraux accompagnée d'un développement important des cyanobactéries. L'absence d'indicateur de mauvais état de santé et des taux de recouvrement des scléractiniaires stable (en B) voir en forte hausse (en A) pour cette mission confirme que les dégradations sont terminées et que le récif est à nouveau en bonne santé.

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 novembre 2018, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de :

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

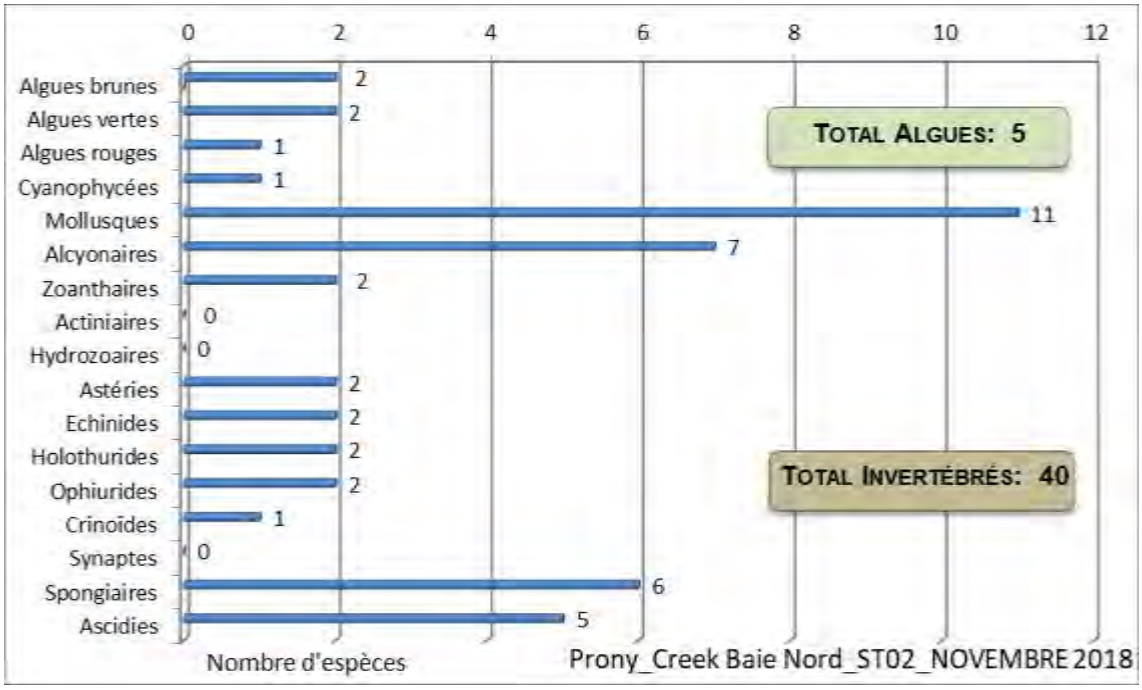


Figure n°12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de :

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

Tableau n°18 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST02A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A4/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	☑
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Echinaster varicolor* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-3 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-2), •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis lambis* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Isognomon isognomon* (A4/+ 1)
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastella cantharella* (A2). Une sp d'éponges disparue : •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-2)	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de :

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

Tableau n°19 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST02B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ou disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia dura* (A4/+ 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 sp) : •Zoanthidae ind.sp. (A2/+ 1)
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Echinaster varicolor* (A2), •*Celerina heffernani* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Parasalenia gratiosa* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-2) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Conus miles* (A0/-1), •*Lambis scorpius* (A0/-1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Isognomon isognomon* (A4/+ 1), •*Pteria* sp. (A2/+ 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastella cantharella* (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Clathria rugosa* (A2/+ 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste des espèces observées[5] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 20.

Tableau n°20 : 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	*Naso unicornis*	1	0,01	1,46				0,50	0,01	0,73
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,03	0,50				0,50	0,01	0,25
Cae	*Caesio cuning*				20	0,20	10,98	10,00	0,10	5,49
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,05	0,22				1,00	0,03	0,11
Cha	*Chaetodon melannotus*				1	0,03	0,11	0,50	0,01	0,05
Epi	*Cephalopholis boenak*				2	0,05	0,34	1,00	0,03	0,17
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	2,66				0,50	0,01	1,33
Lut	*Lutjanus fulviflamma*	2	0,03	2,05				1,00	0,01	1,02
Lut	*Lutjanus gibbus*	3	0,04	2,53				1,50	0,02	1,27
Pom	*Abudefduf whitleyi*	8	0,20	0,86	5	0,13	0,54	6,50	0,16	0,70
Pom	*Chrysiptera rollandi*	6	0,15	0,08	4	0,10	0,05	5,00	0,13	0,07
Pom	*Chrysiptera taupou*				10	0,25	0,14	5,00	0,13	0,07
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	200	3,33	1,80	100	1,25	0,68	150,00	2,29	1,24
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,10	0,13				2,00	0,05	0,06
Sca	*Scarus flavipectoralis*	4	0,07	2,30				2,00	0,03	1,15
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,05	0,73				1,00	0,03	0,36
Total		**234**	**4,06**	**15,32**	**142**	**2,00**	**12,83**	**188,00**	**3,03**	**14,08**
Biodiversité		**12**			**7**			**16**		
Indice de Shannon =		1,378								
Equitabilité =		0,345								

Sur l'ensemble des transects de la station, 376 individus appartenant à 16 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.03 poissons/m² pour une biomasse de 14.08 g/m².
54 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 21).

Tableau n°21 : Liste des espèces complémentaires (ST02)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	Gob	*Exyrias belissimus*	Mul	*Parupeneus spilurus*
Aca	*Naso unicornis*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Ple	*Assessor macneilli*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Hol	*Myripristis botsche*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Pom	*Amblyglyphidodon melanopterus*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Neopomacentrus nemurus*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*

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

Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Lut	*Lutjanus gibbus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Lut	*Lutjanus sebae*	Tet	*Arothron stellatus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 22 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 13.

La structure exprimée en proportions d'espèces par famille de novembre 2018 diffère de la structure moyenne calculée sur la période de suivi.
Les missions de la série historique forment un ensemble hétérogène avec une probabilité > 95% (cf. tableau synoptique 118).

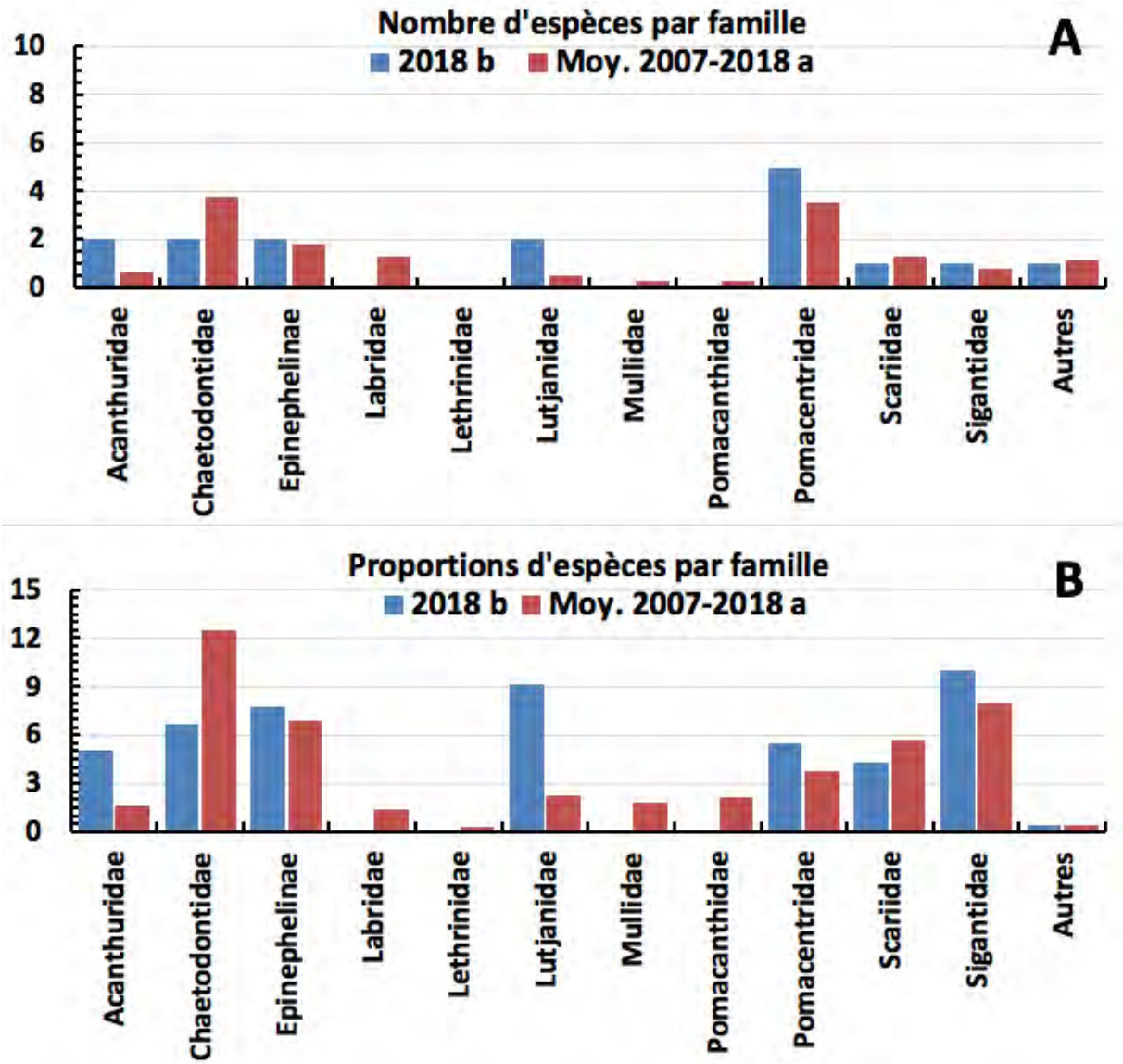


Figure n°13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau n°22 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	2	0,65	5,00	1,63
Chaetodontidae	30	2	3,75	6,67	12,50
Epinephelinae	26	2	1,80	7,69	6,92
Labridae	97	0	1,30	0,00	1,34
Lethrinidae	16	0	0,05	0,00	0,31
Lutjanidae	22	2	0,5	9,09	2,27
Mullidae	14	0	0,25	0,00	1,79
Pomacanthidae	14	0	0,30	0,00	2,14
Pomacentridae	92	5	3,50	5,43	3,80
Scaridae	23	1	1,30	4,35	5,65
Siganidae	10	1	0,80	10,00	8,00
Autres	257	1	1,15	0,39	0,45
Khi2 obs		**7,8**		**29,4**	
Khi2 tab				**19,17**	

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 23 et la figure 14.

Tableau n°23 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02)

Creek baie nord ST02		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	234	4,06	15,32	12		
	Transect B	142	2,00	12,83	7		
	Moy. AB	**188,00**	**3,03**	**14,08**	**16**	**38**	**54**
2018 a	Moy. AB	29,50	0,74	1,45	7	19	30
2017 b	Moy. AB	51,50	0,43	4,29	14	44	72
2017 a	Moy. AB	88,50	0,98	15,73	20	30	53
2016 b	Moy. AB	84,5	0,74	6,62	22	43	66
2016 a	Moy. AB	116,00	0,89	39,32	20	41	63
2015 b	Moy. AB	88,00	1,03	20,65	17	45	70
2015 a	Moy. AB	108,00	1,06	45,06	30	45	69
2014 b	Moy. AB	292,50	6,17	71,48	27	40	69

2014 a	Moy. AB	57,00	0,71	3,59	10	39	54
2013 b	Moy. AB	103,00	1,14	21,17	29	45	61
2013 a	Moy. AB	152,50	1,91	45,07	8	49	68
2012 b	Moy. AB	88,50	1,36	20,09	16	36	51
2012 a	Moy. AB	89,00	1,10	23,17	14	41	52
2011 b	Moy. AB	134,00	1,18	100,16	16	38	54
2011 a	Moy. AB	35,50	0,45	56,40	13	27	38
2010 b	Moy. AB	45	1,41	4,23	8	39	51
2010 a	Moy. AB	33,50	1,68	6,71	10	33	47
2009	Moy. AB	29,50	1,49	6,73	9	13	34
2008	Moy. AB	35,50	1,76	26,05	12	19	30
2007	Moy. AB	33,50	1,12	5,46	6	23	33

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 24 et représentation figure 15.

Tableau n°24 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	4 146,0	1,5	666,4	52,0	100,8	188,9
Ecart type	64,4	1,2	25,8	7,2	10,0	13,7
Moyenne	89,8	1,4	25,6	15,4	35,6	53,4
Coef. de Var.	0,7	0,8	1,0	0,5	0,3	0,3

Commentaires :

- La plupart des espèces (Chaetodontidae, Siganidae, Acanthuridae, Epinephélinae…) sont à l'état de juvéniles.
- Les paramètres DENV sont remontés...
- … les nombres d'individus et la densité sur les transects sont à des valeurs hautes.
- Seule la biomasse reste faible.
- La diversité 1 est remonté à des valeurs moyennes de la série historique, et la diversité totale (Biodiv.3) est au plus bas !
- La demoiselle *Pomacentrus aurifrons* constituent toujours l'essentiel du peuplement des transects et maintien ainsi la valeur des paramètres de densité et de nombre-d'individus.

Les observations, mission après mission, montrent des structures de peuplements instables. Nous avons déjà montré dans de précédents rapports qu'un grand nombre d'espèces disparaissent des stations au profit d'autres, puis réapparaissent une ou plusieurs missions plus tard. Il y a donc, ici comme dans les autres stations, des changements naturels profonds d'organisation de la Biodiversité α.
Ces changements peuvent être considérables comme le montre certains tests de Khi 2 pratiqués sur les variables transformées (cf. tableau synoptique 118).

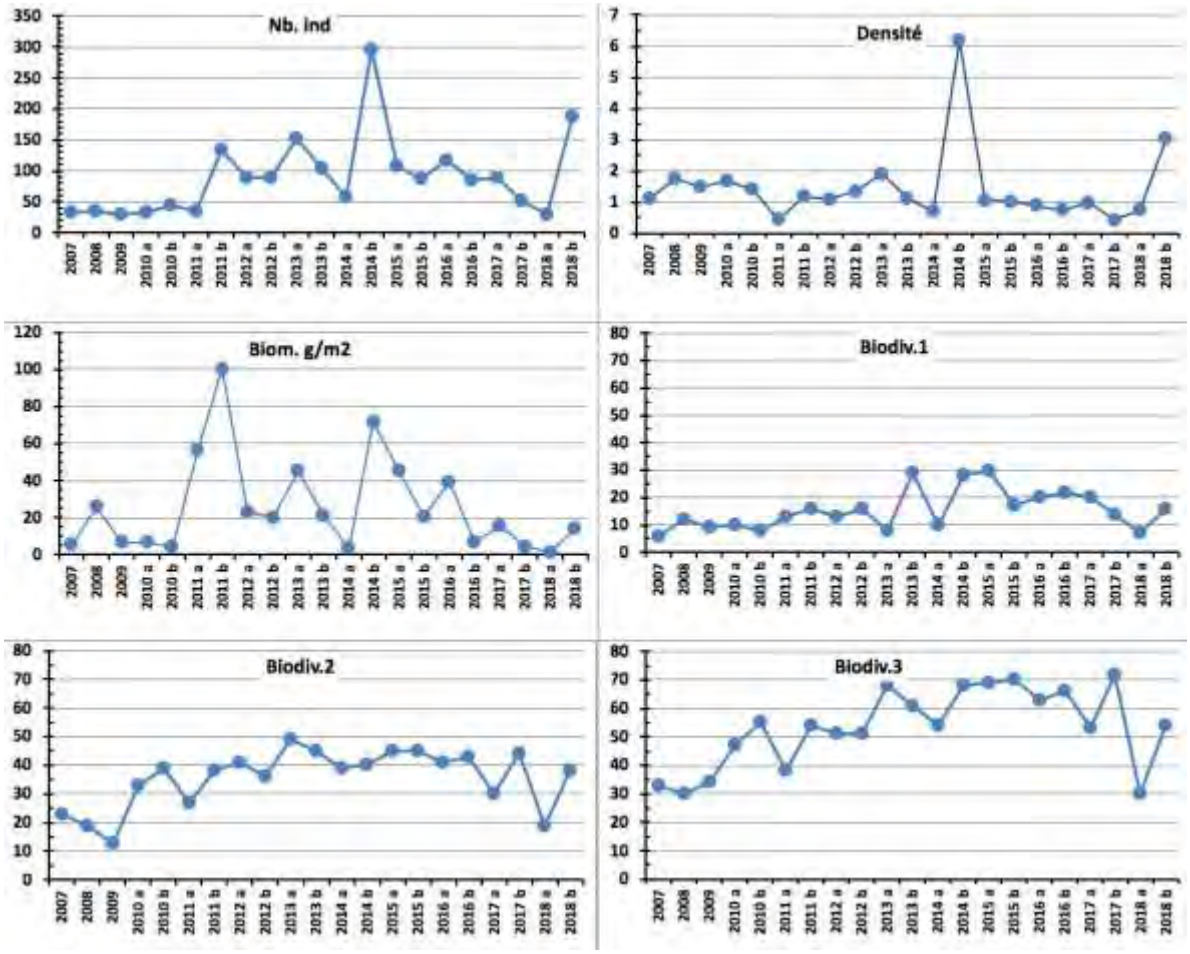


Figure n°14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

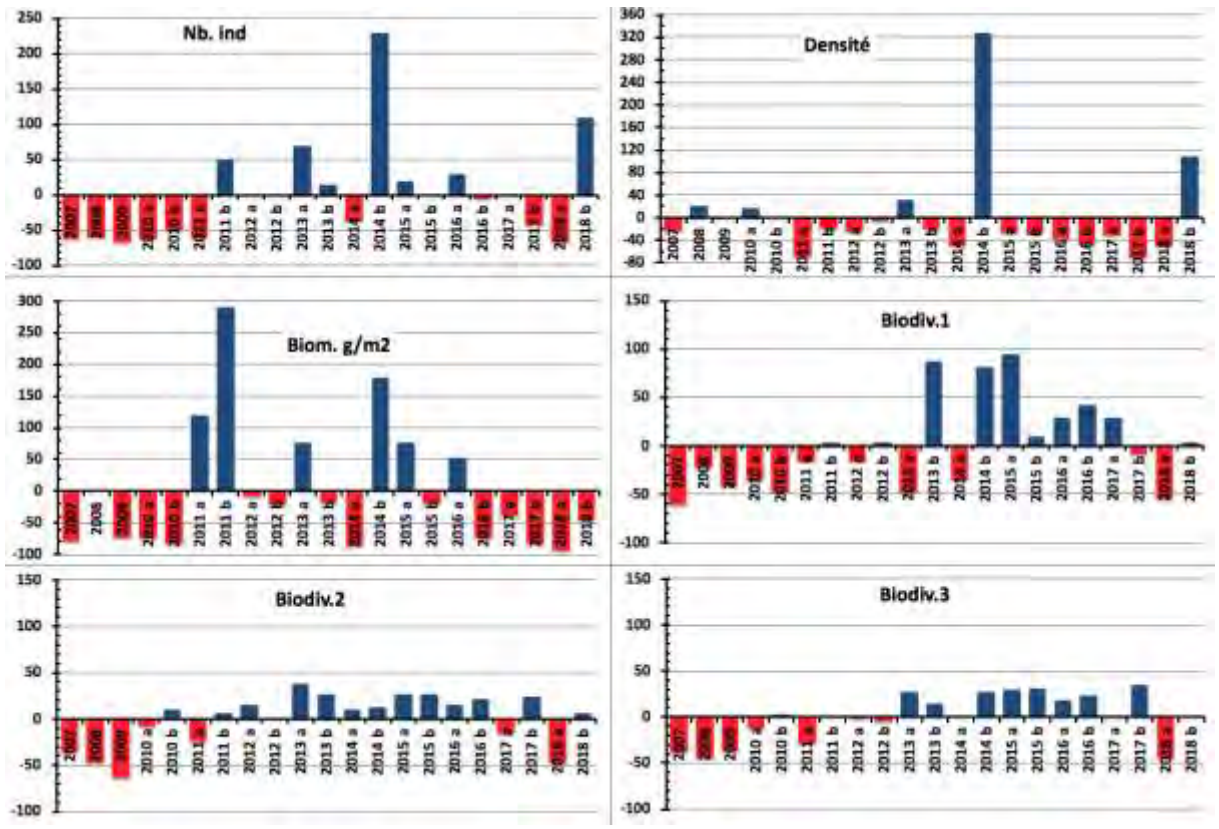


Figure n°15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

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

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

Caractéristiques principales

Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide :
- Présence de *Heliofungia actiniformis* en A
- Présence *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. en B
- Présence d'une colonie métrique de *Blastomussa merleti* en C (rare)

↳ La mortalité corallienne peut être induite par l'apport d'eau douce (dessalure) au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation plus en profondeur

Le turn over corallien est conséquent (colonies de petite taille, surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées

Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A
Abondance important des alcyonaires (*Sarcophyton*)
Le *Tridacna squamosa* en A est mort en octobre 2014
Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae* et *d'Acanthaster planci*
Recouvrement très important et en constante augmentation de l'algue brune (genre *Lobophora*) en B & C

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :
- Le recouvrement corallien est de 6.5% au transect A, 29.5% en B et 11.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0% ; Mai 2018 : 0.17% ;* Novembre 2018 : 0.20%
- Lésions coralliennes : RAS pour la maladie de la bande blanche
Le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C)
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : recouvrement stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : présence aux 3 transect. Recouvrement est stable mais important sur l'ensemble de la station (respectivement niveau 3/5/4) → **caractère envahissant potentiel**
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable

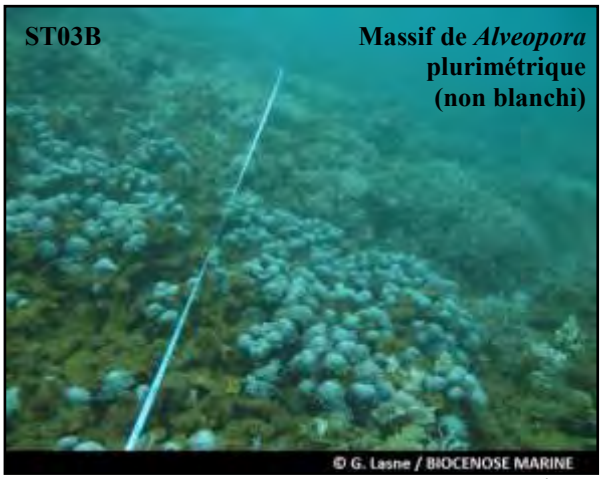
Les corallivores :
- 1 spécimen d'*Acanthaster planci* et 1 de *Culcita novaeguineae* en C
- *Drupella cornus* : absence

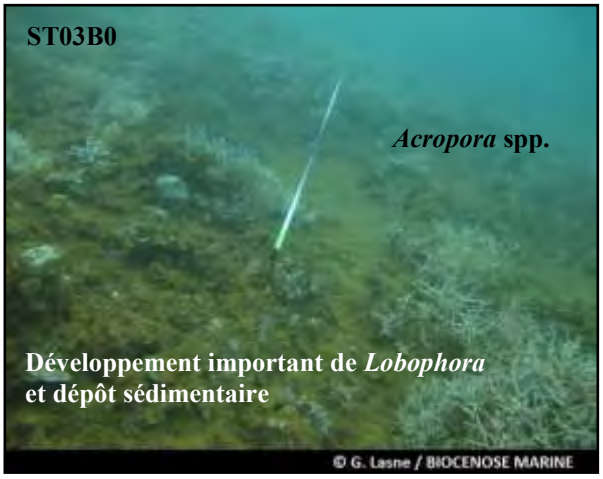
Photo n°11 : *Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)*

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

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

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





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

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

4.3.1 Le substrat (ST03)

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

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

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

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

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques dus à la vase (53.1%). La partie biotique est essentiellement due à la classe « corail mort avec algues » (35.4%), les coraux scléractiniaires étant faiblement présents (6.5%).
Le transect B a un recouvrement biotique important (92.5%) dû en partie aux coraux scléractiniaires qui sont à mi-pente correctement représentés (29.5%).
Le transect C est très vaseux (77.5% de vase et d'abiotique), avec un peu de coraux scléractiniaires (11.5%).

A noter : 0.5% de cyanobactéries au transect A.

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

4.3.2 Le benthos (ST03)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

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

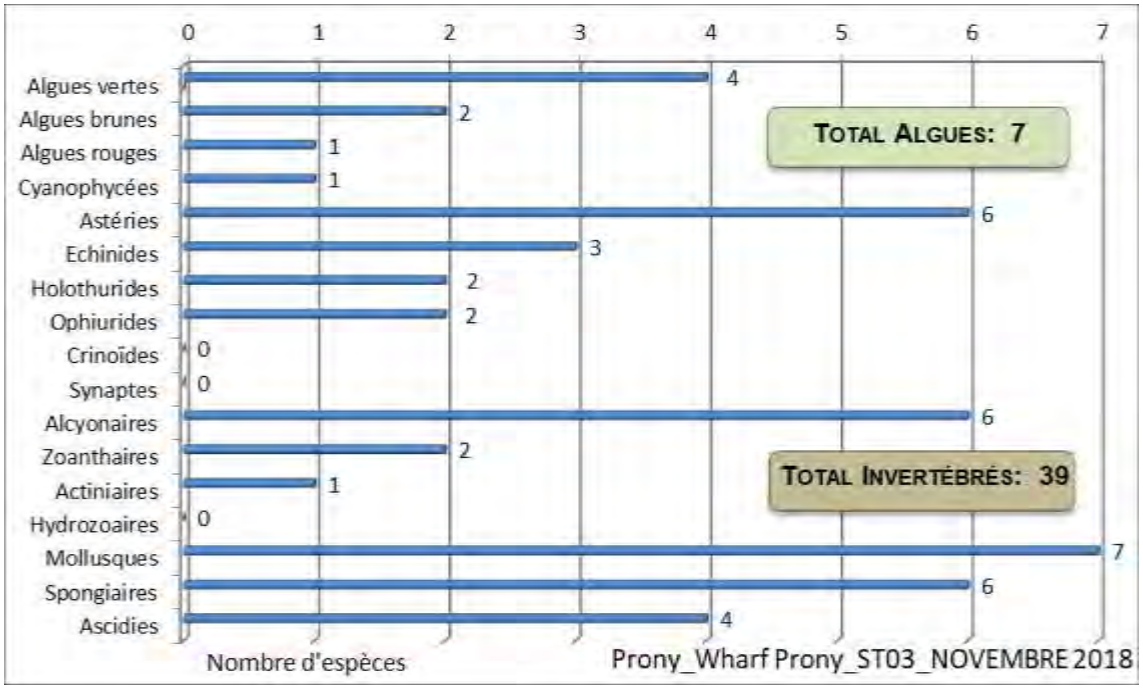


Figure n°19 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de :

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

Tableau n°25 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ou disparue.	2 espèces d'algues augmentent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A4/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	☑
Echinodermes	

Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Echinaster varicolor* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia milleporrella* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les ophiurides (-1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A0/-2)	☑
Mollusques	
☑	☑
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Dactylia delicata* (A0/-1), •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de :

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

Tableau n°26 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ou disparue.	Une espèce d'algue recensée : l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A5/+ 2). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Cladiella* sp. (A0/-2), •*Chironephthya* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A5/+ 2).
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Echinaster varicolor* (A1) ; ➢ pour les échinides (2 espèces) : •*Parasalenia gratiosa* (A1), •*Toxopneustes pileolus* (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia milleporrella* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-2) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-3) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
☑	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A1/- 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	☑
Ascidies	

2 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de :

- 28 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), echinides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies
- 2 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°27 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST03C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée : l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A4/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A3/+ 1). 2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (A2/- 1), •*Chironephthya* sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Acanthaster planci* (A1), •*Culcita novaeguineae* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2).	☑
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Hamigera strongylata* (A2).	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste des espèces observées[6] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 28.

Tableau n°28 : Données sur les poissons (ST03)

Port ST03		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Can	*Canthigaster valentini*	2	0,05	0,03							0,67	0,02	0,01
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,03	0,01							0,33	0,01	0,00
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,03	0,17	2	0,05	0,51	1,00	0,03	0,23
Gob	*Amblygobius phalaena*	3	0,08	0,32							1,00	0,03	0,11
Lab	*Labroides dimidiatus*							1	0,03	0,03	0,33	0,01	0,01
Lab	*Thalassoma lunare*	2	0,05	0,13							0,67	0,02	0,04
Mul	*Parupeneus barberinoides*							3	0,08	0,51	1,00	0,03	0,17
Nem	*Scolopsis bilineatus*							1	0,03	0,86	0,33	0,01	0,29
Pom	*Abudefduf whitleyi*				3	0,08	0,51	7	0,18	0,76	3,33	0,08	0,42
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,10	0,05	3	0,08	0,04	2	0,05	0,03	3,00	0,08	0,04
Pom	*Chrysiptera taupou*							6	0,15	0,19	2,00	0,05	0,06
Pom	*Dascyllus aruanus*	10	0,25	0,14							3,33	0,08	0,05
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,25	0,14	5	0,13	0,07				5,00	0,13	0,07
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	15	0,38	0,20	15	0,38	0,20	10	0,25	0,14	13,33	0,33	0,18
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,05	0,06	4	0,10	0,13				2,00	0,05	0,06
Sca	*Scarus flavipectoralis*				3	0,08	2,00				1,00	0,03	0,67
Sig	*Siganus corallinus*							2	0,05	0,22	0,67	0,02	0,07
Sig	*Siganus vulpinus*							2	0,05	0,22	0,67	0,02	0,07
Total		49	1,23	1,08	34	0,85	3,12	36	0,90	3,46	39,67	0,99	2,56
Biodiversité		**9**			**7**			**10**			**18**		
Indice de Shannon =		3,328											
Equitabilité =		0,798											

Sur l'ensemble des transects de la station, 110 individus appartenant à 18 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.99 poisson/m² pour une biomasse de 2.56 g/m².
61 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 29).

Tableau n°29 : Liste des espèces complémentaires (ST03)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Amblyglyphidodon melanopterus*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Let	*Lethrinus harak*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mic	*Ptereleotris evides*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sca	*Scarus forsteni*

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

Cha	*Chaetodon vagabundus*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Epinephelus Howlandi*	Pin	*Parapercis australis*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sig	*Siganus spinus*
Gob	*Amblygobius phalaena*	Pom	*Abudefduf whitleyi*	Sig	*Siganus vulpinus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 30 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 20.

Tableau n°30 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	0	1,00	0,00	2,50
Chaetodontidae	30	1	2,50	3,33	8,33
Epinephelinae	26	1	1,20	3,85	4,62
Labridae	97	2	1,05	2,06	1,08
Lethrinidae	16	0	0,05	0,00	0,31
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	1	0,90	7,14	6,43
Pomacanthidae	14	0	0,20	0,00	1,43
Pomacentridae	92	7	4,65	7,61	5,05
Scaridae	23	1	1,40	4,35	6,09
Siganidae	10	2	1,15	20,00	11,50
Autres	257	3	3,15	1,17	1,23
Khi2 obs		**10,7**		**19,4**	
Khi2 tab				**18,3**	

La structure exprimée en proportions d'espèces par famille de novembre 2018 diffère de la structure moyenne établie sur la période de suivi.
Les missions de la série historique forment un ensemble hétérogène avec une probabilité > 95% (cf. tableau synoptique 113).

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 31 et la figure 21.

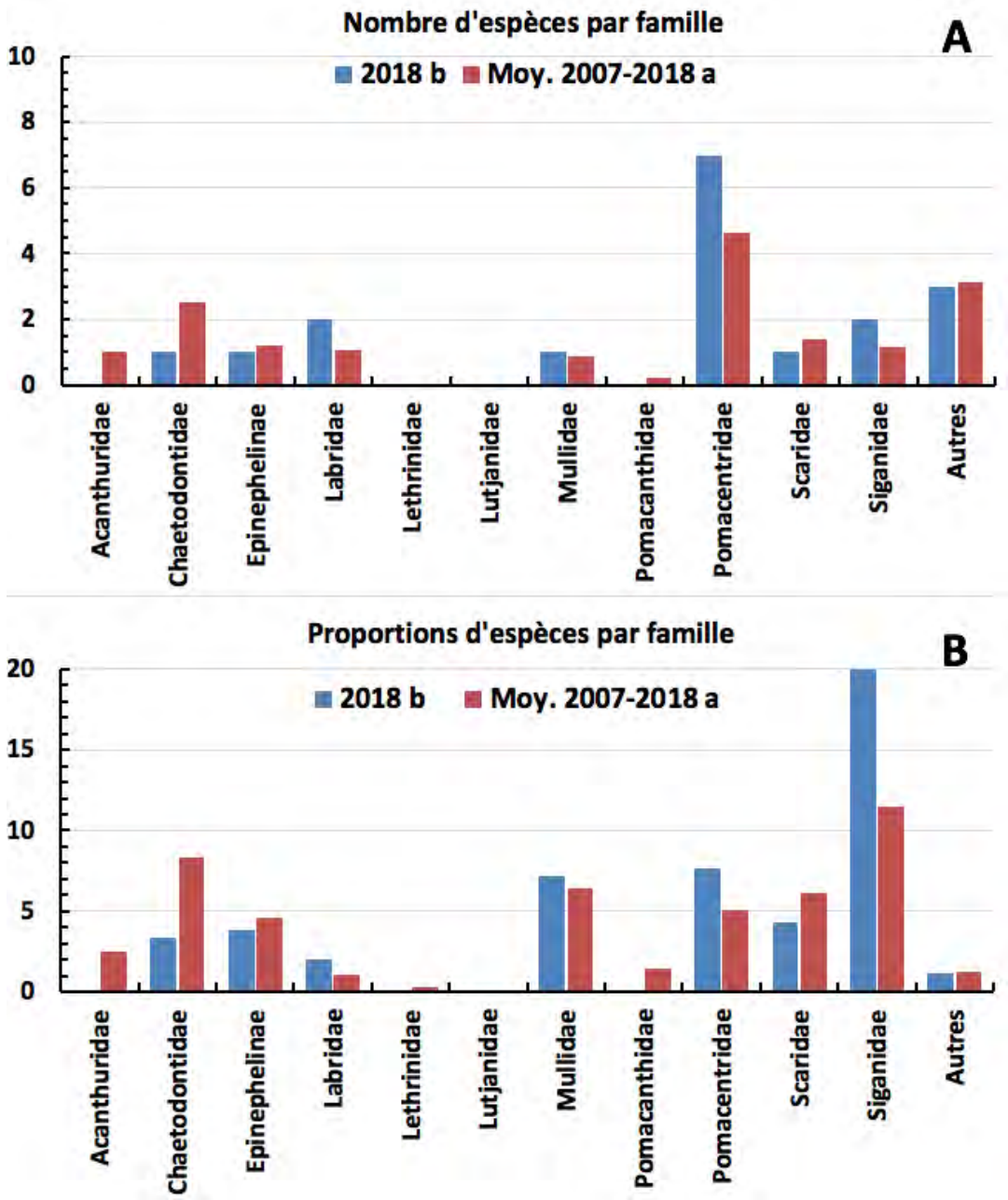


Figure n°20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau n°31 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)

Port ST03		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	49	1,23	1,08	9		
	Transect B	34	0,85	3,12	7		
	Transect C	36	0,90	3,46	10		
	Moy. ABC	**39,67**	**0,99**	**2,56**	**18**	**45**	**61**
2018 a	Moy. ABC	61,33	2,07	2,42	17	41	59

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

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 32 et représentation figure 22.

Tableau n°32 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	659,97	0,51	27,59	30,96	122,89	111,36
Ecart type	25,69	0,71	5,25	5,56	11,09	10,55
Moyenne	48,52	1,00	5,01	17,43	40,10	59,19
Coef. de Var.	0,53	0,71	1,05	0,32	0,28	0,18

Commentaires :

- Tous les Pomancanthidae ont de nouveau disparu des transects et de la station
- et *Dascyllus aruanus* et *Chrysoptera taupu* sont réaparus sur les transects.
- La totalité des poissons vus sur les transects sont des juvéniles.
- Les paramètres « nombre d'individus » et « densité » ont de nouveaux des valeurs moyennes, la biomasse en revanche est toujours faible.
- La Biodiversité sur les transects comme la Biodiversité totale sur la station ont des valeurs moyennes.

Les observations montrent ici aussi, des structures de peuplements très fluctuantes d'une mission à l'autre. Il y a donc des changements naturels d'organisation de la Bα. Les écarts de structures sont importants mais moindre que sur les autres stations de la baie. Sur les 21 missions, seules 10 ont des structures de peuplement qui diffèrent de la structure moyenne et qui diffèrent entre elles, tandis que 11 en sont proches (cf. tableau synoptique 118).

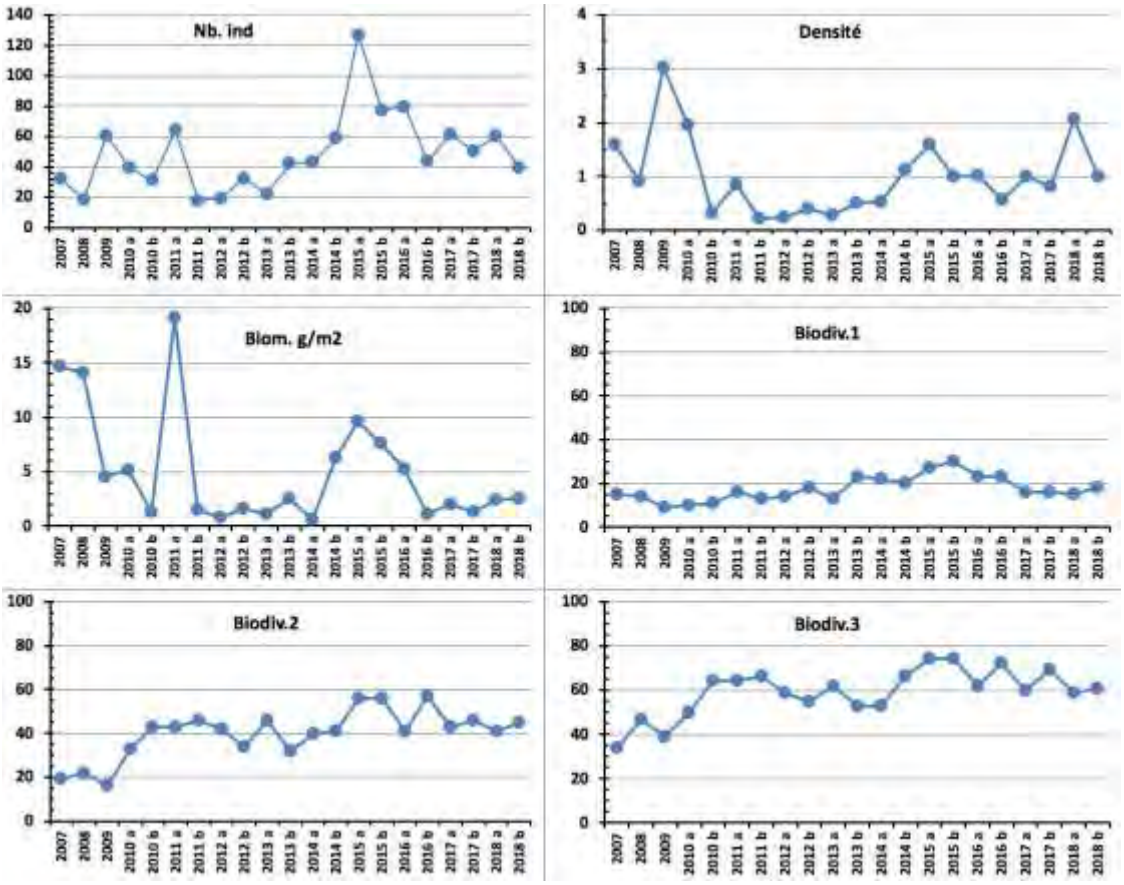


Figure n°21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

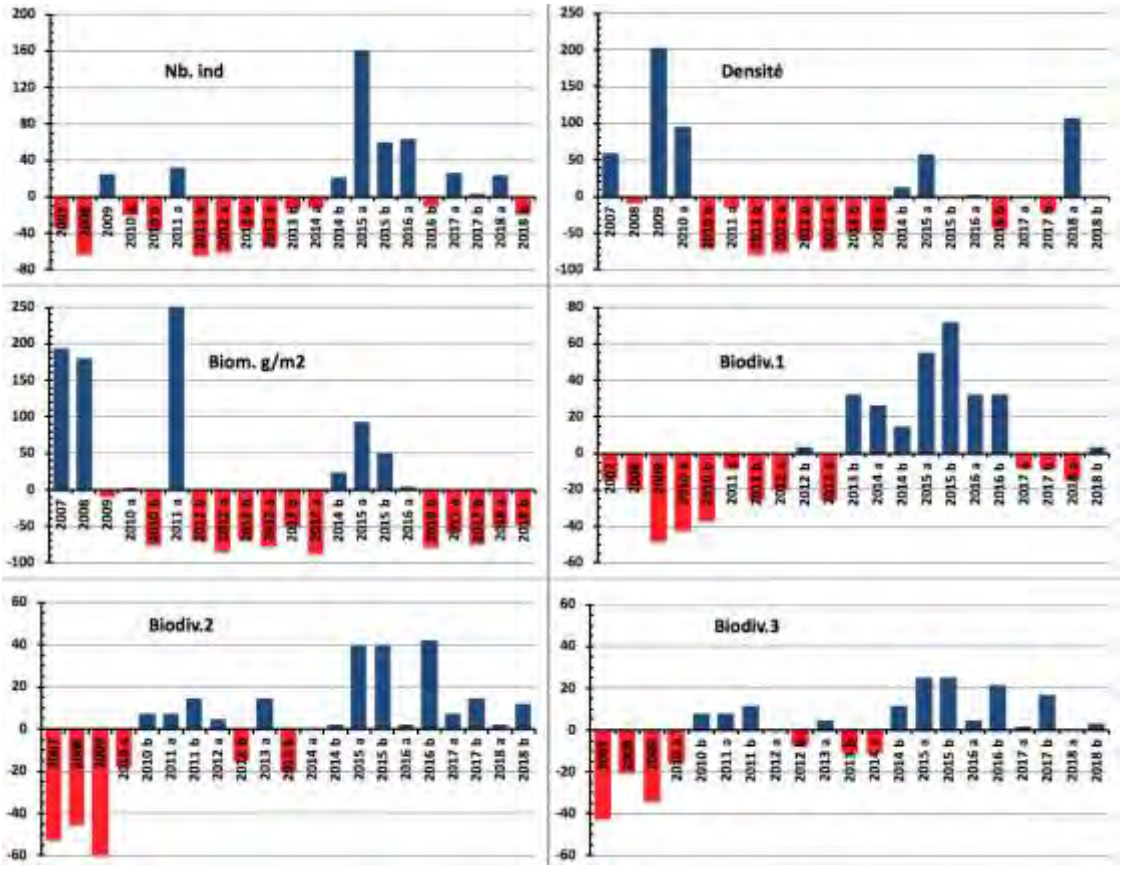


Figure n°22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 14). Le canal Woodin proche de la baie du Prony sépare la « Grande Terre » de l'île Ouen. Ce canal est non seulement un passage privilégié pour la navigation, mais aussi pour une faune marine très importante (baleines, requins, ...). Il constitue un passage reliant les eaux du large au sud du lagon, et les courants de marées y sont permanents et souvent très forts. Les fonds sont détritiques grossiers et sont colonisés par de nombreux coraux (cependant la richesse spécifique est modérée).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 4, 11 et 21 mètres de profondeur afin de décrire chaque zone, en parallèle à la pente et dans une direction du sud-est vers le nord-ouest.
	Sur le transect A la colonisation des *Millepora* et de *Seriatopora hystrix* est importante. Le transect B est installé dans une zone à éboulis de blocs et débris coralliens branchus. La zone a subi un effondrement gravitaire provenant de l'étage supérieur. Un cyclone a certainement arraché les massifs du sommet de la pente. Les conditions hydrodynamiques sont encore importantes (courants de marées) et la luminosité réduite de manière significative avec la profondeur. Le transect C est en bas de pente dans une zone sableuse où de grandes colonies de *Tubastrea micrantha* s'édifient et dominent le paysage.

Description générale

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

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

Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue.
Le recouvrement corallien en A est composé particulièrement par les colonies de *Millepora* sp., *Seriatopora hystrix* et *Acropora* spp. (branchu)
Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante en A (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata)*
Présence de nombreuses colonies de *Tubastraea micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique
La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur
Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important)
Les éponges encroûtantes *(Cliona)* ont un recouvrement important en B
Les crinoïdes sont nombreux et installés sur les promontoires ou les colonies de *Tubastraea* exposées aux courants de marée
Les macrophytes se développent très peu
Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone PAM) : formation d'un petit couloir d'effondrement en A&B et quelques grandes colonies de *Tubastraea micrantha* se sont effondrées en C mais elles continuent de s'édifier
Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place en A&B. La mortalité concerne principalement les colonies *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis* et d'*Acropora* spp.
Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B peuvent

être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 42% au transect A, 15.5% en B et 5.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ;* Novembre 2018 : 2%

De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis cette mission)

- Lésions coralliennes : les colonies blanchies concernent surtout le niveau médian (en B : 4.5 m²). Elles sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci* (51 ind. / 300 m²)

La maladie de la bande blanche n'a pas été recensée : en fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie

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

Autres indicateurs :

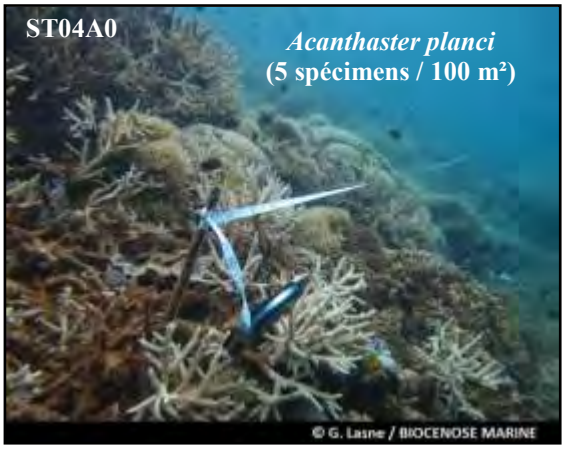
- Cyanobactéries : présence sur les 3 transects (niveau 2) (recouvrement stable pour A & B et en augmentation pour C (niveau 0 précédemment). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (prolifération *Acanthaster*)
- Le turf algal se développe en A & B sur les colonies anciennement blanchies (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata …*) et les colonies coralliennes mortes en place. Son développement est modéré sur les débris coralliens
- Algue brune *Lobophora* : absente (recouvrement en baisse donc en B)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 0 à 1) et stable en B & C

Les corallivores :

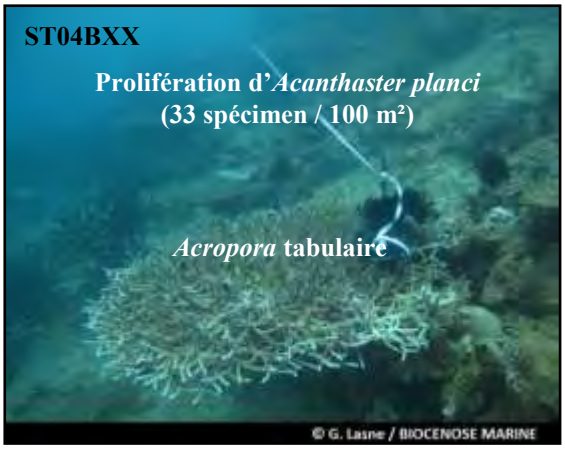
- Absence de *Culcita novaeguineae*
- **Prolifération d'*Acanthaster planci* importante aux 3 transects (respectivement 6, 33 et 12 spécimens soit 51 individus / 300 m²). Ces corallivores arrivent du bas et remontent le récif. La mortalité corallienne est conséquente et concerne surtout les colonies d'*Acropora* tabulaire**
- 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)*



Le sommet du récif est en phase de résilience depuis le phénomène de blanchissement de 2016.
Cependant la communauté corallienne est sous la menace d'une prolifération d'*Acanthaster planci*



De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (surtout *Acropora* tabulaires). Elles ont été dévorées par les *Acanthaster*. Les colonies de *Tubastraea micrantha* s'édifient sur la pente récifale (STB&C).

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.

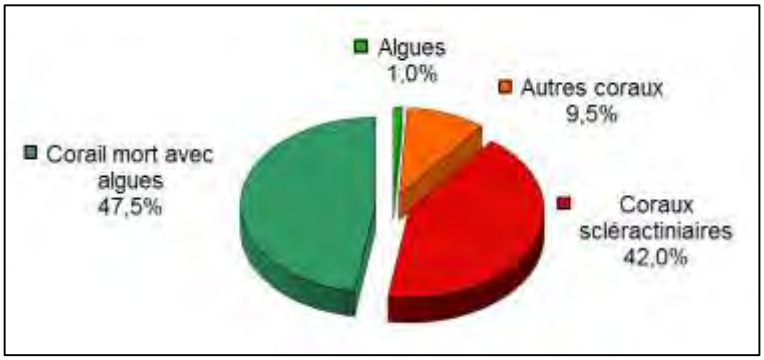


Figure n°23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

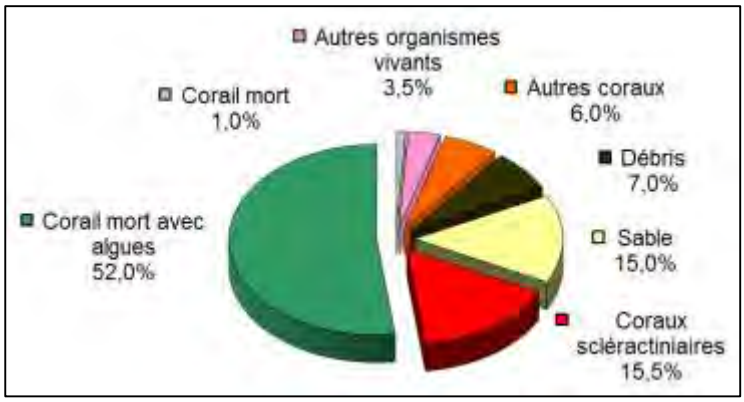


Figure n°24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

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

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (100% et 77%), dû en grande partie au « Corail mort avec algues ».
Le recouvrement des scléractiniaires est important et stable en A (42%). Au transect B, leur recouvrement est en baisse (15.5% *vs* 32%) avec 1% de corail blanc : cela est dû à une prolifération d'*Acanthaster planci* qui envahissent ce récif par le bas.
Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (72%) du fait de la dominance du sable. Toujours peu de coraux (5.5%).

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

L'apparition des *Acanthaster planci* laisse présager une évolution négative de l'état de santé de l'ensemble du récif.

4.4.2 Le benthos (ST04)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de :

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

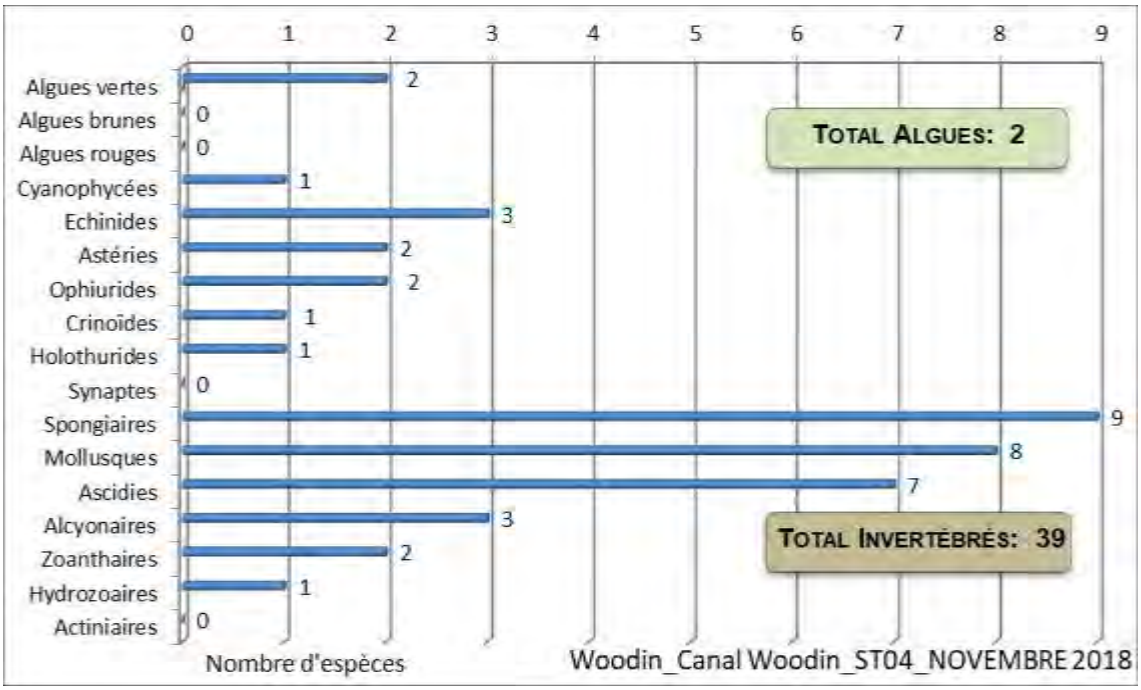


Figure n°26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de :

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

Tableau n°33 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ou disparue.	Une espèce d'algue recensée : l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	☑

Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Acanthaster planci* (A2), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-2 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1), •*Echinometra mathaei* (A0/-1).	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 espèce) : •*Arca ventricosa* (A0/-2), •*Pedum spondyloideum* (A0/-2).	☑
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Cliona jullieni* (A1), •*Clathria rugosa* (A2). Une sp d'éponges disparue : •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Didemnum molle* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de :

- 34 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : echinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°34 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Sinularia* sp. (A0/-2), •*Chironephthya* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A4). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-3 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A4/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinometra mathaei* (A1/- 1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée :	☑

➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A1). 6 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A0/-3) ; ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Conus virgo* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-3 sp) : •*Chromodoris leopardus* (A0/-1), •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1), •*Pteraeolidia ianthina* (A0/-1)	
Eponges	
☑	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Hamigera strongylata* (A3/+ 1), •*Dactylia delicata* (A3/+ 1).
Ascidies	
Une spd'ascidies disparue : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de :

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

Tableau n°35 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST04C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ni n'a disparue	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2).	☑
Cnidaires	
☑	☑
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A3). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A2/- 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A0/-2), •*Pteria* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Cerithium* sp. (A0/-1).	☑
Eponges	
☑	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle sp d'ascidies recensée : •*Polycarpa clavata* (A1).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste des espèces observées[7] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 36.

Tableau n°36 : 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	*Ctenochaetus cyanocheilus*				3	0,05	1,33				1,00	0,02	0,44
Aca	*Ctenochaetus striatus*	5	0,06	2,16	5	0,08	1,67				3,33	0,05	1,28
Aca	*Zebrasoma scopas*	3	0,04	0,26	5	0,08	0,46				2,67	0,04	0,24
Aca	*Zebrasoma veliferum*	2	0,03	0,86							0,67	0,01	0,29
Cae	*Caesio cuning*	70	0,88	102,06	80	1,33	131,01	100	0,71	224,95	83,33	0,97	152,67
Cae	*Caesio marri*	50	0,63	61,41	150	2,50	291,60	100	0,71	66,65	100,00	1,28	139,89
Cae	*Caesio pisang*	50	0,63	21,60							16,67	0,21	7,20
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,03	0,26	2	0,03	0,49	2	0,05	0,80	2,00	0,04	0,51
Cha	*Chaetodon baronessa*	3	0,04	0,55							1,00	0,01	0,18
Cha	*Chaetodon bennetti*	3	0,04	0,26							1,00	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,36	4	0,07	2,30				2,00	0,03	0,89
Cha	*Chaetodon lunulatus*	5	0,06	0,27	5	0,08	0,57				3,33	0,05	0,28
Cha	*Chaetodon plebeius*	4	0,05	0,22	5	0,08	0,36				3,00	0,04	0,19
Cha	*Chaetodon speculum*	2	0,03	0,26	2	0,03	0,14				1,33	0,02	0,13
Cha	*Chaetodon trifascialis*	4	0,05	0,34							1,33	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,01	0,18	3	0,05	0,22				1,33	0,02	0,13
Cha	*Coradion altivelis*							2	0,05	2,20	0,67	0,02	0,73
Cha	*Heniochus acuminatus*							3	0,08	9,60	1,00	0,03	3,20
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	1	0,01	5,49							0,33	0,00	1,83
Epi	*Cromileptes altivelis*				1	0,02	0,33				0,33	0,01	0,11
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	0,86	2	0,03	0,67				1,33	0,02	0,51
Epi	*Epinephelus ongus*	1	0,01	3,91							0,33	0,00	1,30
Epi	*Epinephelus tauvina*				1	0,02	5,21				0,33	0,01	1,74
Epi	*Plectropomus leopardus*							2	0,01	12,80	0,67	0,00	4,27
Lab	*Cheilinus chlorourus*	2	0,03	1,69	2	0,03	5,33	2	0,05	1,76	2,00	0,04	2,93
Lab	*Coris gaimard*	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,04	0,55	3	0,05	5,83				2,00	0,03	2,13
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,03	1,37	2	0,03	7,10				1,33	0,02	2,82
Lab	*Labroides bicolor*	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Lab	*Labroides dimidiatus*	8	0,10	0,13	5	0,08	0,57				4,33	0,06	0,23
Lab	*Thalassoma hardwicke*	10	0,13	1,28							3,33	0,04	0,43
Lab	*Thalassoma lunare*	15	0,19	1,92	8	0,13	1,37				7,67	0,11	1,10
Lab	*Thalassoma lutescens*	10	0,13	1,82							3,33	0,04	0,61
Lut	*Lutjanus fulviflamma*	4	0,05	6,86	6	0,10	6,75				3,33	0,05	4,54
Lut	*Lutjanus russellii*							1	0,03	8,78	0,33	0,01	2,93
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Mul	*Parupeneus barberinus*	3	0,04	1,30							1,00	0,01	0,43
Mul	*Parupeneus indicus*	3	0,04	3,07				5	0,13	11,66	2,67	0,05	4,91
Nem	*Scolopsis bilineatus*	8	0,10	4,39	4	0,07	2,30				4,00	0,06	2,23
Poc	*Centropyge bicolor*	5	0,06	0,43	6	0,10	0,25	3	0,08	0,15	4,67	0,08	0,28
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,05	0,13	2	0,03	0,08				2,00	0,03	0,07

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

Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,11	2	0,03	0,08				1,33	0,02	0,06
Poc	*Centropyge tibicen*	4	0,05	0,06	4	0,07	0,17	3	0,08	0,08	3,67	0,06	0,10
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*				1	0,02	2,29				0,33	0,01	0,76
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*							1	0,03	3,20	0,33	0,01	1,07
Poc	*Pygoplites diacanthus*				1	0,02	1,37				0,33	0,01	0,46
Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	150	1,88	37,50							50,00	0,63	12,50
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	30	0,38	7,50							10,00	0,13	2,50
Pom	*Abudefduf whitleyi*	30	0,38	5,47	15	0,25	2,56				15,00	0,21	2,68
Pom	*Amphiprion clarkii*	8	0,10	0,69							2,67	0,03	0,23
Pom	*Chromis fumea*	50	0,63	2,70							16,67	0,21	0,90
Pom	*Chromis viridis*	50	0,63	0,80							16,67	0,21	0,27
Pom	*Chrysiptera rollandi*	6	0,08	0,04	10	0,17	0,21				5,33	0,08	0,08
Pom	*Chrysiptera taupou*				20	0,33	0,83				6,67	0,11	0,28
Pom	*Dascyllus aruanus*	30	0,38	0,20	30	0,50	0,64	20	0,50	0,22	26,67	0,46	0,35
Pom	*Dascyllus reticulatus*	50	0,63	0,80	30	0,50	2,16	15	0,38	0,16	31,67	0,50	1,04
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,25	1,72	20	0,50	4,10	11,67	0,25	1,94
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	70	0,88	0,47							23,33	0,29	0,16
Pom	*Pomacentrus coelestis*				10	0,13	0,07				3,33	0,04	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	5	0,06	0,16				5	0,13	0,25	3,33	0,06	0,14
Pse	*Pictichromis coralensis*							1	0,03	0,01	0,33	0,01	0,00
Sca	*Chlorurus sordidus*	4	0,05	1,00	5	0,08	4,57				3,00	0,04	1,86
Sca	*Scarus flavipectoralis*	3	0,04	1,00				5	0,08	12,35	2,67	0,04	4,45
Sca	*Scarus ghobban*							2	0,03	6,25	0,67	0,01	2,08
Sca	*Scarus niger*	2	0,03	1,69	3	0,05	6,86	1	0,01	1,95	2,00	0,03	3,50
Sca	*Scarus rivulatus*							50	0,36	89,29	16,67	0,12	29,76
Sca	*Scarus schlegeli*				2	0,02	3,70				0,67	0,01	1,23
Sco	*Scomberomorus commerson*							1	0,00	66,67	0,33	0,00	22,22
Sig	*Siganus corallinus*	2	0,03	0,67	2	0,03	1,15				1,33	0,02	0,61
Sig	*Siganus doliatus*	3	0,04	1,30	2	0,03	0,89				1,67	0,02	0,73
Sig	*Siganus puellus*	1	0,01	0,33							0,33	0,00	0,11
Sig	*Siganus punctatus*	2	0,03	4,00							0,67	0,01	1,33
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,05	1,00							1,33	0,02	0,33
Zan	*Zanclus cornutus*							1	0,05	1,06	0,33	0,02	0,35
Total		**801**	**10,0**	**294,2**	**458**	**7,6**	**495,2**	**345**	**4,0**	**524,9**	**534,67**	**7,21**	**438,1**
Biodiversité		**55**			**39**			**23**			**74**		
Indice de Shannon =		4,509											
Equitabilité =		0,728											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 604 individus appartenant à 74 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 7.21 poissons/m² pour une biomasse de 438.1 g/m².
135 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 37).

Tableau n°37 : Liste des espèces complémentaires (ST04)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus achilles*	Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Epinephelus tauvina*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pom	*Abudefduf septemfasciatus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*

Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hol	*Neoniphon sammara*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso brachycentron*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Naso hexacanthus*	Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Chromis atripectoralis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Apogon novemfasciatus*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis leucura*
Apo	*Ostorhinchus flavus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Ostorhinchus cyanosoma*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Ostorhinchus doederleini*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Cae	*Caesio marri*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cae	*Caesio pisang*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lut	*Lutjanus bohar*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Cha	*Coradion altivelis*	Mul	*Parupeneus indicus*	Scr	*Synanceia verrucosa*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus monoceros*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cha	*Heniochus varius*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus Howlandi*	Poc	*Centropyge flavissima*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge tibicen*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Pomacanthus imperator*	Zan	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 38 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 27.

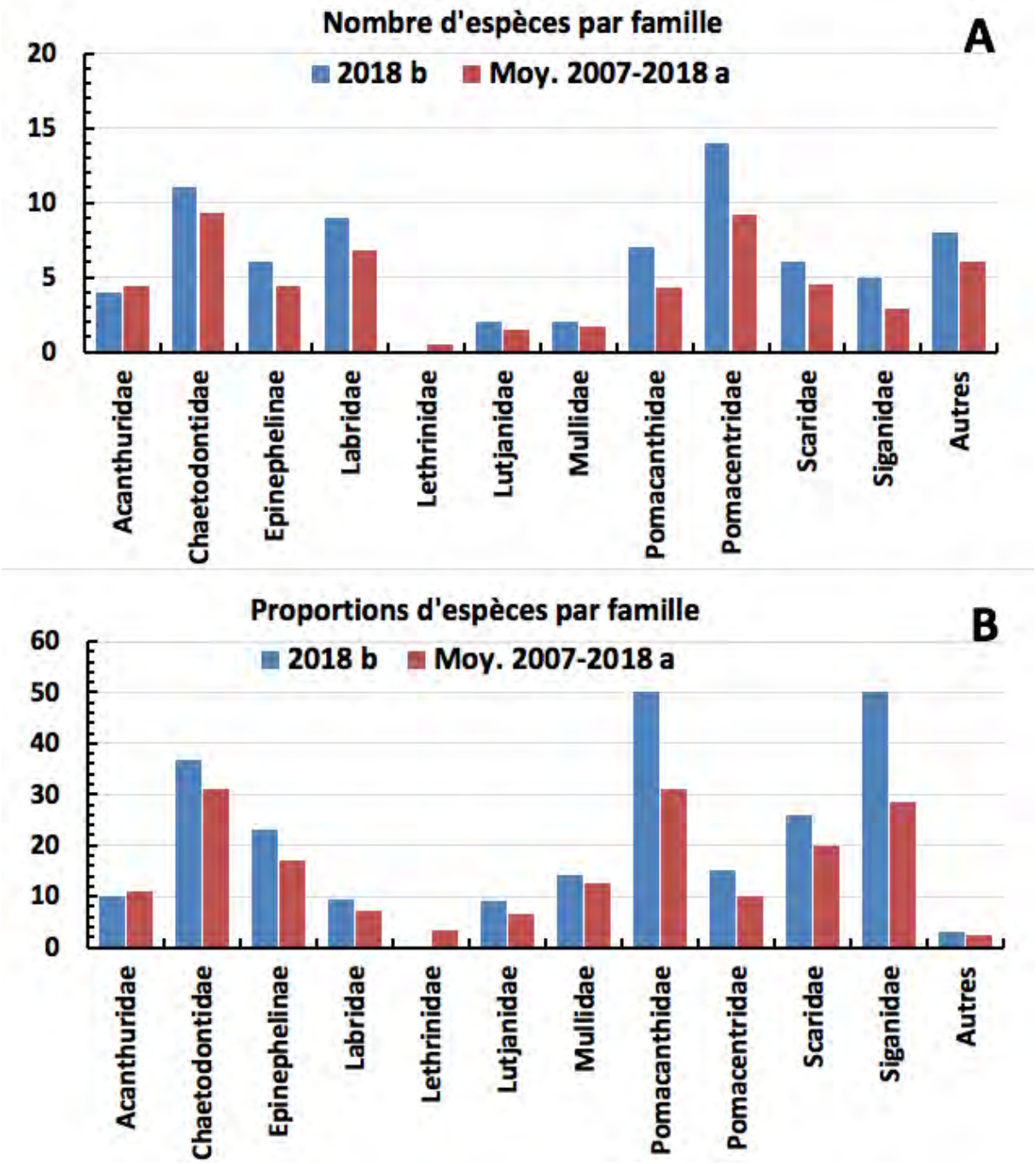


Figure n°27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau n°38 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 a	**Moy.**
Acanthuridae	40	4	4,40	10,00	11,00
Chaetodontidae	30	11	9,30	36,67	31,00
Epinephelinae	26	6	4,40	23,08	16,92

Labridae	97	9	6,85	9,28	7,06
Lethrinidae	16	0	0,55	0,00	3,44
Lutjanidae	22	2	1,45	9,09	6,59
Mullidae	14	2	1,75	14,29	12,50
Pomacanthidae	14	7	4,35	50,00	31,07
Pomacentridae	92	14	9,15	15,22	9,95
Scaridae	23	6	4,55	26,09	19,78
Siganidae	10	5	2,85	50,00	28,50
Autres	257	8	6,10	3,11	2,37
Khi2 obs		**2,4**		**12,3**	
Khi2 tab				**19,17**	

La structure spécifique du peuplement de novembre 2018 ne diffère pas de la structure moyenne sur la période de suivi.
Sur l'ensemble des missions de la série historique, 7 ont une probabilité < 95% d'être différentes de la structure moyenne établie depuis 2007 : 2010a, 2012a, 2014b, 2015b, 2016a et b, 2017b, et cette dernière s'ajoute à la liste (cf. tableau synoptique 8
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 39 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 40 et représentation figure 29.

Tableau n°39 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04)

Canal Woodin ST04		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	801	10,00	294,20	55		
	Transect B	458	7,60	495,20	39		
	Transect C	345	4,00	524,90	23		
	Moy. ABC	**534,67**	**7,21**	**438,1**	**74**	**100**	**135**
2018 a	Moy. ABC	294,00	5,20	405,10	88	104	141
2017 b	Moy. ABC	367,67	7,68	195,95	77	103	145
2017 a	Moy. ABC	472,00	5,65	250,00	73	97	126
2016 b	Moy. ABC	315,67	3,56	108,03	68	96	117
2016 a	Moy. ABC	524,00	5,18	747,37	78	102	124
2015 b	Moy. ABC	586,67	4,64	609,65	72	90	120
2015 a	Moy. ABC	659,00	5,90	510,16	71	95	140
2014 b	Moy. ABC	177,67	2,21	392,32	50	75	115
2014 a	Moy. ABC	175,00	1,86	85,59	52	74	122

2013 b	Moy. ABC	134,57	1,32	97,56	46	72	92
2013 a	Moy. ABC	237,00	2,71	87,47	47	80	110
2012 b	Moy. ABC	99,00	1,09	105,52	46	64	90
2012 a	Moy. ABC	249,33	2,58	446,85	51	83	108
2011 b	Moy. ABC	95,33	0,95	65,36	42	68	88
2011 a	Moy. ABC	169,00	2,11	730,66	64	89	111
2010 b	Moy. ABC	81	0,84	38,60	25	70	92
2010 a	Moy. ABC	107,00	3,38	460,91	54	79	110
2009	Moy. ABC	45,00	4,07	456,26	35	55	81
2008	Moy. ABC	52,00	2,71	267,80	39	49	89
2007	Moy. ABC	95,00	5,45	408,31	37	40	54

Tableau n°40 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	36 792	4,25	48 744	291	338	522
Ecart type	191,81	2,06	220,78	17,06	18,38	22,84
Moyenne	260,52	3,63	328,93	56,90	80,24	110,00
Coef. de Var.	0,74	0,57	0,67	0,30	0,23	0,21

Commentaires :

- Le nombre d'espèces sur les transects (biodiv. 1) est un peu au-dessus de la moyenne de la station ;
- La biodiversité totale (biodiv.3) est toujours forte.
- Les 4 familles, Acanthuridae, Chaetodontidae, Pomacentridae et Labridae, représentent plus de 50 % de la biodiversité. C'est également vrai si l'on considère la biodiversité 3.
- La biomasse est plutôt importante.
  L'essentiel de la biomasse (60%) est dûe à 4 espèces : *Nazo hexacanthus* (et non pas *Nazo lopezi* comme lors de la dernière mission), quelques *Aprion virescens* (mékoua), les saumonées *Plectropomus leopardus* et le *Casio marri* (et non *C. pisang* et *C. caerulaurea* comme lors de la dernière mission… il est d'ailleurs à noter que tous les casios longilignes des stations du canal étaient des *C. marri* alors qu'ordinairement on trouve 2 ou 3 espèces différentes en plus de *C. cuning*)

Les observations montrent des structures de peuplements instables. Les espèces nomades induisent des changements naturels d'organisation de la Bα.
Dans leur ensemble, toutes les structures spécifiques de peuplement diffèrent significativement les unes des autres.

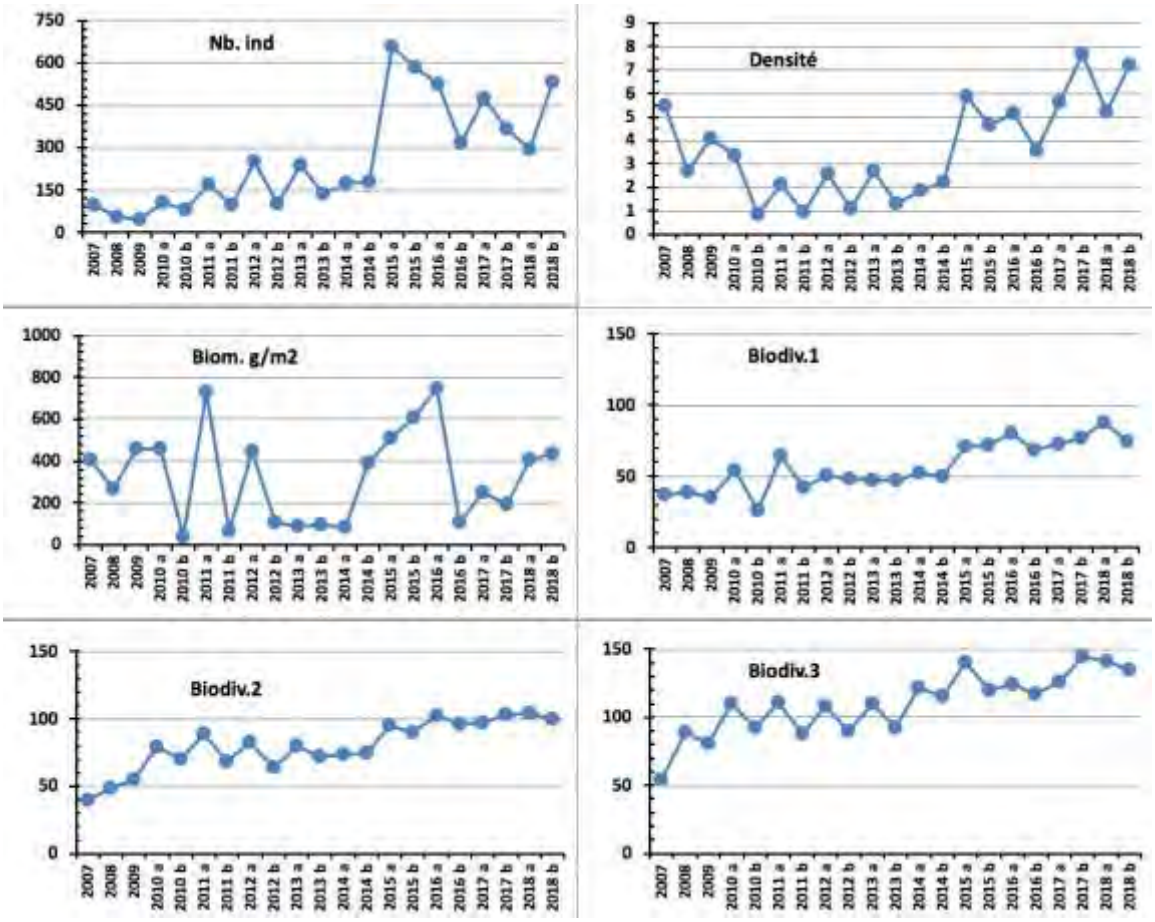


Figure n°28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

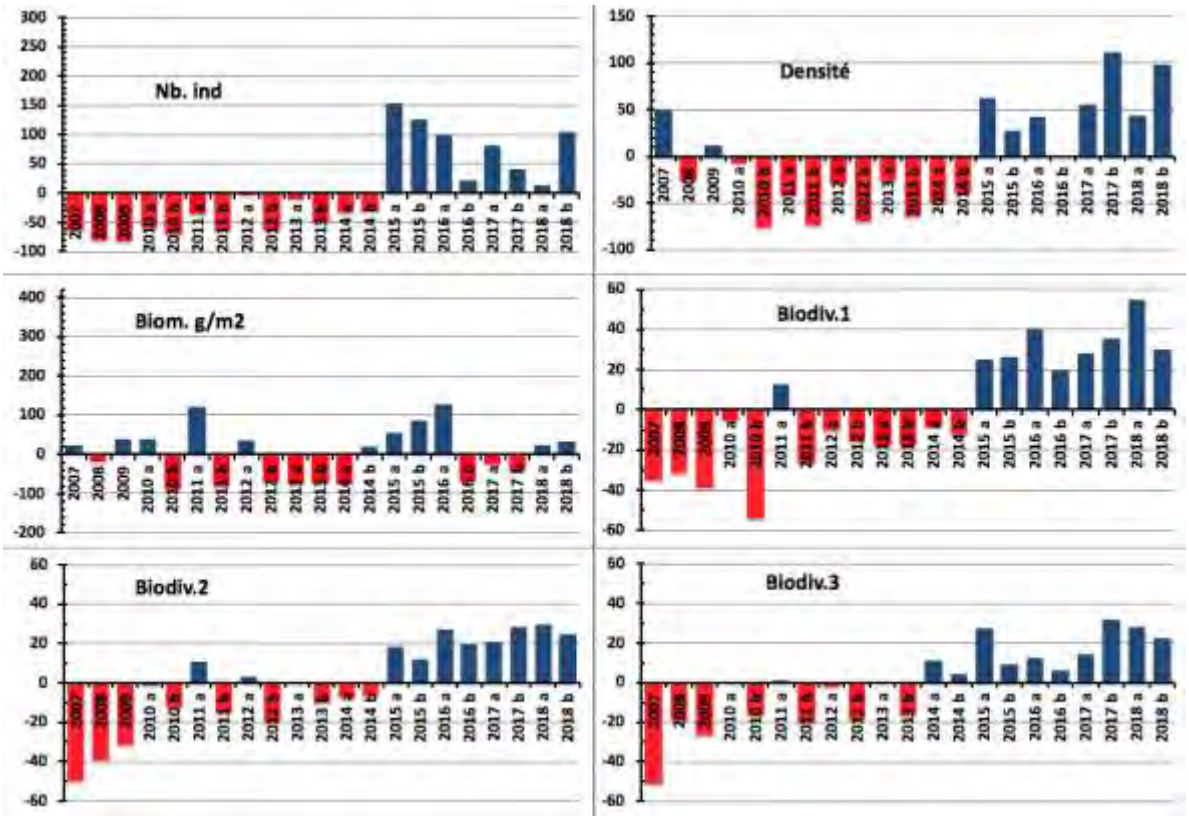


Figure n°29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

4.5 Station 05 = Récif Ioro

Localisation géographique	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 16). Ce récif est ennoyé et soumis aux courants de marée et subit sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés et à son exposition au large, alors que sa façade ouest est plus protégée.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 20 mètres de profondeur et sont orientés du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A est installé sur la zone sommitale du récif qui est constituée par du sable fin sur lequel sont disposés de nombreux débris, des grandes colonies massives de *Porites* et des massifs coralliens épars. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines et des colonies coralliennes de taille décimétrique. Des *Cliona* encroûtent quelques coraux massifs (taille métrique). Le transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens et de colonies de *Porites* (taille métrique) sur du sable coquillé. Les massifs coralliens sont épars, encore en place mais peu colonisés. Le transect C se situe en bas de pente sédimentaire (substrat sableux).

Description générale

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

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

Caractéristiques principales

Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora*

Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris

Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développés et colonisent les massifs et les blocs coralliens

Diversité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et mobilité bathymétrique importante (recherche de nourriture)

Présence très occasionnelle d'*Acanthaster planci*

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

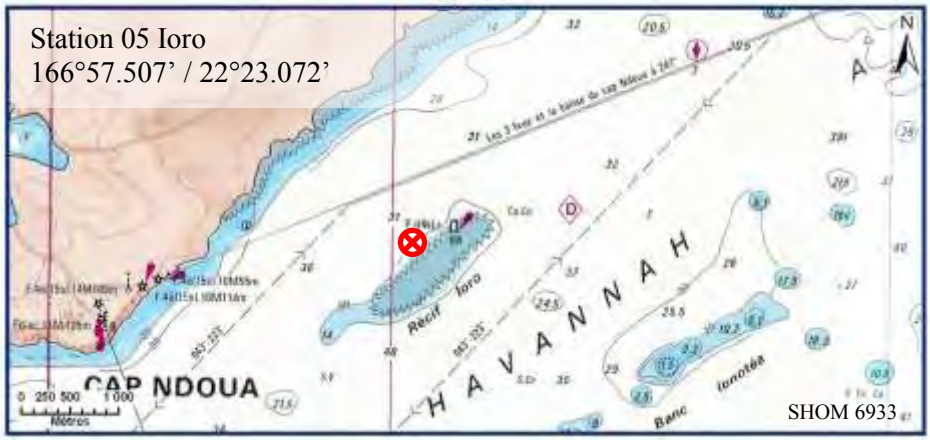
- Le recouvrement corallien est de 33.5% au transect A, 33.5% en B et 1.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4%* ; Novembre 2018 : 0.07%
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Très nombreuses anomalies de croissance sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B). Les lésions induites par les corallivores sont très restreintes (1 spécimen d'*Acanthaster* B, soit 0.2 m²)
- Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 1 à 2) et en diminution pour A (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les débris coralliens
- Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : absente, recouvrement en diminution en A & B (niveau 2 à 0)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable

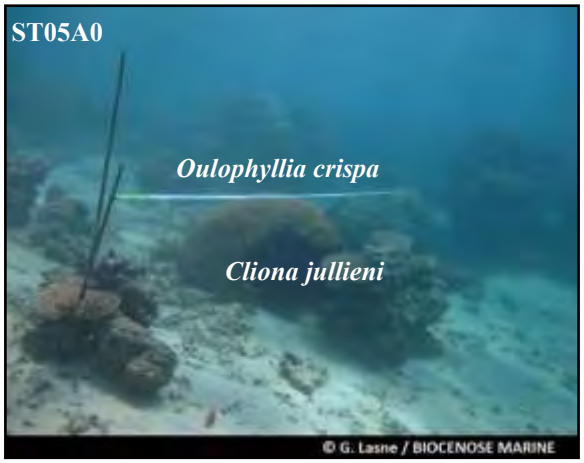
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :
- Absence de *Culcita novaeguineae*
- Présence d'1 spécimen d'*Acanthaster planci* en B (stable) et disparition en A (1 en mai 2018)
- Absence de *Drupella cornus*

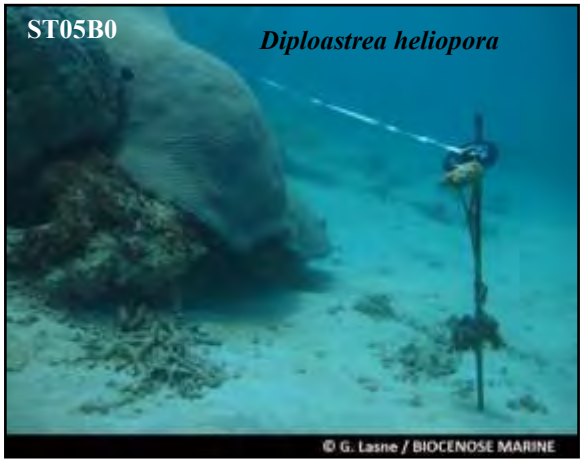


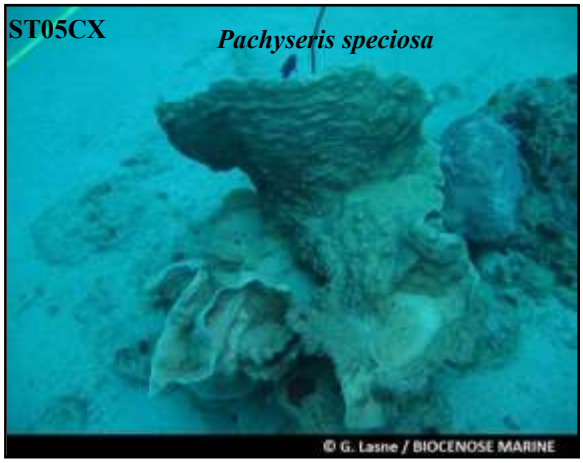
Carte n°07 : *Localisation de la station 05 (Ioro)*

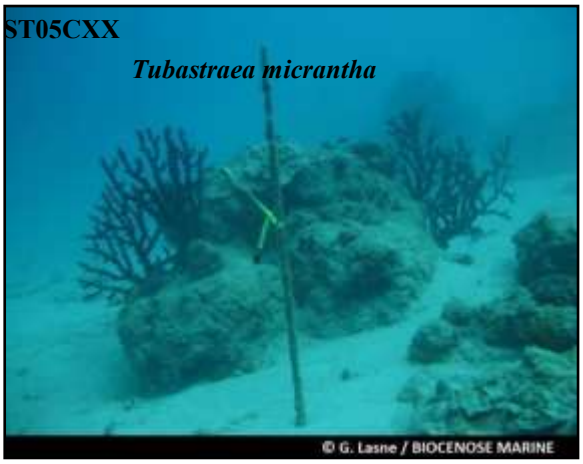
Photo n°16 : *Position en surface par rapport au feu signal (ST05)*



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







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

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

4.5.1 Le substrat (ST05)

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

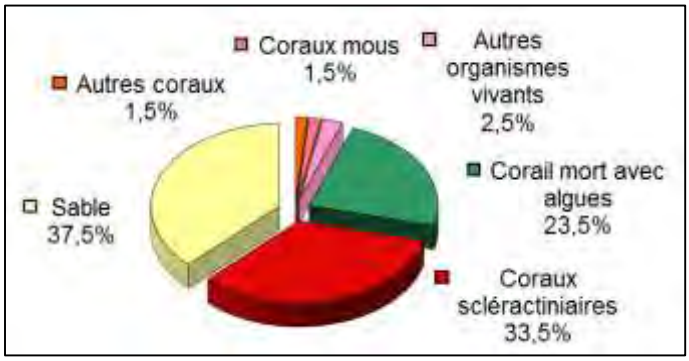


Figure n°30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

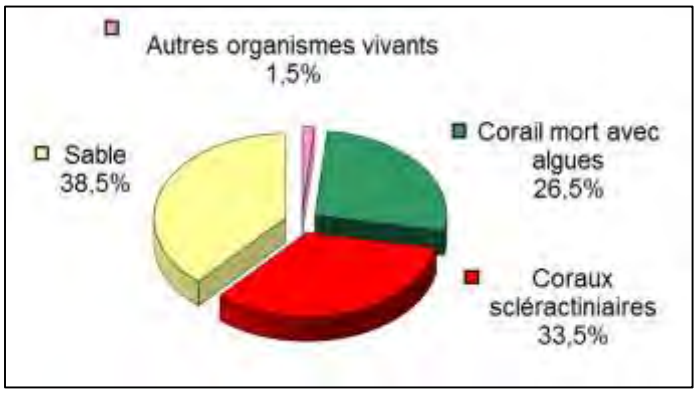


Figure n°31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

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

Le substrat est majoritairement abiotique à cette station, avec une proportion de sable qui augmente avec la profondeur (37.5%, 38.5% puis 92%).
Les coraux scléractiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (33.5%), contre que 1.5% au transect C.

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

Globalement cette station est stable.

4.5.2 Le benthos (ST05)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de :

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

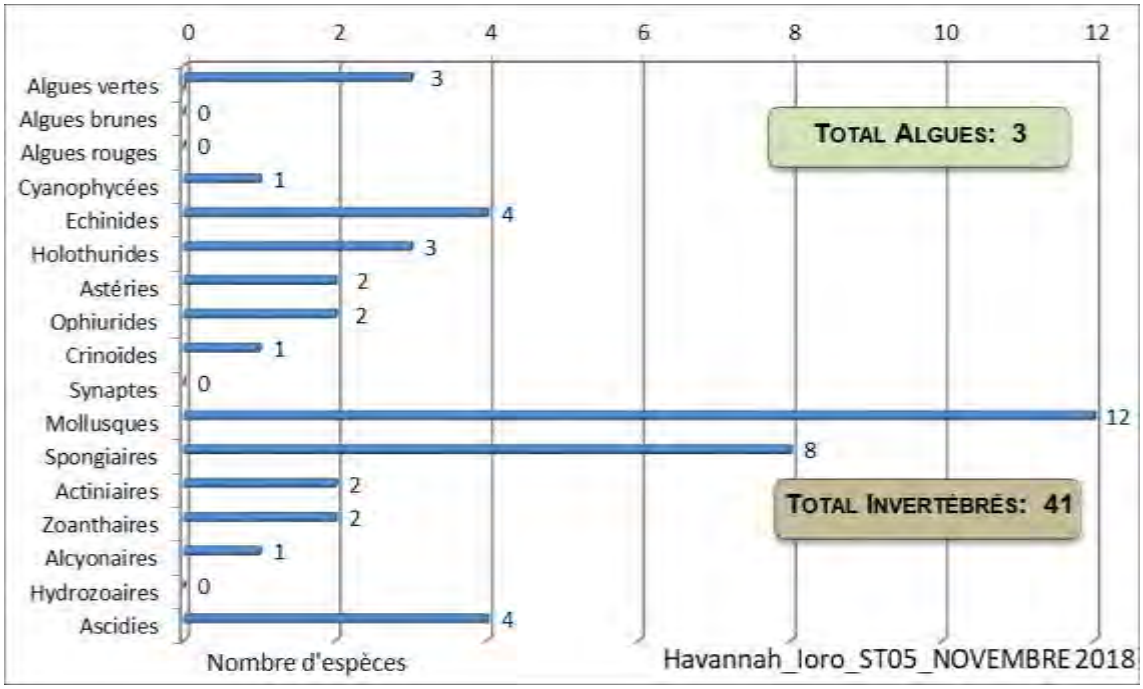


Figure n°33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de :

- 31 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : echinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°41 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 5 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Lobophora variegata* (A0/-2),•*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Codium platyclados* (A0/-2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	

4 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-3 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-3), •*Sinularia* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A1/- 1).
Echinodermes	
8 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-5 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-1), •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Fromia indica* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-3 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1), •*Stichopus pseudhorrens* (A0/-1).	4 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 sp) :•*Echinometra mathaei* (A1/-1) ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1), •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pteria* sp. (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Lambis chiragra* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A3/+ 1)
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Clathria rugosa* (A2).	☑
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa cryptocarpa* (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de :

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

Tableau n°42 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) ;.- 1 sp d'algue disparue, l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A0/-2)	2 espèces d'algues augmentent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (A2/+ 1), •*Ventricaria ventricosa* (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	1 sp de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/+ 1)
Cnidaires	
5 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-4 espèce) : •*Rhytisma* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-3), •*Sinularia* sp. (A0/-2), •*Chironephthya* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les actiniaires (1 espèce) : •*Discosoma* sp. (A2/+ 1).
Echinodermes	
6 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-4 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Fromia indica* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Thelenota ananas* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée :	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance :

➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A1). 5 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-3 espèce) : •*Pinna* sp. (A0/-1), •*Pteria* sp. (A0/-2), •*Tridacna maxima* (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Cypraea* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Cheilidonura inornata* (A0/-1).	➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Septifer bilocularis* (A3/- 1), •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1)
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Dactylia delicata* (A0/-1), •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-3).	1 sp d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). 1 sp d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1)
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A1/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de :

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

Tableau n°43 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST05C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ou disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Chironephthya* sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Toxopneustes pileolus* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A1) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2). 1 sp d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2). 4 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-4 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A0/-2), •*Pinna* sp. (A0/-1), •*Pedum spondyloideum* (A0/-2), •*Spondylus* sp. (A0/-2).	☑
Eponges	
☑	1 sp d'éponges diminue d'abondance : *Cymbastella cantharella* (A1/- 1)
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste des espèces observées[8] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 44.

Tableau n°44 : Données sur les poissons (ST05)

Banc Ioro ST05		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	3	0,02	0,94				1	0,00	0,49	1,33	0,01	0,48
Aca	*Acanthurus mata*							2	0,01	0,39	0,67	0,00	0,13
Aca	*Ctenochaetus striatus*	4	0,03	1,15							1,33	0,01	0,38
Aca	*Naso unicornis*	1	0,00	7,59							0,33	0,00	2,53
Cha	*Chaetodon auriga*				1	0,01	0,10				0,33	0,00	0,03
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,02	0,33							0,67	0,01	0,11
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,04	0,17							1,33	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon lunulatus*	6	0,10	0,69	3	0,02	0,22				3,00	0,04	0,30
Cha	*Chaetodon mertensii*				1	0,01	0,07				0,33	0,00	0,02
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,05	0,13	2	0,01	0,06				1,67	0,02	0,06
Epi	*Epinephelus coioides*							1	0,00	13,50	0,33	0,00	4,50
Epi	*Epinephelus maculatus*							1	0,00	1,93	0,33	0,00	0,64
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,00	18,00							0,33	0,00	6,00
Epi	*Plectropomus leopardus*							1	0,00	1,93	0,33	0,00	0,64
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*							1	0,00	3,06	0,33	0,00	1,02
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	0,48				0,33	0,00	0,16
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,02	0,44	1	0,01	0,39	1	0,01	0,34	1,00	0,01	0,39
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,04	0,38							1,00	0,01	0,13
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,01	0,78							0,67	0,00	0,26
Lab	*Labroides dimidiatus*							3	0,02	0,05	1,00	0,01	0,02
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,08	0,36							1,67	0,03	0,12
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,13	0,58	6	0,04	0,29	2	0,01	0,04	5,33	0,06	0,30
Lab	*Thalassoma lutescens*	6	0,10	0,43	3	0,02	0,15	2	0,01	0,06	3,67	0,05	0,21
Lut	*Lutjanus adetii*							3	0,01	1,05	1,00	0,00	0,35
Mul	*Parupeneus ciliatus*							3	0,02	1,45	1,00	0,01	0,48
Mul	*Parupeneus indicus*				3	0,02	1,76				1,00	0,01	0,59
Mul	*Parupeneus spilurus*				4	0,03	0,20				1,33	0,01	0,07
Nem	*Scolopsis bilineatus*	4	0,07	2,93	2	0,01	0,38				2,00	0,03	1,10
Poc	*Centropyge bicolor*				2	0,01	0,04				0,67	0,00	0,01
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Poc	*Centropyge tibicen*				3	0,02	0,03				1,00	0,01	0,01
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,00	1,12	0,33	0,00	0,37
Pom	*Abudefduf whitleyi*	7	0,09	0,22							2,33	0,03	0,07
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	5	0,06	0,08							1,67	0,02	0,03
Pom	*Chromis viridis*	20	0,25	0,14	20	0,14	0,08				13,33	0,13	0,07
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,07	0,04							1,33	0,02	0,01
Pom	*Chrysiptera taupou*	8	0,13	0,07							2,67	0,04	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*	20	0,25	0,14	20	0,14	0,08	10	0,07	0,04	16,67	0,15	0,08
Pom	*Dascyllus reticulatus*							20	0,14	0,08	6,67	0,05	0,03
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	5	0,06	0,08				10	0,07	0,09	5,00	0,04	0,06
Pom	*Pomacentrus coelestis*	5	0,05	0,06							1,67	0,02	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,07	0,17	3	0,02	0,03				2,33	0,03	0,06
Sca	*Chlorurus microrhinos*				2	0,01	18,29				0,67	0,00	6,10
Sca	*Chlorurus sordidus*				5	0,04	2,41				1,67	0,01	0,80
Sca	*Scarus ghobban*	2	0,01	3,91							0,67	0,00	1,30
Sca	*Scarus rivulatus*	1	0,01	2,60							0,33	0,00	0,87
Zan	*Zanclus cornutus*				1	0,01	0,25				0,33	0,00	0,08
Total		**136**	**1,80**	**42,44**	**83**	**0,59**	**25,29**	**62**	**0,40**	**25,61**	**93,67**	**0,93**	**31,12**
Biodiversité		**27**			**19**			**16**			**47**		

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

Indice de Shannon =	4,594
Equitabilité =	0,827

Sur l'ensemble des transects de la station, 281 individus appartenant à 47 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.93 poisson/m² pour une biomasse de 31.12 g/m².
94 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 45).

Tableau n°45 : Liste des espèces complémentaires (ST05)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Apogon fuscus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Sufflamen bursa*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Ble	*Entomacrodus striatus*	Lab	*Oxycheilinus bimaculatus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Ble	*Salarias fasciatus*	Lab	*Pseudodax moluccanus*	Pom	*Pomacentrus brachialis*
Cen	*Aeoliscus strigastus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Upeneus tragula*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Das	*Dasyatis kuhlii*	Pin	*Parapercis multiplicata*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Epinephelus coioides*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Centropyge flavissima*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge tibicen*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Plectropomus leopardus*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 46 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 34.

Tableau n°46 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	4	4,75	10,00	11,88
Chaetodontidae	30	6	5,70	20,00	19,00
Epinephelinae	26	4	2,55	15,38	9,81
Labridae	97	8	5,80	8,25	5,98
Lethrinidae	16	0	0,80	0,00	5,00
Lutjanidae	22	1	0,90	4,55	4,09
Mullidae	14	3	2,00	21,43	14,29
Pomacanthidae	14	4	3,45	28,57	24,64
Pomacentridae	92	10	8,75	10,87	9,51
Scaridae	23	4	3,75	17,39	16,30
Siganidae	10	0	1,40	0,00	14,00
Autres	257	**3**	5,45	1,17	2,12
Khi2 obs		**5,8**		**28,1**	
Khi2 tab				**19,17**	

Sous l'angle de vue des proportions, la structure de novembre 2018 diffère significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi.
Sur l'ensemble des missions de la série historique, 6 sont similaires à la structure moyenne : ce sont les structures de mission 2008, 2010a, 2011a, 2012a et b, et 2017a.
Prises globalement l'ensemble des structures par espèces forment un ensemble hétérogène (cf. tableau synoptique 118).

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 47 et la figure 35.

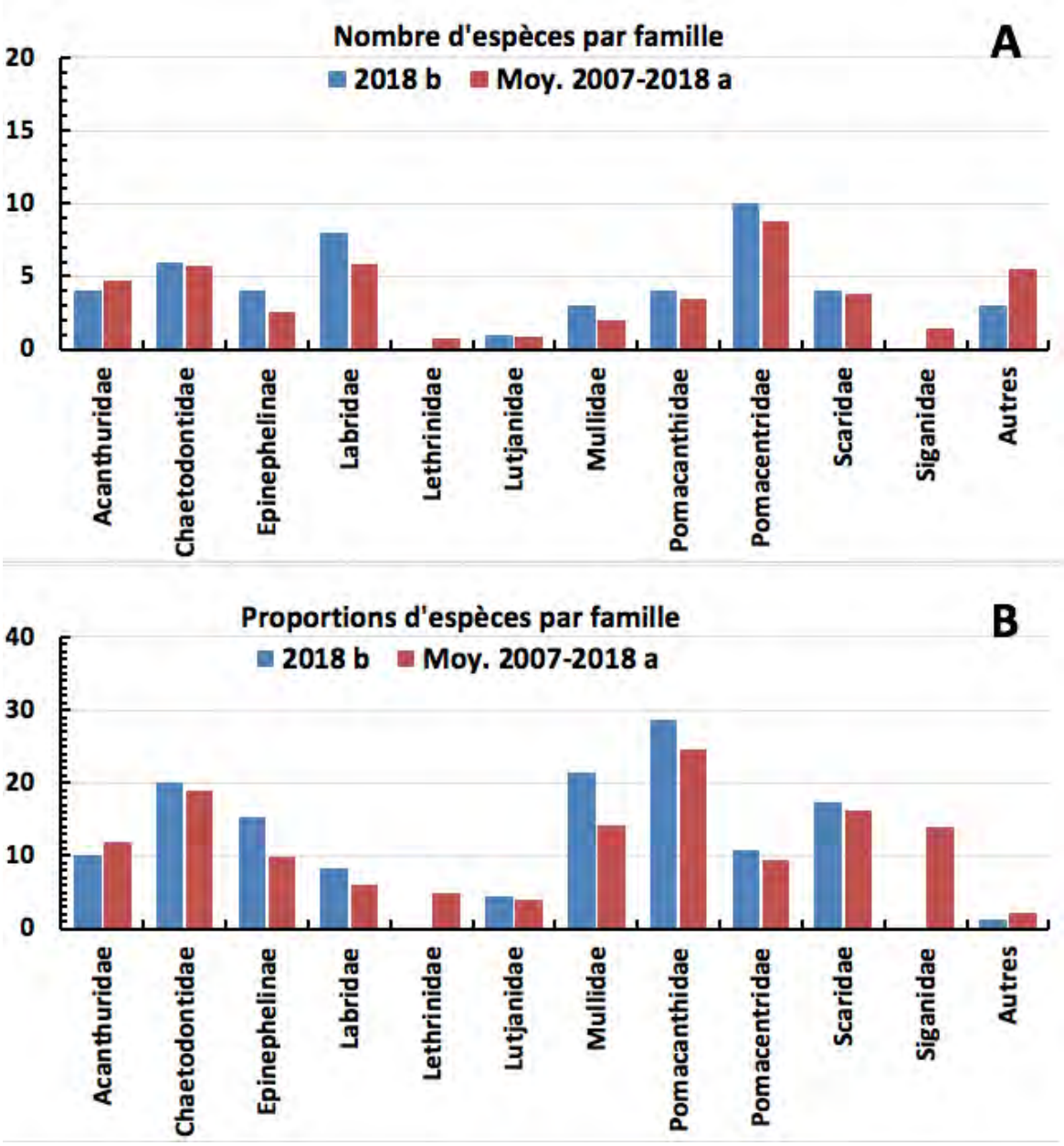


Figure n°34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau n°47 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05)

Banc Ioro ST05		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	136	1,80	42,44	27		
	Transect B	83	0,59	25,29	19		
	Transect C	62	0,40	25,61	16		
	Moy. ABC	**93,67**	**0,93**	**31,12**	**47**	**66**	**94**
2018 a	Moy. ABC	126,00	1,58	36,61	56	66	100
2017 b	Moy. ABC	111,00	1,20	23,51	50	74	109

2017 a	Moy. ABC	131,33	0,96	169,61	43	67	94
2016 b	Moy. ABC	91,67	0,72	52,48	53	72	102
2016 a	Moy. ABC	122,67	1,80	126,83	62	74	108
2015 b	Moy. ABC	143,00	1,53	240,79	56	80	109
2015 a	Moy. ABC	115,67	1,19	173,89	63	81	113
2014 b	Moy. ABC	275,33	3,00	415,97	49	63	91
2014 a	Moy. ABC	93,00	1,12	83,80	45	81	114
2013 b	Moy. ABC	71,76	0,94	125,51	44	72	101
2013 a	Moy. ABC	140,33	1,80	130,43	43	87	115
2012 b	Moy. ABC	107,00	1,22	99,73	40	69	96
2012 a	Moy. ABC	76,67	0,87	51,11	36	66	88
2011 b	Moy. ABC	71,00	0,81	41,01	43	59	84
2011 a	Moy. ABC	141,33	1,56	661,47	55	67	94
2010 b	Moy. ABC	100	1,23	37,89	24	50	66
2010 a	Moy. ABC	71,00	2,37	93,78	42	63	79
2009	Moy. ABC	45,50	4,09	315,96	44	56	69
2008	Moy. ABC	57,30	2,02	57,97	30	41	52
2007	Moy. ABC	26,30	0,73	47,65	22	37	50

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 48 et représentation figure 36.

Tableau n°48 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 533	0,68	24 275	132	161	372
Ecart type	50,33	0,83	155,80	11,50	12,71	19,29
Moyenne	104,8	1,5	143,7	44,7	66,4	92,0
Coef. de Var.	0,48	0,55	1,08	0,26	0,19	0,21

Commentaires :
- La densité est moins importante que la moyenne.
- La biomasse est toujours faible.
- Les valeurs de biodiversité sont stables un peu au-dessus de la moyenne.

Les observations montrent des structures de peuplements instables. Les espèces nomades induisent des changements naturels d'organisation de la Bα. Sur les 21 missions, 6 ont des structures de peuplement qui ne diffèrent pas significativement de la structure moyenne : 2008, 2010a, 2011a, 2012a et b, 2017a et, dans leur ensemble, les structures spécifiques de peuplement diffèrent significativement.

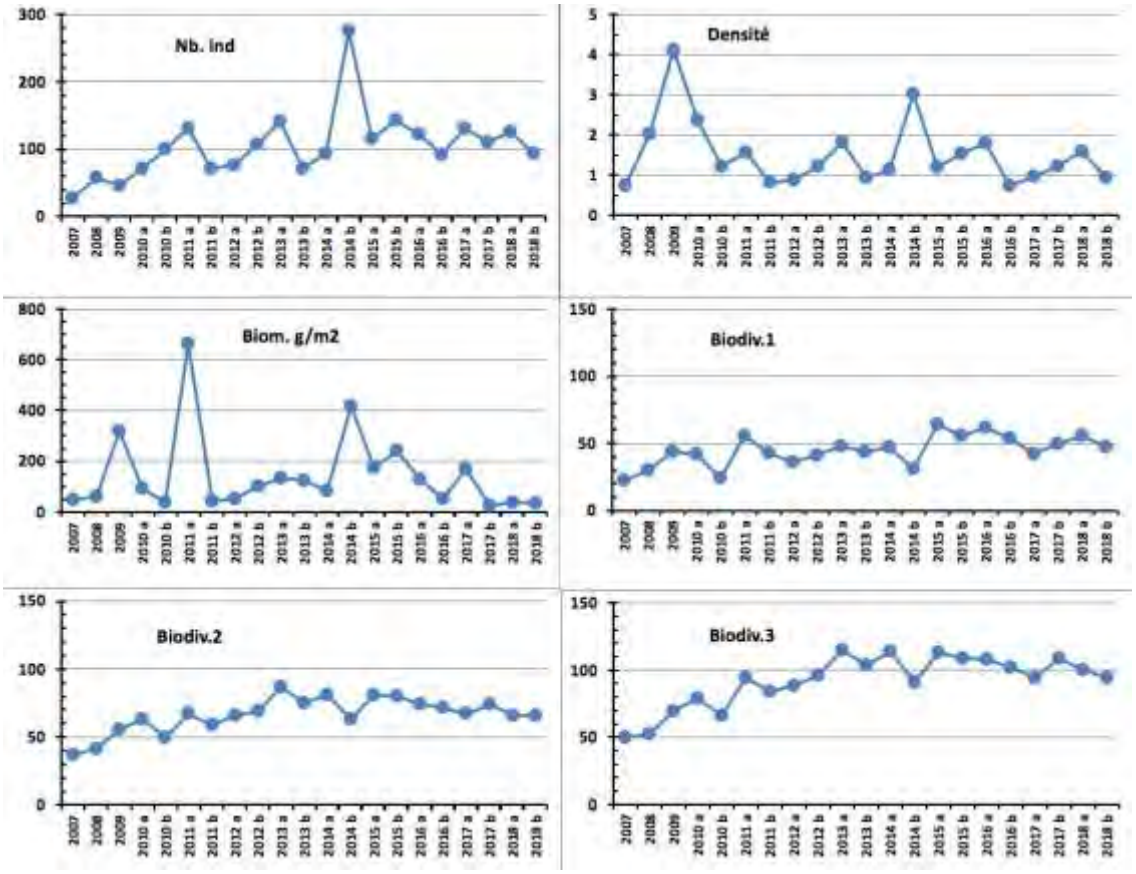


Figure n°35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

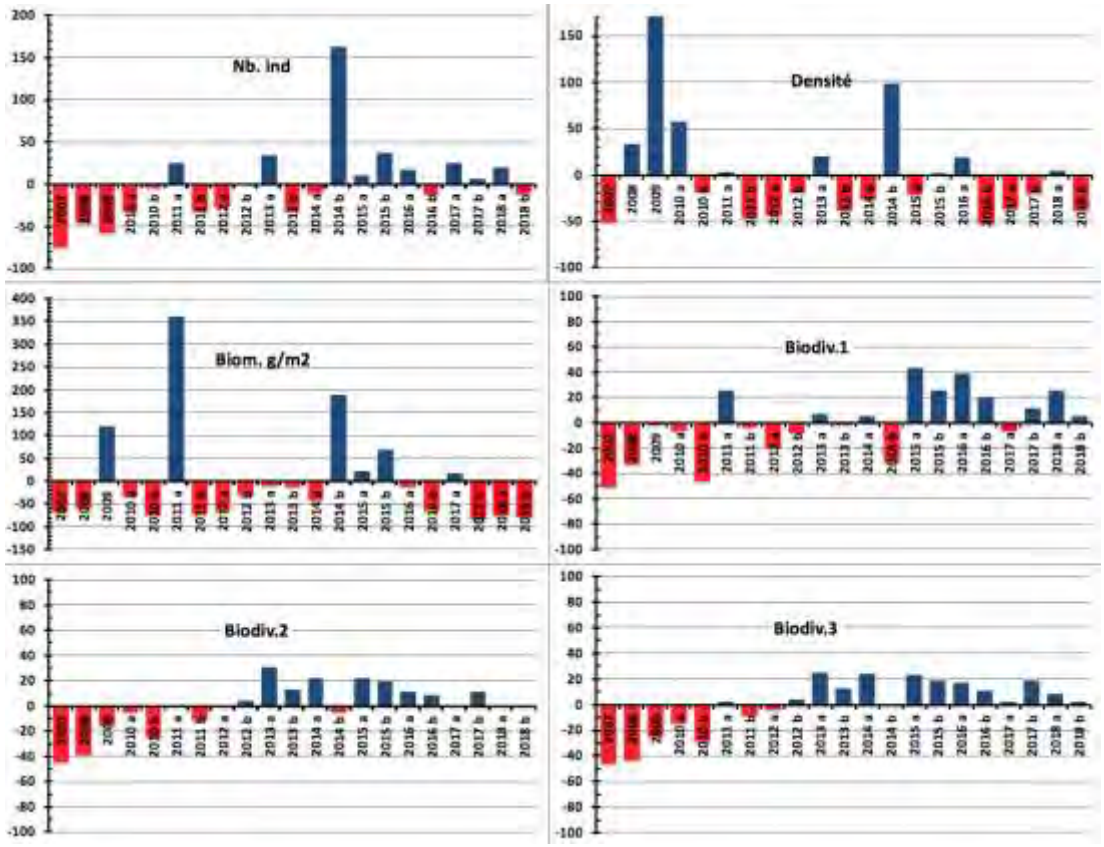


Figure n°36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

4.6 Station 06 = Banc 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 *Acropora* tabulaires. Le transect C se situe en bas de pente. Au-delà, les massifs coralliens sont beaucoup plus espacés et le sable parsemé de débris, représente plus de 70 % du recouvrement.

Description générale

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

Caractéristiques principales

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

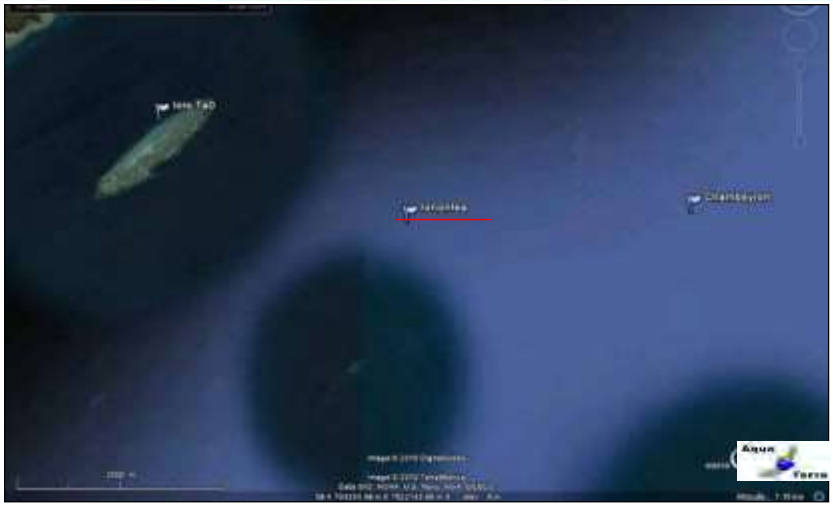
Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :
- Le recouvrement corallien est de 32.5% au transect A, 30% en B et 11% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17% ; Mai 2018 : 0.6% ;* Novembre 2018 : 0.07%
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Une colonie d'*Acropora* est colonisée en A par des *Drupella cornus*
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018)

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : présence stable en B (niveau 2) et en augmentation en C (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les algues rouges (*Asparagopsis*)

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

<u>Les corallivores :</u>
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus* en A (niveau 2)

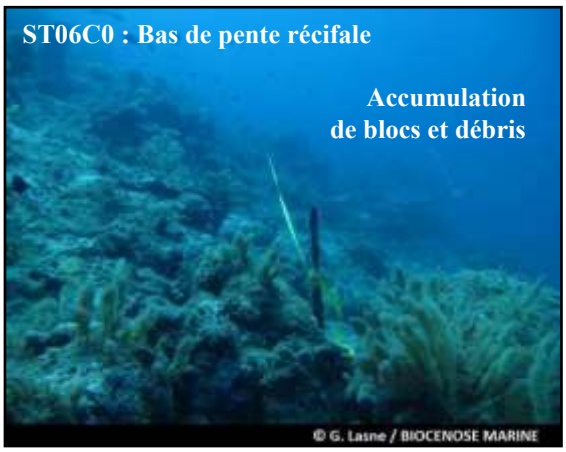


Carte n°08 : *<u>Localisation de la station 06 (Ionontea)</u>*

Photo n°18 : *<u>Position en surface (ST06)</u>*

Les colonies coralliennes déstabilisées du substrat dévalent la pente récifale
Les colonies *d'Acropora* tabulaires affectées par la maladie de la bande blanche sont mortes en place

De nombreux débris coralliens et colonies mortes ont été arrachés du substrat (milieu et bas de pente récifale)



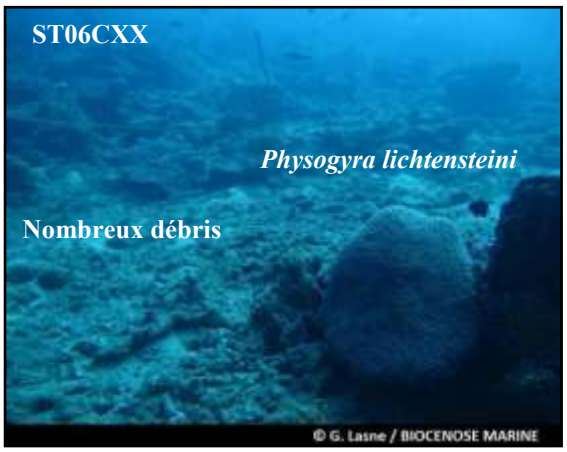


Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06)

4.6.1 Le substrat (ST06)

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

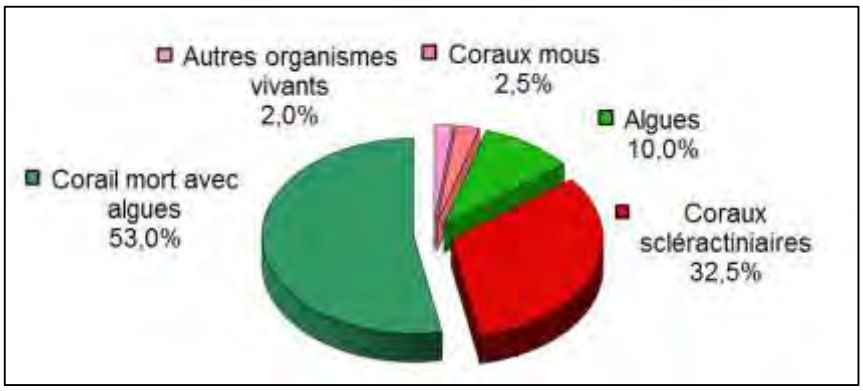


Figure n°37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A

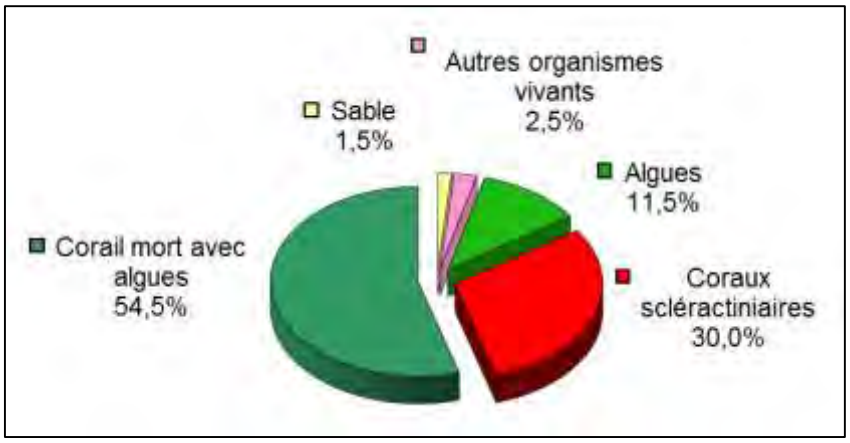


Figure n°38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B

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

Le substrat est très recouvert à cette station, notamment de coraux morts anciennement et colonisés par des algues calcaires encroûtantes (avec ainsi 100% de substrat biotique au transect A, 98.5% en B et 92% en C).
Les coraux scléractiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (32.5% en A, 30% en B et 11% en C).

Les trois transects sont globalement stables.

4.6.2 Le benthos (ST06)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Banc Ionontea (ST06) est composée de :

- **42 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), echinides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies
- **8 espèces de macrophytes** : algues rouges (5 taxons), algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

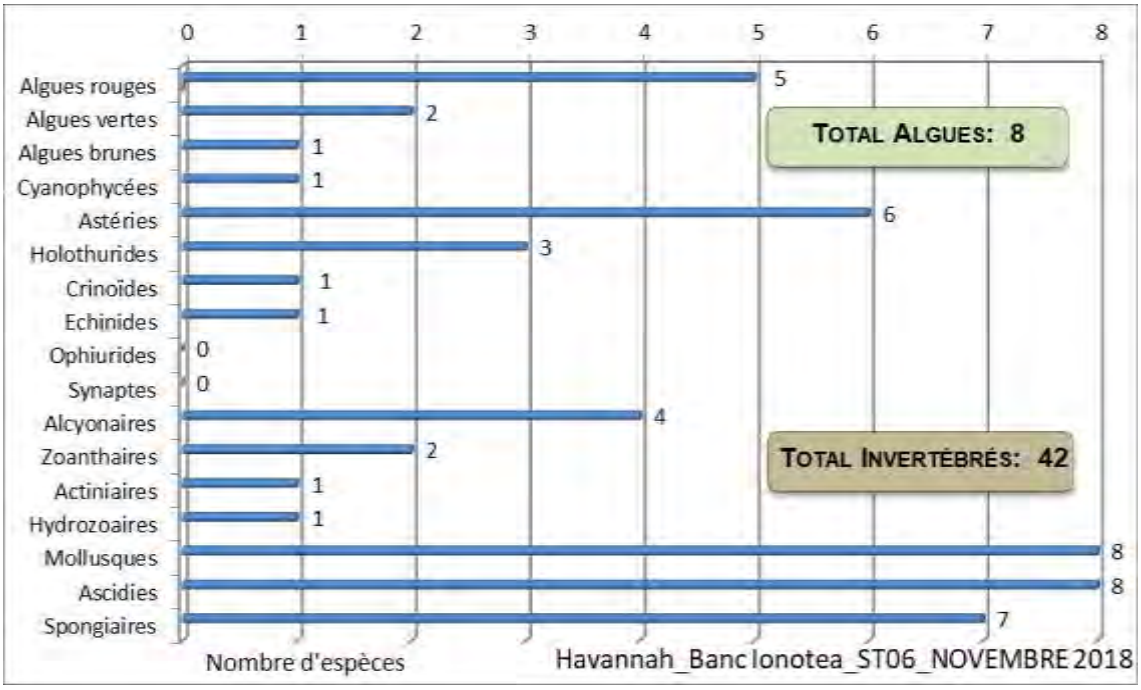


Figure n°40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de :

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

Tableau n°49 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A3). Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	Une espèce d'algue recensée : l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2).	☑

Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria whitmaei* (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-4 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Linckia multifora* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Conus miles* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A2/+ 1).
Eponges	
Une nouvelle sp d'éponges recensée : •*Leucetta chagosensis* (A1). 2 espèces d'éponges disparues : •*Dysidea arenaria* (A0/-1), •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	☑
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Polycarpa nigricans* (A0/-3).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de :

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

Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°50 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A3). Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A5/+ 3). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les actiniaires (-1 sp) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A0/-1).	☑
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2) ;	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1), •*Holothuria edulis* (A1/- 1).

➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1).	
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 sp) :•*Pinna* sp. (A0/-1), •*Pteria peguin* (A0/-2) ➢ pour les nudibranches (-2 espèce) : •*Chromodoris elisabethina* (A0/-1), •*Chromodoris* sp. (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A1/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Leucetta chagosensis* (A1).	☑
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum molle* (A2), •*Clavelina detorta* (A1). 2 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa clavata* (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de :

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

Tableau n°51 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST06C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A3). Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A5/+ 3). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les actiniaires (-1 sp) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A0/-1).	☑
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1), •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 sp) : •*Pinna* sp. (A0/-1), •*Pteria peguin* (A0/-2) ➢ pour les nudibranches (-2 espèce) : •*Chromodoris elisabethina* (A0/-1), •*Chromodoris* sp. (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A1/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Leucetta chagosensis* (A1).	☑
Ascidies	

2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum molle* (A2), •*Clavelina detorta* (A1). 2 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa clavata* (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste des espèces observées[9] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 52.

Tableau n°52 : Données sur les poissons (ST06)

Ionontea ST06		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	2	0,07	14,20							0,67	0,02	4,73
Aca	*Acanthurus dussumieri*	1	0,03	18,00							0,33	0,01	6,00
Aca	*Acanthurus mata*	10	0,14	7,84	50	0,50	49,13	5	0,08	8,19	21,67	0,24	21,72
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	1	0,03	1,15							0,33	0,01	0,38
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,10	3,46	4	0,05	2,20	1	0,02	0,58	2,67	0,06	2,08
Aca	*Naso annulatus*	7	0,08	30,62							2,33	0,03	10,21
Aca	*Naso lituratus*	1	0,03	13,12							0,33	0,01	4,37
Aca	*Zebrasoma scopas*	3	0,10	2,00				1	0,02	0,33	1,33	0,04	0,78
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,03	2,25							0,33	0,01	0,75
Ant	*Pseudanthias dispar*	1	0,03	0,14							0,33	0,01	0,05
Ant	*Pseudanthias pascalus*							30	0,50	3,43	10,00	0,17	1,14
Cae	*Pterocaesio marri*	30	0,33	22,50				10	0,17	3,33	13,33	0,17	8,61
Can	*Canthigaster valentini*				2	0,03	0,04				0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,07	1,33				1	0,02	0,11	1,00	0,03	0,48
Cha	*Chaetodon baronessa*				2	0,03	0,49				0,67	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,13	0,91							1,33	0,04	0,30
Cha	*Chaetodon flavirostris*	3	0,10	2,00	2	0,03	0,36				1,67	0,04	0,79
Cha	*Chaetodon kleinii*	5	0,10	0,43							1,67	0,03	0,14
Cha	*Chaetodon mertensii*	2	0,07	0,46							0,67	0,02	0,15
Cha	*Chaetodon pelewensis*	3	0,10	0,69							1,00	0,03	0,23
Cha	*Chaetodon speculum*	1	0,03	0,49							0,33	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	0,07	0,46							0,67	0,02	0,15
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,03	0,49							0,33	0,01	0,16
Cha	*Coradion altivelis*	2	0,04	1,06				1	0,02	0,07	1,00	0,02	0,38
Cha	*Heniochus acuminatus*	3	0,04	1,48	1	0,01	0,25				1,33	0,02	0,58
Cha	*Heniochus varius*				2	0,05	0,73				0,67	0,02	0,24
Epi	*Cephalopholis urodeta*				2	0,03	0,89				0,67	0,01	0,30
Epi	*Cromileptes altivelis*				1	0,02	9,00				0,33	0,01	3,00
Epi	*Epinephelus fasciatus*	2	0,07	4,50	3	0,04	2,53				1,67	0,03	2,34
Epi	*Epinephelus malabaricus*							1	0,00	83,33	0,33	0,00	27,78
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,03	0,67							0,33	0,01	0,22
Epi	*Plectropomus laevis*				1	0,01	17,86				0,33	0,00	5,95
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	12,25	3	0,02	19,20	2	0,03	42,67	2,00	0,02	24,71
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*				1	0,02	14,29				0,33	0,01	4,76
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,02	1,13				0,33	0,01	0,38
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,02	0,69				1	0,01	0,43	0,67	0,01	0,37
Lab	*Coris aygula*	1	0,01	4,46							0,33	0,00	1,49
Lab	*Gomphosus varius*	6	0,09	2,96	3	0,04	0,55				3,00	0,04	1,17
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,03	1,46	1	0,01	1,02				0,67	0,02	0,83
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,04	3,28	1	0,01	2,00	1	0,02	0,73	1,33	0,02	2,00
Lab	*Labroides dimidiatus*				3	0,04	0,38	3	0,05	0,22	2,00	0,03	0,20
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	20	0,29	5,71							6,67	0,10	1,90
Lab	*Thalassoma hardwicke*	8	0,11	2,29							2,67	0,04	0,76
Lab	*Thalassoma lunare*	7	0,10	2,00	6	0,06	0,61	3	0,05	0,51	5,33	0,07	1,04
Lab	*Thalassoma lutescens*	10	0,14	2,86	3	0,04	0,38				4,33	0,06	1,08
Let	*Monotaxis grandoculis*				1	0,02	14,29				0,33	0,01	4,76
Lut	*Aprion virescens*							1	0,01	30,51	0,33	0,00	10,17
Lut	*Lutjanus adetii*				40	0,67	208,33				13,33	0,22	69,44

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

Lut	*Lutjanus bohar*	1	0,02	6,25							0,33	0,01	2,08
Mul	*Parupeneus barberinoides*	2	0,07	1,77							0,67	0,02	0,59
Mul	*Parupeneus spilurus*	4	0,08	25,00							1,33	0,03	8,33
Nem	*Scolopsis bilineatus*	6	0,07	2,30	6	0,08	1,50	4	0,07	1,33	5,33	0,07	1,71
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,04	0,17	4	0,07	0,17				2,00	0,04	0,11
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,08	0,10	3	0,05	0,06	2	0,03	0,08	3,00	0,05	0,08
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,04	0,17							0,67	0,01	0,06
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,06	0,08	4	0,07	0,09	2	0,03	0,08	3,00	0,05	0,08
Pom	*Amphiprion clarkii*	4	0,08	0,10							1,33	0,03	0,03
Pom	*Chromis fumea*	30	0,43	0,55	150	1,50	1,92	30	0,50	0,64	70,00	0,81	1,04
Pom	*Chrysiptera rollandi*	2	0,07	0,04	4	0,05	0,03	4	0,07	0,04	3,33	0,06	0,03
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,20	0,11	50	0,83	0,45				20,00	0,34	0,19
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,67	0,36	20	0,25	0,14	20	0,33	0,43	20,00	0,42	0,31
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,19	0,24	5	0,08	0,21	6,67	0,09	0,15
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,08	0,10	3	0,04	0,05	3	0,05	0,13	3,33	0,06	0,09
Sca	*Chlorurus sordidus*	6	0,09	5,79	3	0,04	1,65				3,00	0,04	2,48
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,01	7,71				1	0,01	6,40	0,67	0,01	4,70
Sca	*Scarus niger*	1	0,02	3,20	2	0,02	3,20				1,00	0,01	2,13
Sca	*Scarus rubroviolaceus*	2	0,04	9,73							0,67	0,01	3,24
Sca	*Scarus schlegeli*	1	0,03	11,72							0,33	0,01	3,91
Sig	*Siganus argenteus*	7	0,14	16,33							2,33	0,05	5,44
Sig	*Siganus corallinus*	2	0,04	2,20	2	0,03	0,86				1,33	0,02	1,02
Sig	*Siganus dolliatus*	2	0,04	1,38							0,67	0,01	0,46
Sig	*Siganus punctatus*				2	0,03	2,92				0,67	0,01	0,97
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,08	1,17							1,33	0,03	0,39
Zan	*Zanclus cornutus*	1	0,02	0,40							0,33	0,01	0,13
Total		**269**	**5,21**	**264,95**	**401**	**4,95**	**358,93**	**132**	**2,16**	**183,79**	**267,33**	**4,11**	**269,22**
Biodiversité		**58**			**36**			**23**			**74**		
Indice de Shannon =		4,530											
Equitabilité =		0,729											

Sur l'ensemble des transects de la station, 802 individus appartenant à 74 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 4.11 poissons/m² pour une biomasse de 269.22 g/m².
129 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 53).

Tableau n°53 : Liste des espèces complémentaires (ST06)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Epinephelus malabaricus*	Mul	*Parupeneus spilurus*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus merra*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Plectropomus laevis*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Ple	*Assessor macneilli*
Aca	*Naso annulatus*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso lituratus*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Naso thynnoides*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Genicanthus melanospilos*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Ant	*Pseudanthias dispar*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Apogon fucata*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis leucura*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis xanthura*
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera rollandi*

Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ble	*Atrosalarias fuscus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus psittacus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Scr	*Pterois volitans*
Cha	*Coradion altivelis*	Lut	*Aprion virescens*	Sig	*Siganus argenteus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sig	*Siganus dolliatus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sig	*Siganus puellus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sig	*Siganus punctatus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Lut	*Macolor niger*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Ple	*Assessor macneilli*	Syn	*Synodus variegatus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 54 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 41.

Tableau n°54 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	9	7,10	22,50	17,74
Chaetodontidae	30	10	7,19	33,33	23,97
Epinephelinae	26	7	4,10	26,92	15,75
Labridae	97	11	8,38	11,34	8,64
Lethrinidae	16	1	0,81	6,25	5,06
Lutjanidae	22	3	1,95	13,64	8,87
Mullidae	14	2	1,43	14,29	10,20
Pomacanthidae	14	4	4,14	28,57	29,59
Pomacentridae	92	7	5,52	7,61	6,00
Scaridae	23	5	4,43	21,74	19,25
Siganidae	10	5	1,52	50,00	15,24
Autres	257	10	7,19	3,89	2,80
Khi2 obs		**5,2**		**42,4**	
Khi2 tab				**19,17**	

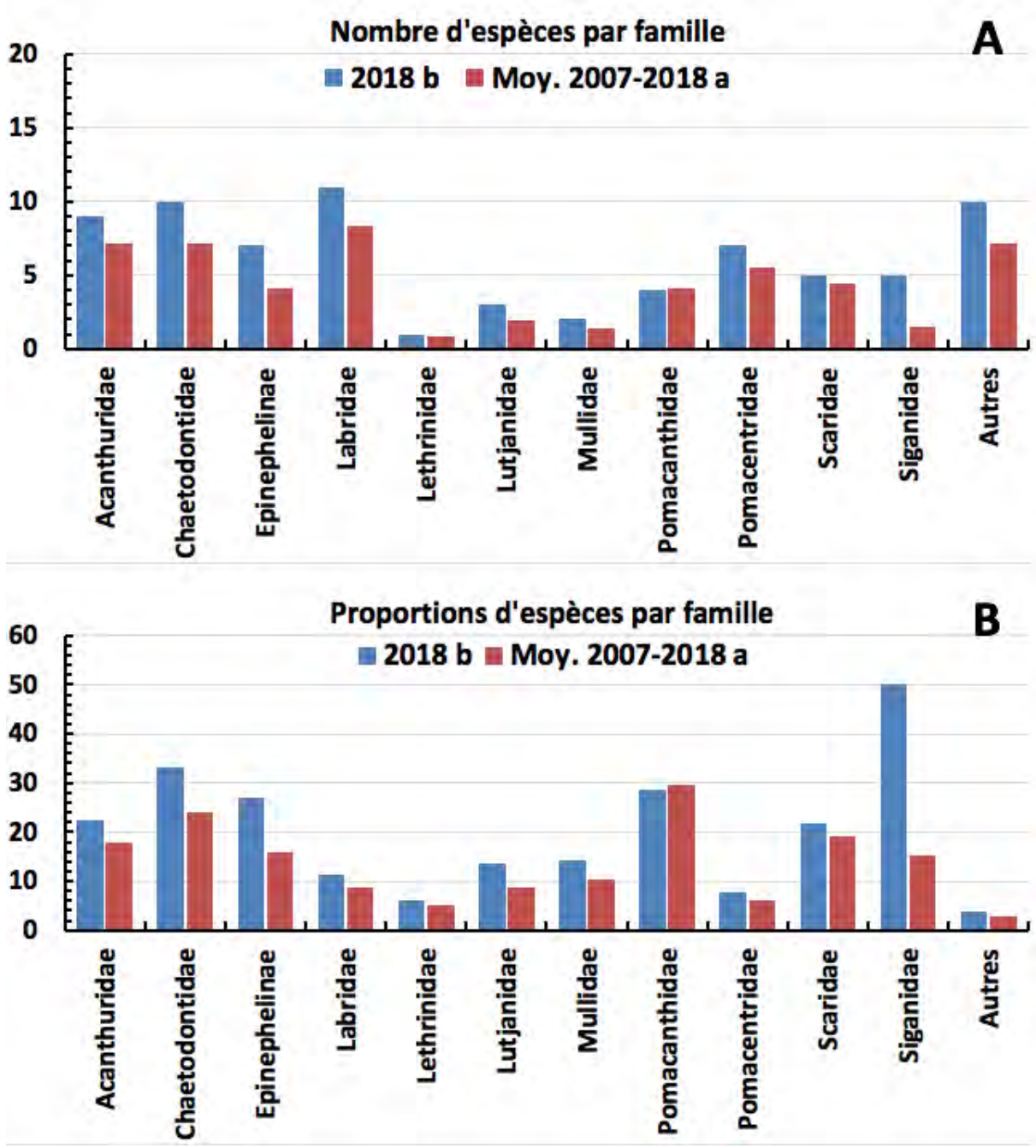


Figure n°41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

La structure spécifique du peuplement de novembre 2018 décrite par les diversités spécifiques par familles diffère significativement de la moyenne des structures obtenue sur la période du suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, 5 missions montrent des structures de peuplements similaires à la structure moyenne ce sont : 2007, 2011b, 2014a, 2015a, 2017a.
Prises globalement, toutes les structures obtenues, forment un ensemble significativement hétérogène (cf. tableau synoptique 118).

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 55 et la figure 42.

Tableau n°55 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06)

Ionontea ST06		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	269	5,21	264,95	58		
	Transect B	401	4,95	358,93	36		
	Transect C	132	2,16	183,79	23		
	Moy. ABC	**267,33**	**4,11**	**269,22**	**74**	**88**	**123**
2018 a	Moy. ABC	218,67	4,23	567,07	73	91	134
2017 b	Moy. ABC	238,00	4,47	667,45	66	88	132
2017 a	Moy. ABC	290,67	3,48	527,28	66	85	125
2016 b	Moy. ABC	184,33	1,84	149,24	53	85	118
2016 a	Moy. ABC	189,67	1,89	150,71	54	87	119
2015 b	Moy. ABC	187,00	2,27	210,72	58	87	112
2015 a	Moy. ABC	270,00	3,00	750,00	48	104	156
2014 b	Moy. ABC	226,00	2,87	622,19	46	81	126
2014 a	Moy. ABC	101,00	1,19	68,63	39	78	113
2013 b	Moy. ABC	190,33	1,98	191,60	55	87	117
2013 a	Moy. ABC	284,00	2,80	760,11	77	97	140
2012 b	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	53	93	125
2012 a	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	42	93	125
2011 b	Moy. ABC	62,33	0,75	76,87	44	88	124
2011 a	Moy. ABC	178,30	2,23	687,67	50	75	102
2010 b	Moy. ABC	190	1,91	92,96	37	58	81
2010 a	Moy. ABC	76,00	2,05	487,76	42	71	94
2009	Moy. ABC	27,00	1,17	226,52	31	33	81
2008	Moy. ABC	43,67	2,99	385,65	40	54	67
2007	Moy. ABC	42,67	2,45	1322,4	44	51	60

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 56 et représentation figure 43.

Tableau n°56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	6 800,7	0,9	102 908	151,2	306,1	607,5
Ecart type	82,5	1,0	320,8	12,3	17,5	24,6
Moyenne	167,4	2,4	422,5	52,0	79,0	112,4
Coef. de Var.	0,5	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité est toujours forte et cela depuis 2017a.
- La biomasse est au-dessous de la moyenne malgré la présence d'une mère-loche (*Epinephelus malabaricus*) et des bancs d'*Acanthurus mata* et des lutjans *Lutjanus adetii* (rougets de nuit) et mékouas (*Aprion virescens*).
  Ces fluctuations de biomasse sont bien sûr dues au comportement des espèces vis-à-vis du plongeur.
- La biodiversité plus faible est toujours importante et doit être considérée comme stable.

Les structures de peuplements sont fluctuantes d'une mission à l'autre Non seulement, à cause des espèces nomades qui induisent des changements naturels dans l'organisation de la Bα, mais à cause de nobreuses autres espèces qui vivent sur un énorme massif corallien voisin de la zone et qui font des aller-retours entre la zone de transects et le massif notamment par curiosité vis-à-vis des plongeurs.

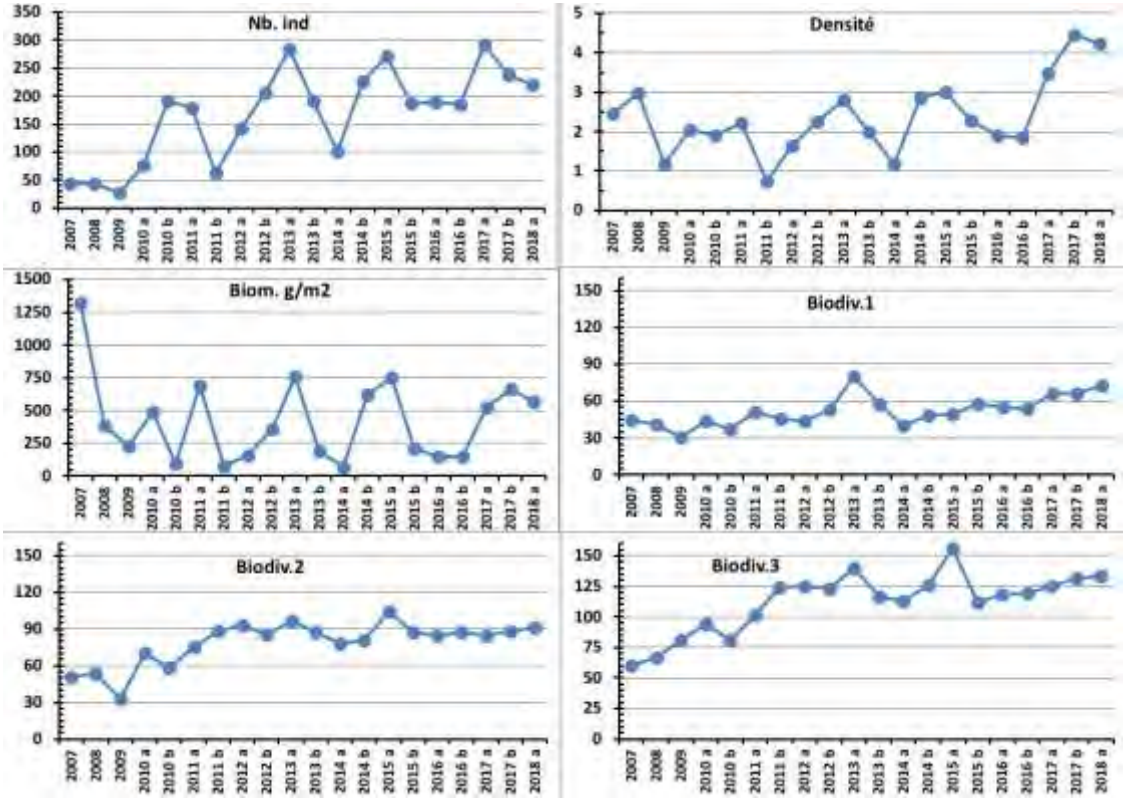


Figure n°42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

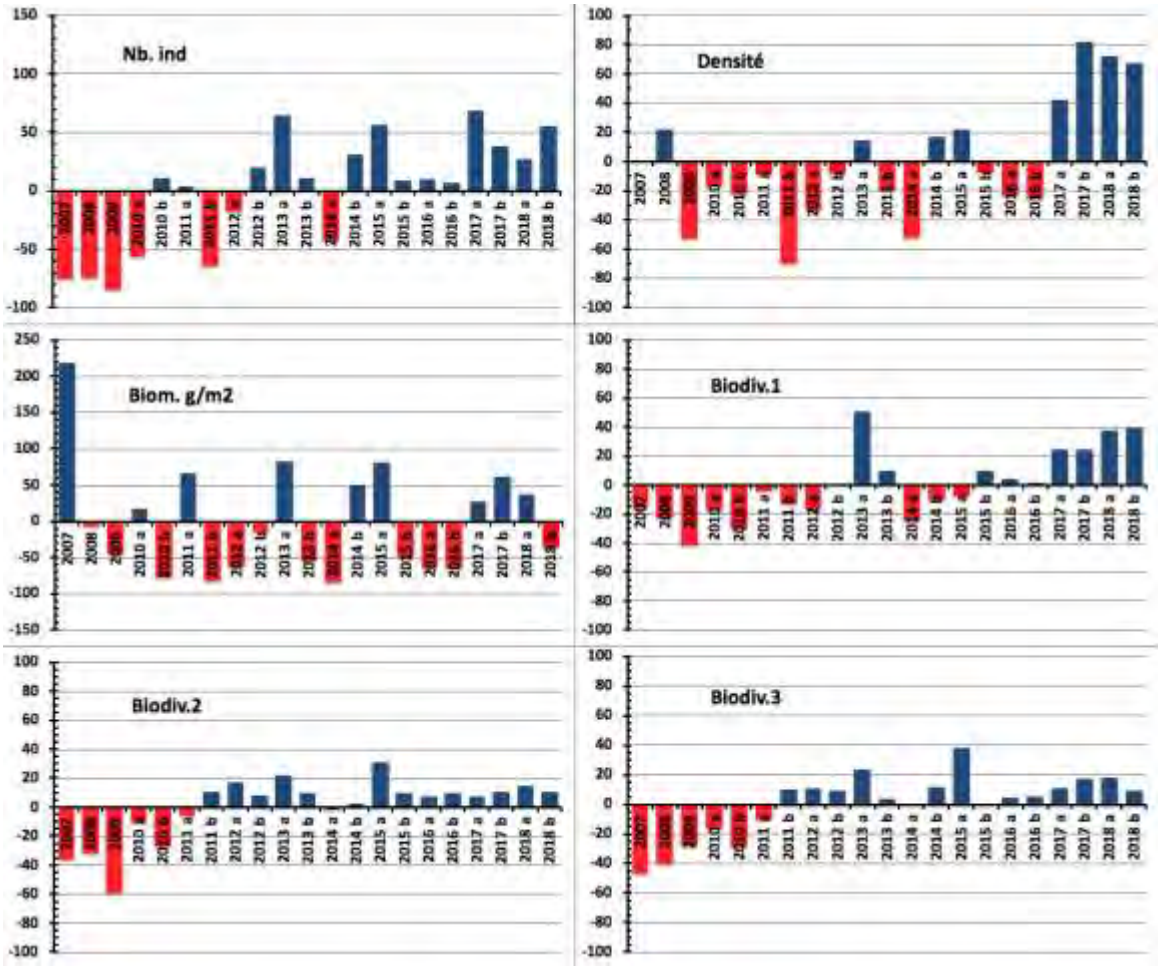


Figure n°43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

Localisation géographique	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. photographie 20) et qui subit les forts courants de marée, l'assaut des trains de houle et le ressac. Aucun abri n'est possible.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés aux profondeurs de 7, 17 et 22 mètres, avec une orientation du nord-est vers le sud-ouest.
	Ils se placent depuis la rupture du tombant récifal jusqu'à la pente sédimentaire (zone d'accumulation de débris et de roche). Cette pente est d'environ 40°.

Description générale

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

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

Caractéristiques principales

Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies. Cependant présence de colonie de taille métrique d'*Acropora* tabulaire en A et de *Porites massif* en C

Croissance importante des colonies d'*Acropora* tabulaire en A pour cette mission

Présence de *Blastomussa wellsi* en B

Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et blocs coralliens pour les autres transects B&C.

La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaires retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles) :

→ Couloirs d'effondrement de part et d'autre des transects

→ Bas de pente récifale (par gravité)

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

Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens

Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions)

Les crinoïdes également privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée

Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité)

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

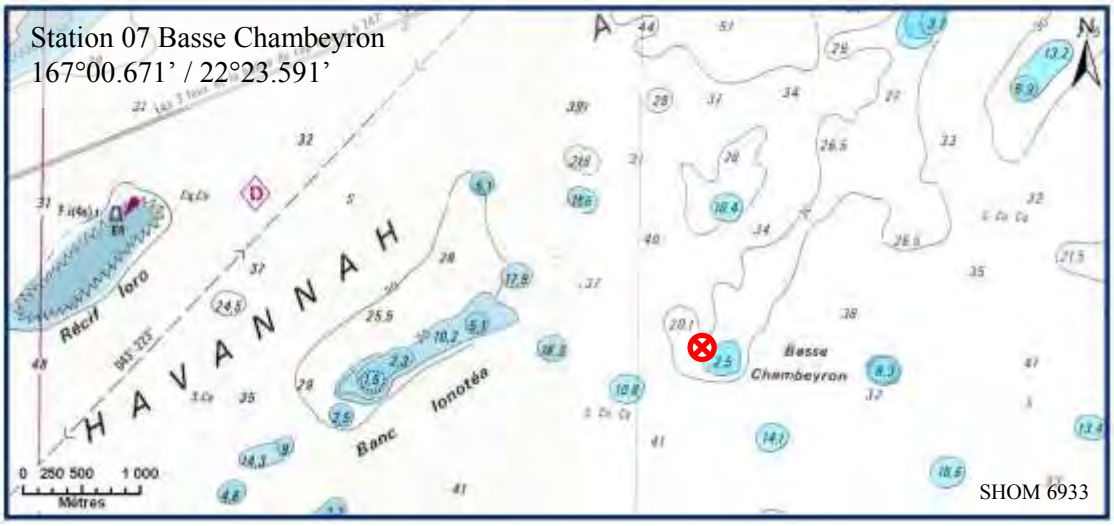
- Le recouvrement corallien est de 26.5% au transect A, 10% en B et 3.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.47% ; Avril 2016 : 0.67% ; Novembre 2016 : 0.03% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0.43% ; Mai 2018 : 0.5% ;* Novembre 2018 : 0%
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées en A & B sont mortes en place
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : présence aux 3 transects (niveau 2) : augmentation en A (niveau 0 à 2) et forte diminution en B & C

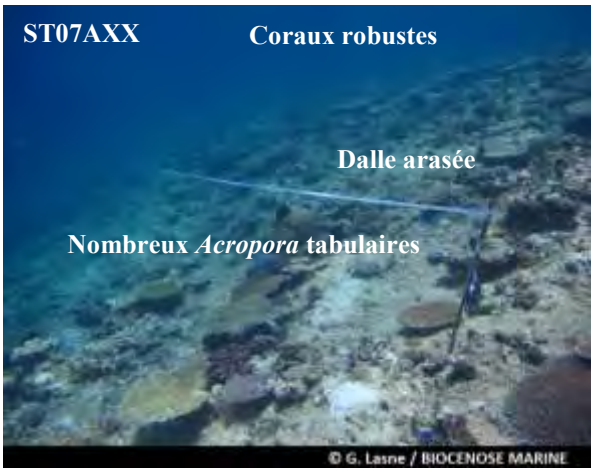
(respectivement niveau 3/5 à 2/2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les algues rouges (*Asparagopsis*)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes au fur et à mesure de leur dégradation (effondrement de débris)
- Algue brune *Lobophora* : absente
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement en augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/5/5)
- *Cliona orientalis* : diminution aux 3 transects (respectivement 3/4/3 à 2/3/2)
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus* : diminution en A & B (niveau2 à 0)



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

De nombreux débris et colonies coralliennes arrachés et remobilisés ont dévalé la pente

Le recouvrement en cyanobactéries à fortement diminué depuis la mission précédente

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

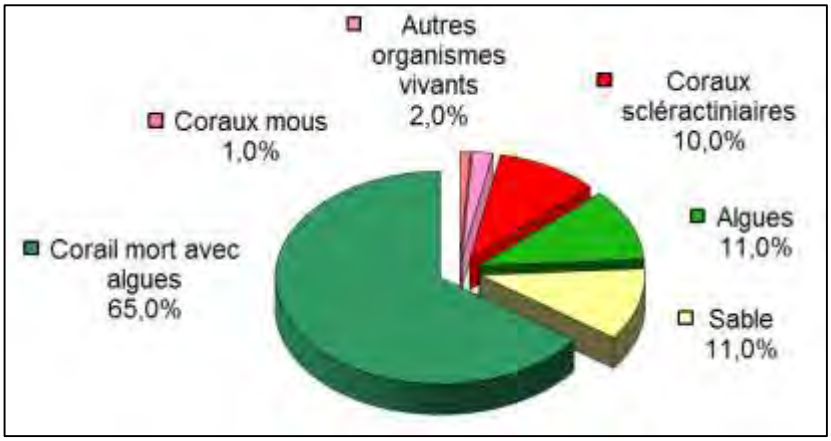


Figure n°45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B

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

Cette station a un substrat qui est très biotique (98%, puis 89% et 81.5%). Cela est dû en partie aux coraux morts - et aux débris, classés alors dans cette catégorie - recouverts d'algues et particulièrement d'algues calcaires encroûtantes, ainsi qu'aux algues en elles-mêmes.
Les coraux scléractiniaires sont moyennement représentés en A et faiblement en dessous (respectivement 26.5%, 10% et 3.5%).

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

La station est globalement stable.

4.7.2 Le benthos (ST07)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de :

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

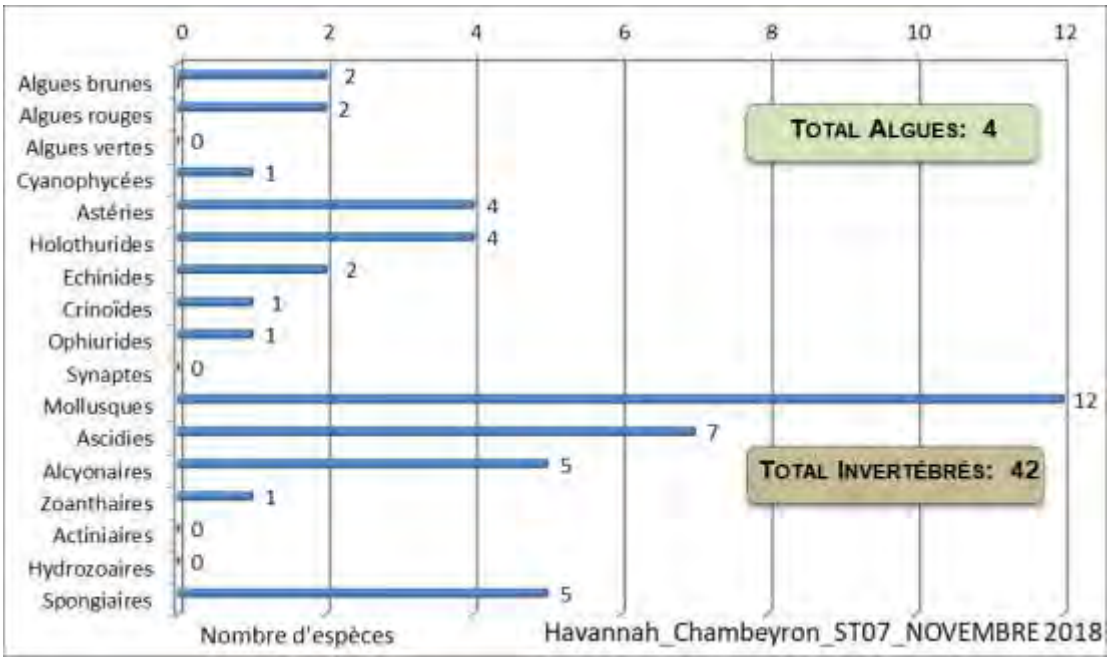


Figure n°47 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de :

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

Tableau n°57 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle sp de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A2).	☑
Echinodermes	

Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1).	☑
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Drupella cornus* (A0/-2), •*Astraea rhodostoma* (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Tridacna squamosa* (A1/- 1)
Eponges	
1 espèce d'éponges disparue : •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-1)	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona orientalis* (A2/- 1).
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de :

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

Tableau n°58 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2). Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A5/+ 3). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/- 1).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria atra* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	
7 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 sp) : •*Athrina* sp. (A0/-2), •*Pinna* sp. (A0/-1) ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Drupella cornus* (A0/-2), •*Lambis scorpius* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-3 espèce) : •*Halgerda* sp. (A0/-1), •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1), •*Reticulia halgerda* (A0/-1).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Hyotissa hyotis* (A1/- 1), •*Tridacna maxima* (A1/- 1).
Eponges	
Une nouvelle sp d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (noire) (A2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona orientalis*

2 espèces d'éponges disparues : •*Hamigera strongylata* (A0/-2), •*Dactylia delicata* (A0/-1).	(A3/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle sp d'ascidies recensée : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2) 2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	1 sp d'ascidies augmente : •*Polycarpa clavata* (A2/+1) Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de :

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

Tableau n°59 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST07C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2), •*Padina* sp. (A2) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A5). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/- 3).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A1). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-2).	☑
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A1) ; ➢ pour les holothurides (3 espèces) : •*Holothuria atra* (A2), •*Holothuria edulis* (A1), •*Holothuria fuscopunctata* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les ophiurides (-1 espèce) : •Ophiure ind. (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2/+ 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Lambis truncata* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Cheilidonura varians* (A1).	☑
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (noire) (A2).	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Hamigera strongylata* (A1/- 1), •*Cliona orientalis* (A2/- 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A1/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A2/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste des espèces observées[10] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 60.

Tableau n°60 : Données sur les poissons (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus mata*	20	0,20	19,65	10	0,08	8,19				10,00	0,09	9,28
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,03	1,04							1,00	0,01	0,35
Aca	*Naso lopezi*	150	1,07	228,17							50,00	0,36	76,06
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,03	0,67	1	0,02	0,33				1,00	0,02	0,33
Ant	*Pseudanthias pascalus*	20	0,33	1,44							6,67	0,11	0,48
Ant	*Pseudanthias pictilis*	5	0,08	0,36							1,67	0,03	0,12
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*				10	0,17	1,14	15	0,38	2,57	8,33	0,18	1,24
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*							20	0,50	3,43	6,67	0,17	1,14
Can	*Canthigaster valentini*							1	0,03	0,01	0,33	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon baronessa*				3	0,05	0,51				1,00	0,02	0,17
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,07	0,17							1,33	0,02	0,06
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,03	0,08				3	0,08	0,10	1,67	0,04	0,06
Cha	*Chaetodon lineolatus*	2	0,03	0,67							0,67	0,01	0,22
Cha	*Chaetodon pelewensis*	3	0,05	0,13							1,00	0,02	0,04
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,02	0,07							0,33	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon ulietensis*							2	0,05	0,22	0,67	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,02	0,17							0,33	0,01	0,06
Epi	*Epinephelus maculatus*				1	0,02	2,67				0,33	0,01	0,89
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,02	0,33							0,33	0,01	0,11
Epi	*Plectropomus leopardus*							2	0,03	32,00	0,67	0,01	10,67
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,02	2,29	1	0,01	5,49	0,67	0,01	2,59
Lab	*Cheilinus chlorourus*	2	0,03	0,67	2	0,03	2,73				1,33	0,02	1,13
Lab	*Coris gaimard*							1	0,03	0,36	0,33	0,01	0,12
Lab	*Gomphosus varius*	5	0,08	0,85							1,67	0,03	0,28
Lab	*Labroides dimidiatus*				5	0,08	0,36				1,67	0,03	0,12
Lab	*Thalassoma hardwicke*	6	0,10	0,69							2,00	0,03	0,23
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,13	1,37	7	0,12	1,19	10	0,25	2,56	8,33	0,17	1,71
Lab	*Thalassoma lutescens*	6	0,10	0,69							2,00	0,03	0,23
Let	*Gymnocranius grandoculis*							2	0,03	3,28	0,67	0,01	1,09
Lut	*Lutjanus bohar*							1	0,01	22,78	0,33	0,00	7,59
Mic	*Ptereleotris evides*							10	0,25	0,63	3,33	0,08	0,21
Mul	*Parupeneus barberinoides*				3	0,05	3,38				1,00	0,02	1,13
Mul	*Parupeneus ciliatus*							4	0,07	2,93	1,33	0,02	0,98
Mul	*Parupeneus indicus*							2	0,03	2,25	0,67	0,01	0,75
Mul	*Parupeneus multifasciatus*				5	0,08	9,72				1,67	0,03	3,24
Nem	*Scolopsis bilineatus*				4	0,07	1,77				1,33	0,02	0,59
Poc	*Centropyge bicolor*	4	0,07	0,29	2	0,03	0,08	3	0,08	0,19	3,00	0,06	0,19
Poc	*Centropyge bispinosa*	3	0,05	0,13	4	0,07	0,09	2	0,05	0,06	3,00	0,06	0,09
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,08							0,67	0,01	0,03
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,03	0,04	3	0,05	0,06	4	0,10	0,13	3,00	0,06	0,08
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,02	1,64	0,33	0,01	0,55
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*				1	0,02	1,37				0,33	0,01	0,46
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	5	0,08	0,21							1,67	0,03	0,07
Pom	*Chromis fumea*	10	0,17	0,21	20	0,33	0,43	20	0,50	0,64	16,67	0,33	0,43
Pom	*Chromis viridis*	25	0,42	0,23	20	0,33	0,18				15,00	0,25	0,14
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,17	0,09	5	0,08	0,05	5	0,13	0,16	6,67	0,13	0,10
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,25	0,14	20	0,33	0,18	10	0,25	0,32	15,00	0,28	0,21

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

Pom	*Neopomacentrus azysron*				10	0,17	0,09				3,33	0,06	0,03
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,05	0,06	3	0,05	0,13				2,00	0,03	0,06
Pom	*Stegastes aureus*	2	0,03	0,14	1	0,02	0,04				1,00	0,02	0,06
Sca	*Cetoscarus ocellatus*				3	0,05	21,95	1	0,01	6,75	1,33	0,02	9,57
Sca	*Chlorurus microrhinos*							2	0,03	21,44	0,67	0,01	7,15
Sca	*Chlorurus sordidus*	4	0,07	1,77	4	0,07	7,78				2,67	0,04	3,18
Sca	*Scarus chameleon*				2	0,03	5,33				0,67	0,01	1,78
Sca	*Scarus ghobban*				1	0,02	3,55				0,33	0,01	1,18
Sca	*Scarus longipinnis*				2	0,03	2,73				0,67	0,01	0,91
Sca	*Scarus schlegeli*	1	0,02	2,67				1	0,02	7,32	0,67	0,01	3,33
Total		**327**	**3,87**	**263,26**	**153**	**2,46**	**78,31**	**123**	**2,90**	**117,24**	**201,00**	**3,08**	**152,94**
Biodiversité		**31**			**28**			**24**			**57**		
Indice de Shannon =		4,456											
Equitabilité =		0,764											

Sur l'ensemble des transects de la station, 603 individus appartenant à 57 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.08 poissons/m² pour une biomasse de 152.94 g/m².
110 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 61).

Tableau n°61 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Plectropomus laevis*	Pin	*Parapercis millepunctata*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Epi	*Variola louti*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Fis	*Fistularia commersonii*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Naso brachycentron*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Naso tonganus*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Paracanthurus hepatus*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Chromis atripes*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Chromis leucura*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis viridis*
Ant	*Pseudanthias pictilis*	Lab	*Choerodon jordani*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus bankanensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma quinquevittatum*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Let	*Gymnocranius grandoculis*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Lut	*Paracaesio xanthura*	Sca	*Scarus ghobban*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sca	*Scarus longipinnis*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Mon	*Pervagor aspricaudus*	Sca	*Scarus niger*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus schlegeli*

Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Epinephelus merra*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Syn	*Synodus variegatus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 62 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 47.

Tableau n°62 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	4	7,60	10,00	19,00
Chaetodontidae	30	8	6,40	26,67	21,33
Epinephelinae	26	3	4,70	11,54	18,08
Labridae	97	8	7,90	8,25	8,14
Lethrinidae	16	1	0,40	6,25	2,50
Lutjanidae	22	1	0,80	4,55	3,64
Mullidae	14	4	1,60	28,57	11,43
Pomacanthidae	14	6	4,60	42,86	32,86
Pomacentridae	92	8	6,60	8,70	7,17
Scaridae	23	7	4,30	30,43	18,70
Siganidae	10	0	0,70	0,00	7,00
Autres	257	7	5,75	2,72	2,24
Khi2 obs		**9,0**		**43,8**	
Khi2 tab				**19,17**	

La structure spécifique par famille du peuplement de novembre 2018 diffère significativement de la moyenne des structures obtenue sur la période du suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, 6 observations de structures de peuplements sont similaires à la structure moyenne : 2009, 2010a, 2010b, 2013b, 2015a et 2017b.
Toutefois, globalement, toutes ces structures forment un ensemble significativement hétérogène (cf. tableau synoptique 118).

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 64 et la figure 49.

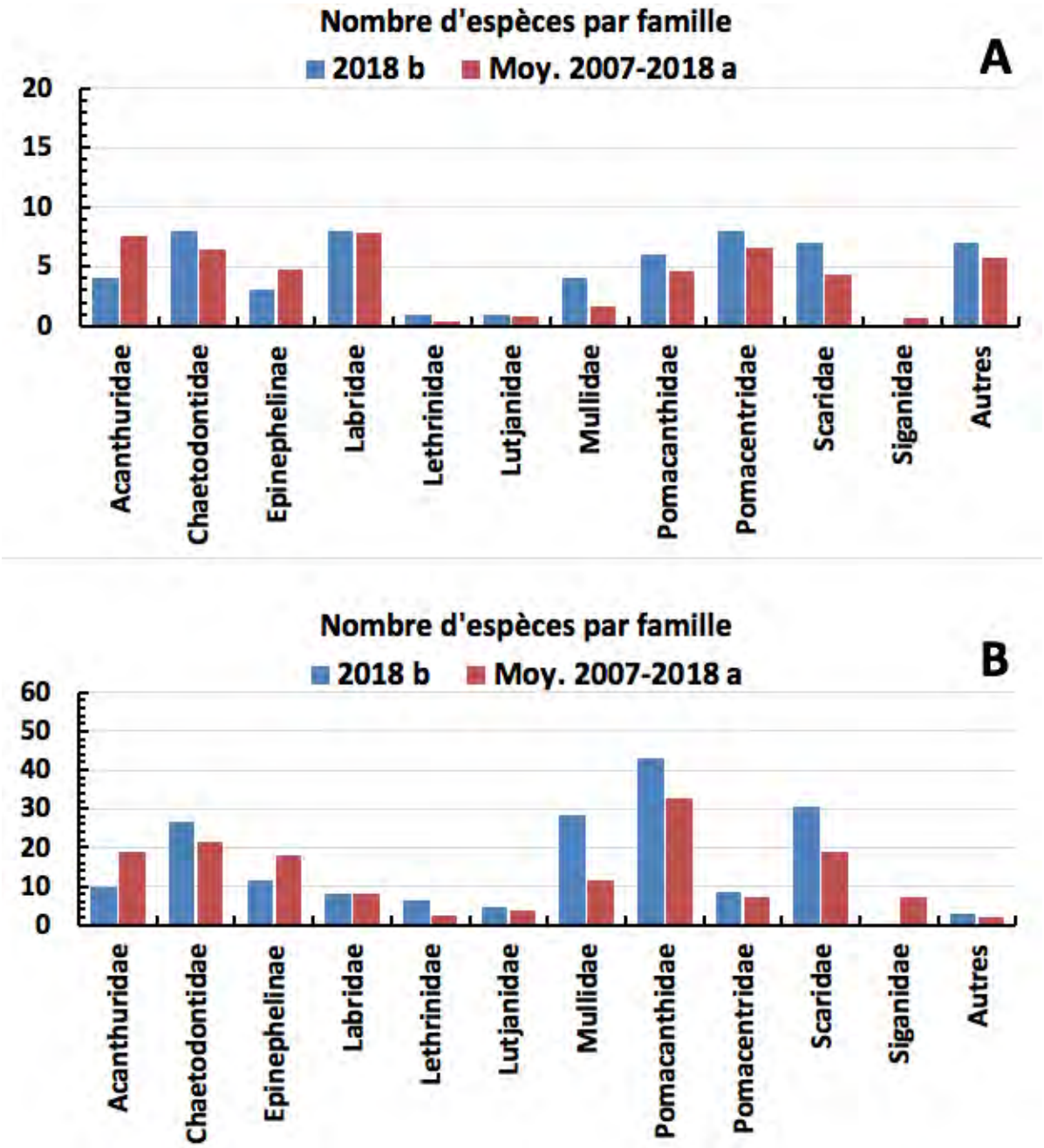


Figure n°48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 63 et représentation figure 50.

Tableau n°63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	6 488,89	0,72	47 608,60	135,53	252,85	239,61
Ecart type	80,55	0,85	218,19	11,64	15,90	15,48
Moyenne	183,12	2,36	252,14	51,67	68,95	104,29

Coef. de Var.	0,44	0,36	0,87	0,23	0,23	0,15

Tableau n°64 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	327	3,87	263,26	31		
	Transect B	153	2,46	78,31	28		
	Transect C	123	2,90	117,24	24		
	Moy. ABC	**201,00**	**3,08**	**152,94**	**57**	**79**	**110**
2018 a*	Moy. ABC	182,21	2,32	257,14	51	68	104
2017 b	Moy. ABC	175,33	2,00	181,46	68	87	121
2017 a	Moy. ABC	202,33	2,91	274,64	66	83	117
2016 b	Moy. ABC	237,67	3,61	281,78	60	83	115
2016 a	Moy. ABC	235,00	3,51	260,25	58	89	120
2015 b	Moy. ABC	337,00	3,65	439,38	66	83	111
2015 a	Moy. ABC	317,00	3,37	358,85	70	83	117
2014 b	Moy. ABC	249,67	3,21	829,04	64	76	114
2014 a	Moy. ABC	156,67	1,82	110,62	43	71	112
2013 b	Moy. ABC	246,33	2,27	207,72	52	63	101
2013 a	Moy. ABC	290,00	2,26	175,08	46	69	114
2012 b	Moy. ABC	120,33	1,24	179,16	53	73	102
2012 a	Moy. ABC	171,30	1,70	113,90	44	77	100
2011 b	Moy. ABC	89,67	1,05	71,29	43	55	91
2011 a	Moy. ABC	155,67	1,62	854,66	55	58	97
2010 b	Moy. ABC	178,00	1,79	103,51	38	61	86
2010 a	Moy. ABC	79,67	2,66	84,96	45	73	113
2009	Moy. ABC	51,00	0,91	57,40	29	30	106
2008	Moy. ABC	85,33	2,73	146,76	44	49	82
2007	Moy. ABC	84,00	1,78	155,24	33	38	56

*: moyenne

Commentaires :
- La densité est supérieure de la moyenne.
- La valeur de la biomasse plutôt faible est due à quelques Nasos (*N. lopezi*) et quelques saumonées.
- Les valeurs de biodiversité sont toujours importantes.

La structure des diversités spécifiques par familles du peuplement de cette mission diffère significativement de la moyenne des structures obtenue sur la période du suivi.

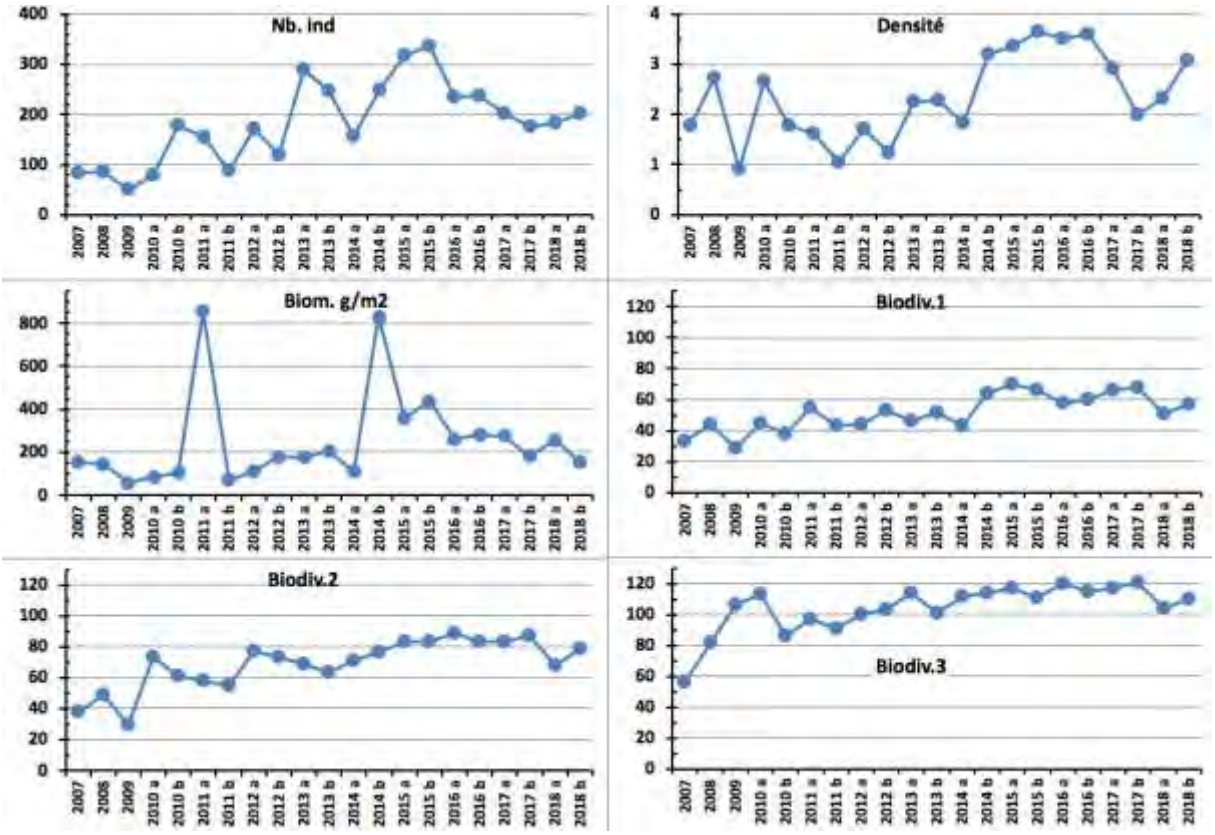


Figure n°49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

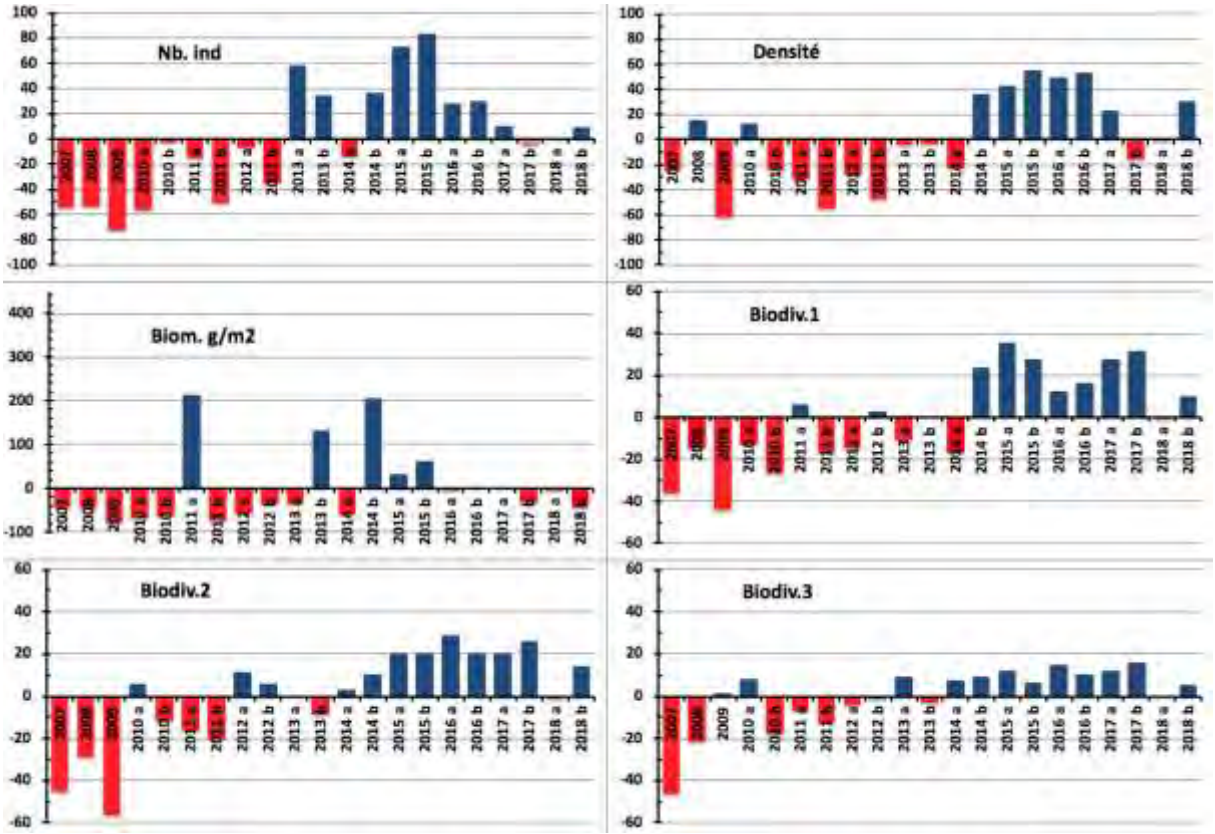


Figure n°50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

4.8 Station 08 = Pointe Puka

Localisation géographique	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tâche blanche (photographie 22).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente du récif frangeant à 9 et 12 mètres de profondeur dans un alignement du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A a été installé au pied de deux éperons et traverse un sillon. Le transect B est éloigné d'une cinquantaine de mètres vers le sud du 1er transect. Il est positionné sur la pente sédimentaire qui est composée de sable et de débris coralliens plus importants par rapport au transect supérieur (rupture de faciès). De grandes colonies de *Porites lobata* de taille pluri métrique permettent de repérer ce transect.

Description générale

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

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

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

Caractéristiques principales

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

- **Dégradations importantes depuis la mission de mars 2011 :**

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

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

coralliennes (source particulaire : baie Kwé)
La diversité corallienne n'est plus étudiée (dernier recensement novembre 2016). Il n'est plus possible d'évaluer les variations spécifiques dans les assemblages de ce groupe.

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

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 33% au transect A et 2.5% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ;* Novembre 2018 : 0 %
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées en A & B sont mortes en place

La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur quelques Fungiidae et colonies encroûtantes (A > B). En B, les anomalies de croissance de la colonie de *Porites* plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent très peu

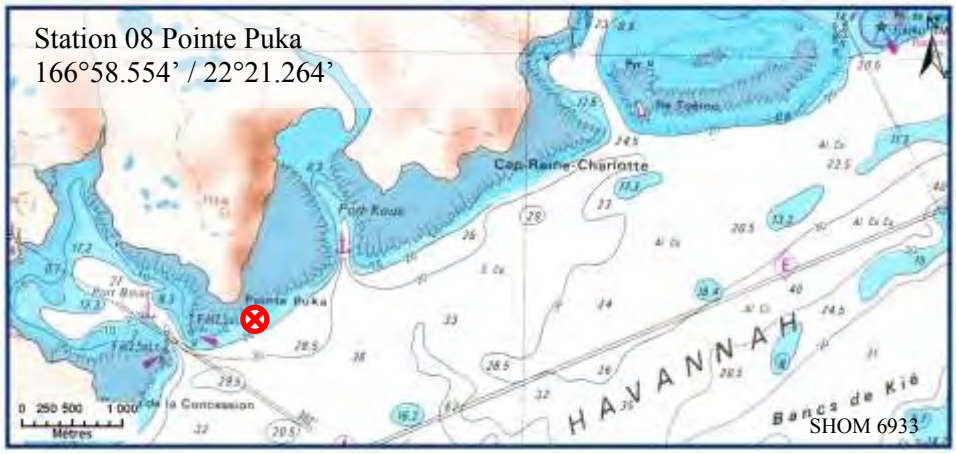
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Les nécroses sur les colonies coralliennes en B sont surtout induites par les dépôts sédimentaires successifs

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en stable en A (niveau 2) et en augmentation en B (niveau 2 à 3). Elles colonisent principalement les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens les débris coralliens et les algues rouges (*Asparagopsis*)
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : disparition en A & B (niveau 2 à 0)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation en A & B (niveau 2 à 4)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* diminution en A (niveau 3 à 2) et stable en B

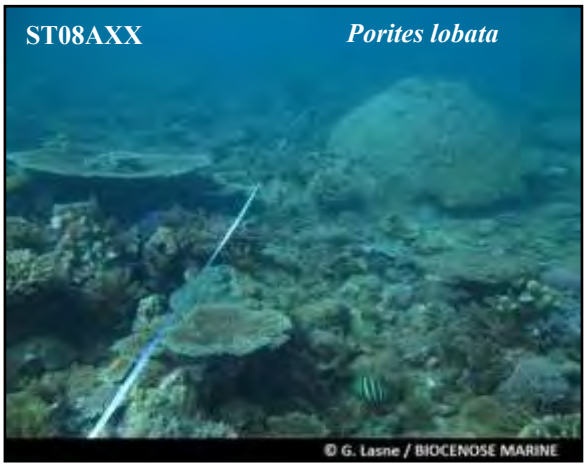
Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Disparition des *Drupella cornus* en A (niveau 1 à 0)



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

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



Le développement des cyanobactéries perdure depuis le début d'année 2017 et il n'y a plus de maladie de la bande blanche

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

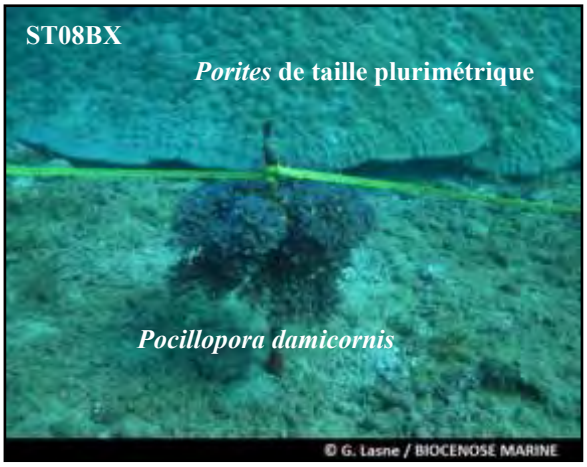


Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08)

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.

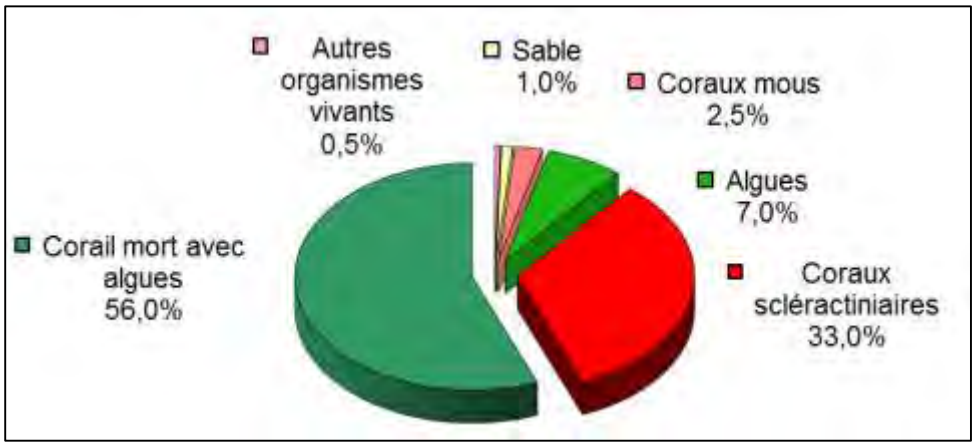


Figure n°51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A

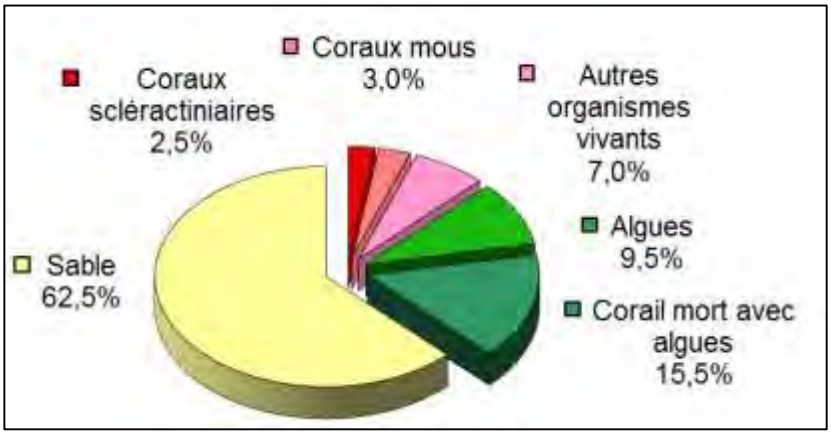


Figure n°52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (56%) avec **un taux de coraux scléractiniaires vivants en hausse** (33% *vs* 20.5%). Il présente pour cette mission 99% de recouvrement biotique.
A l'inverse, sur le transect B, c'est le sable sui domine (62.5%) ce qui fait que le substrat est majoritairement abiotique. Ce transect ne possède que 3% de coraux scléractiniaires.

A noter : 0.5% de cyanobactéries sous le transect B.

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 novembre 2018, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de :

- **43 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (4 taxons), echinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes** : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

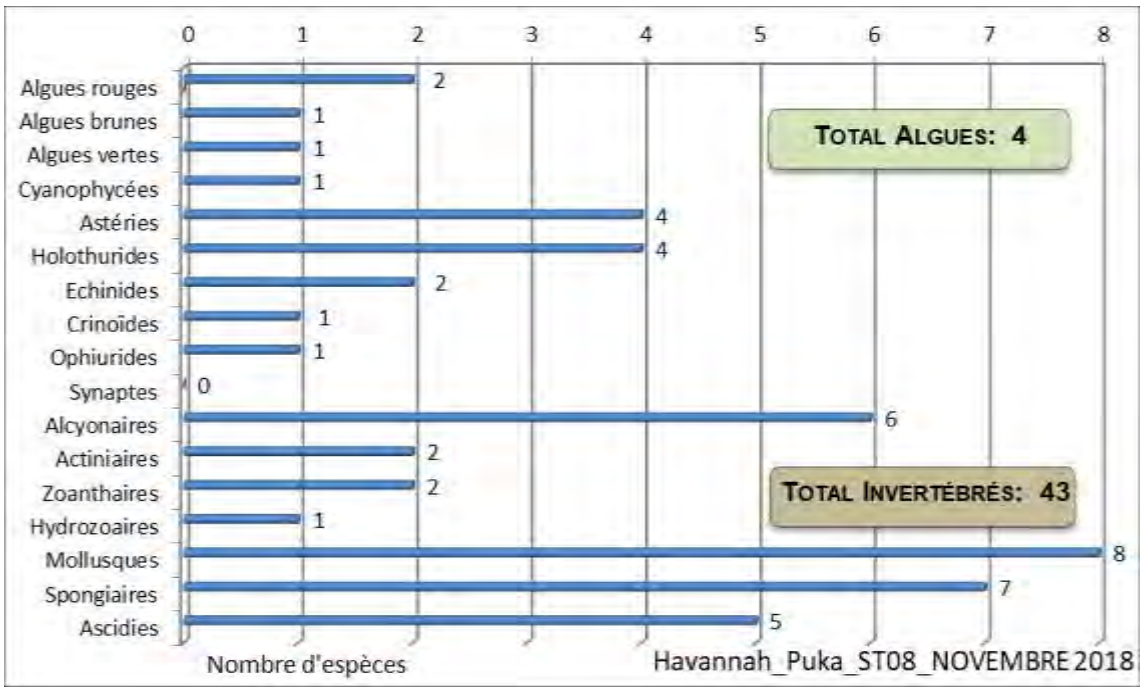


Figure n°53 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de :

- 36 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 : holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), echinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°65 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST08A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 3 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Lobophora variegata* (A0/-2), •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-0).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4/+ 2). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑

Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les actiniaires (-1 espèce) : •*Heteractis aurora* (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A2/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Bohadschia argus* (A1). 8 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-3 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Fromia indica* (A0/-2), •*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinometra mathaei* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-3 sp) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Holothuria flavomaculata* (A0/-1), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1) ➢ pour les ophiurides (-1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A0/-2)	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2/+ 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1) ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria fuscopunctata* (A2/+ 1) Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Lambis truncata* (A1). 5 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-3 espèce) : •*Drupella cornus* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1), •*Strombus sinuatus* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-2 espèce) : •*Cheilidonura inornata* (A0/-1), •*Risbecia tryoni* (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A2/- 1).
Eponges	
4 espèces d'éponges disparues : •*Hamigera strongylata* (A0/-2), •*Dactylia delicata* (A0/-1), •Spongiaires ind. (orange) (A0/-2), •*Clathria rugosa* (A0/-2).	4 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1), •*Cliona jullieni* (A2/- 1), •*Dysidea herbacea* (A1/- 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A2/- 1).
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa clavata* (A0/-1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de :

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

Tableau n°66 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST08B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4/+ 2). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A3/+ 1).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A2).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp.

Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	(A2/+ 1) ; ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les holothurides (-5 espèce) : •*Holothuria flavomaculata* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-2), •*Neothyonidium magnum* (A0/-1), •*Thelenota ananas* (A0/-1), •*Thelenota anax* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A1/- 1) ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pinna* sp. (A0/-1).	☑
Eponges	
3 espèces d'éponges disparues : •*Hamigera strongylata* (A0/-2), •*Cymbastella cantharella* (A0/-2), •Spongiaires ind. (orange) (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Clathria rugosa* (A1/- 1).
Ascidies	
4 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Polycarpa clavata* (A0/-1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste des espèces observées[11] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 67.

Tableau n°67 : 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	*Acanthurus blochii*				2	0,01	0,49	1,00	0,01	0,25
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,17				0,50	0,00	0,08
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	0,01	0,02				0,50	0,01	0,01
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,01	0,00	0,50	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon baronessa*	1	0,01	0,33				0,50	0,01	0,17
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,49				1,00	0,02	0,24
Cha	*Chaetodon flavirostris*				2	0,02	0,33	1,00	0,01	0,17
Cha	*Chaetodon melannotus*	1	0,01	0,09				0,50	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,03	0,14				1,00	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,05	0,22				1,50	0,03	0,11
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,06				0,50	0,00	0,03
Cha	*Heniochus acuminatus*				1	0,01	0,29	0,50	0,00	0,14
Cha	*Heniochus monoceros*				1	0,01	0,27	0,50	0,00	0,14
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	7,11	0,50	0,00	3,56
Gob	*Amblygobius phalaena*				4	0,20	0,26	2,00	0,10	0,13
Lab	*Bodianus loxozonus*	1	0,01	1,46	1	0,03	0,86	1,00	0,02	1,16
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,01	2,93	0,50	0,00	1,46
Lab	*Labroides dimidiatus*				2	0,03	0,03	1,00	0,01	0,02
Lab	*Thalassoma lunare*				5	0,13	1,28	2,50	0,06	0,64
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,08	0,19	2	0,03	0,04	2,50	0,05	0,12
Poc	*Centropyge tibicen*	4	0,10	0,25	2	0,03	0,03	3,00	0,06	0,14
Pom	*Amphiprion chrysopterus*				5	0,13	0,31	2,50	0,06	0,16
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,08	0,04	4	0,07	0,04	3,50	0,07	0,04
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,25	0,14	10	0,17	0,09	10,00	0,21	0,11
Pom	*Dascyllus aruanus*				15	0,75	0,41	7,50	0,38	0,20
Pom	*Dascyllus reticulatus*				15	0,75	0,41	7,50	0,38	0,20
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				8	0,40	0,51	4,00	0,20	0,26
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,10	0,13				2,00	0,05	0,06
Sca	*Scarus schlegeli*				1	0,01	1,52	0,50	0,00	0,76
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,03	1,15				1,00	0,02	0,58
Total		**39**	**0,82**	**4,86**	**83**	**2,77**	**17,22**	**61,00**	**1,79**	**11,04**
Biodiversité		**15**			**20**			**30**		
Indice de Shannon =		4,206								
Equitabilité =		0,857								

Sur l'ensemble des transects de la station, 122 individus appartenant à 30 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.79 poissons/m² pour une biomasse de 11.04 g/m².
105 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 68).

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

Tableau n°68 : Liste des espèces complémentaires (ST08)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Gob	*Amblygobius phalaena*	Mul	*Parupeneus indicus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Hae	*Plectorhinchus lineatus*	Pem	*Pempheris oualensis*
Aca	*Naso lituratus*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Pin	*Parapercis cylindrica*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Anampses melanurus*	Pin	*Parapercis xanthozona*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Ple	*Assessor macneilli*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Bodianus diana*	Poc	*Centropyge tibicen*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cae	*Pterocaesio tile*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Let	*Gymnocranius euanus*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus psittacus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lut	*Lutjanus gibbus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus vitta*	Sig	*Siganus doliatus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mon	*Cantherhines pardalis*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus polyphekadion*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Tet	*Arothron mappa*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Zan	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 69 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 54.

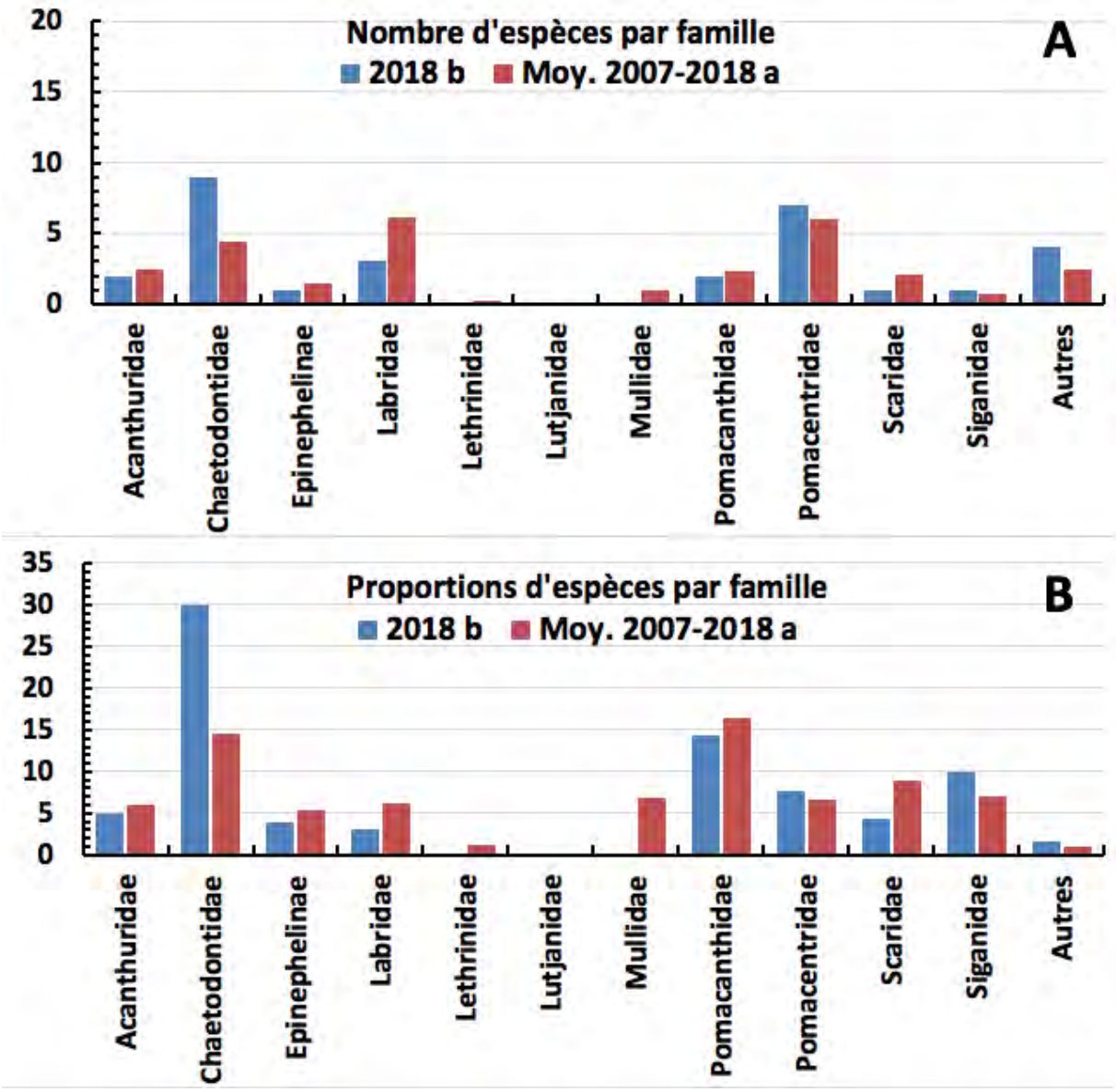


Figure n°54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau n°69 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	**2**	2,40	5,00	6,00
Chaetodontidae	30	**9**	4,35	30,00	14,50
Epinephelinae	26	**1**	1,40	3,85	5,38
Labridae	97	**3**	6,10	3,09	6,29
Lethrinidae	16	**0**	0,20	0,00	1,25
Lutjanidae	0	**0**	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	**0**	0,95	0,00	6,79

Pomacanthidae	14	**2**	2,30	14,29	16,43
Pomacentridae	92	**7**	6,05	7,61	6,58
Scaridae	23	**1**	2,05	4,35	8,91
Siganidae	10	**1**	0,70	10,00	7,00
Autres	257	4	2,50	1,56	0,97
Khi2 obs		**9,2**		**31,4**	
Khi2 tab				**18,3**	

Sous l'angle de vue des proportions, la structure de novembre 2018 diffère significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, 7 structures de peuplements sont similaires à la structure moyenne établie sur la série. Ce sont : 2009, 2010a, 2012a et b, 2014b, 2016a et b.
Toutefois, globalement, et toujours sous l'angle de vue de leur structure, toutes ces structures forment un ensemble très significativement hétérogène (cf. tableau synoptique 118).

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 55.

Tableau n°70 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08)

Puka ST08		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	39	0,82	4,86	15		
	Transect B	83	2,77	17,22	20		
	Moy. ABC	**61,00**	**1,79**	**11,04**	**30**	**80**	**105**
2018 a	Moy. ABC	93,00	2,16	56,60	39	70	102
2017 b	Moy. ABC	40,00	0,78	9,98	31	74	104
2017 a	Moy. ABC	61,00	1,15	56,92	31	64	88
2016 b	Moy. ABC	89,00	1,68	10,14	30	69	92
2016 a	Moy. ABC	82,00	0,94	12,41	33	71	98
2015 b	Moy. ABC	99,00	0,99	20,37	31	60	79
2015 a	Moy. ABC	109,00	1,17	27,59	38	70	101
2014 b	Moy. ABC	71,50	1,40	135,16	29	72	103
2014 a	Moy. ABC	58,00	0,47	9,29	26	58	95
2013 b	Moy. ABC	47,50	0,64	12,87	28	42	61
2013 a	Moy. ABC	78,50	0,68	27,28	26	48	76
2012 b	Moy. ABC	50,50	0,63	7,00	23	49	77
2012 a	Moy. ABC	77,00	0,70	4,93	26	64	98
2011 b	Moy. ABC	85,00	1,30	39,80	33	62	101
2011 a	Moy. ABC	87,50	0,68	28,37	26	48	76
2010 b	Moy. ABC	31	0,46	11,73	15	32	41

2010 a	Moy. ABC	91,50	3,05	57,64	29	51	80
2009	Moy. ABC	55,00	3,50	53,22	28	48	66
2008	Moy. ABC	45,00	1,84	87,54	30	41	68
2007	Moy. ABC	64,50	2,32	67,39	28	31	44

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 71 et représentation figure 56.

Tableau n°71 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	450,24	0,71	1086,50	26,15	200,25	372,06
Ecart type	21,22	0,84	32,96	5,11	14,15	19,29
Moyenne	70,31	1,35	35,58	29,05	57,38	83,52
Coef. de Var.	0,30	0,63	0,93	0,18	0,25	0,23

Commentaires :
- Les paramètres « nombre d'individus » et « densité » ont des valeurs moyennes ;
- Le paramètre de biomasse est très faible ;

Bien que…
Les paramètres de biodiversité présentent des valeurs fortes, nottament la biodiversité 3.

Le peuplement sur les transects est composé de nombreux juvéniles.
Acanthurus reversus dans le massif de *Porites lobata* n'a pas été revu, ni *Epinephelus lanceolatus* (Loche carite).

La structure du peuplement sur les transects est fluctuante d'une mission à une autre.
Les espèces nomades induisent des changements naturels dans la Bα d'une station, mais ceci est particulièrement amplifié par la topographie du fond faite d'imposants massifs.

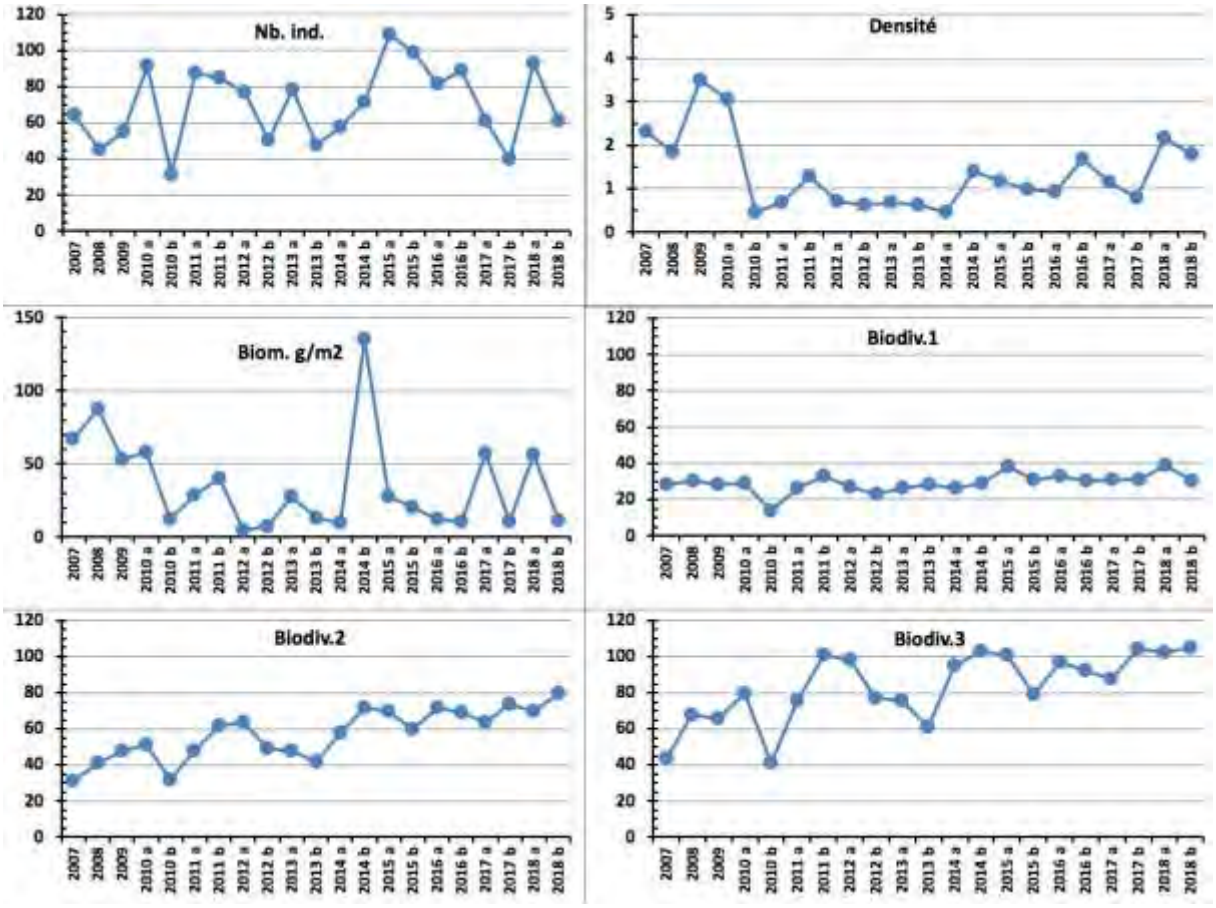


Figure n°55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

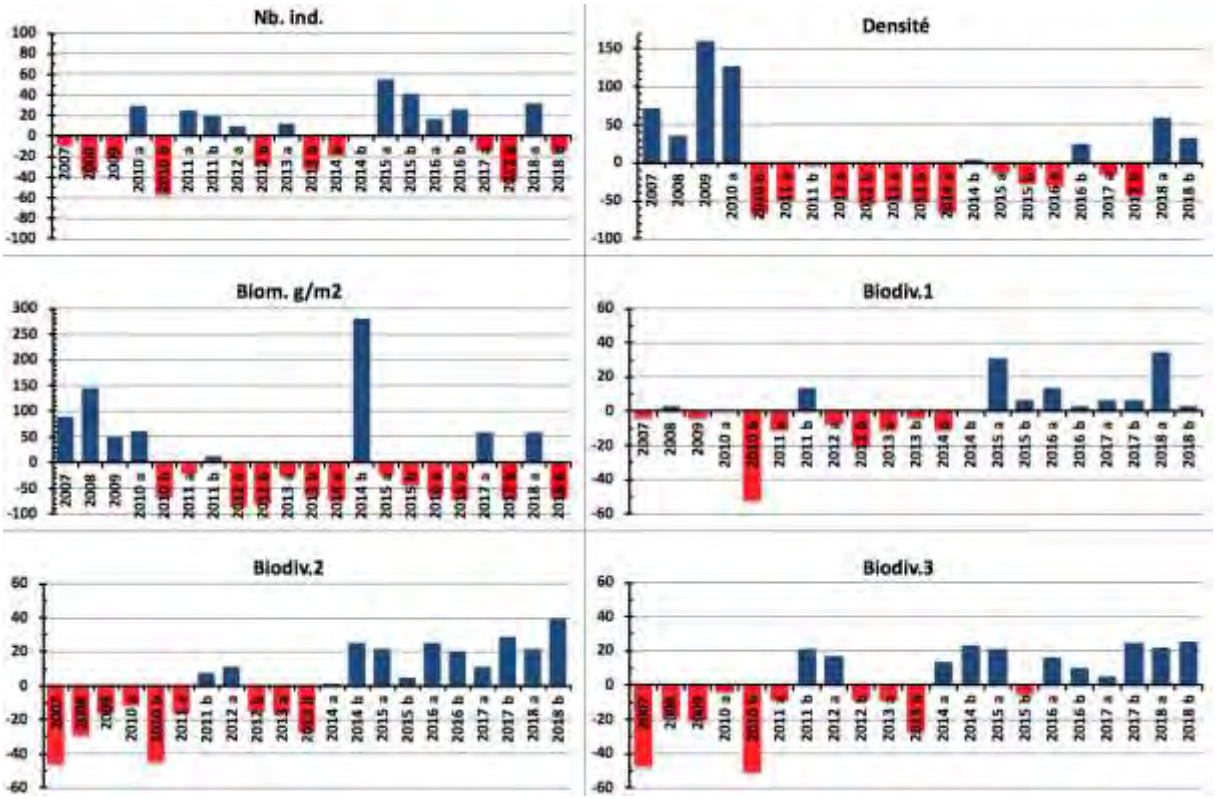


Figure n°56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

4.9 Station 09 = Bancs Kié

Localisation géographique	Les bancs Kié sont isolés dans la partie centrale du canal de la Havannah. La station est située au sud du banc le plus ouest, qui est totalement immergé (cf. photographie 24).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à partir de la rupture de pente du récif à 7, 17 et 20 mètres de profondeur, avec une direction quasi sud-nord.
	Le transect A est installé au pied d'un petit éperon et se termine au milieu d'un sillon. Au niveau du transect B les courants de marée sont encore conséquents mais le ressac n'a plus d'influence à cette profondeur. Le transect C est situé en bas de pente.

Description générale

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

Caractéristiques principales

Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle)
Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) :
- Développement des gorgones depuis avril 2016
- Développement des alcyonaires, macrophytes et ascidies (recouvrement et richesse spécifique élevée)
- Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)*

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

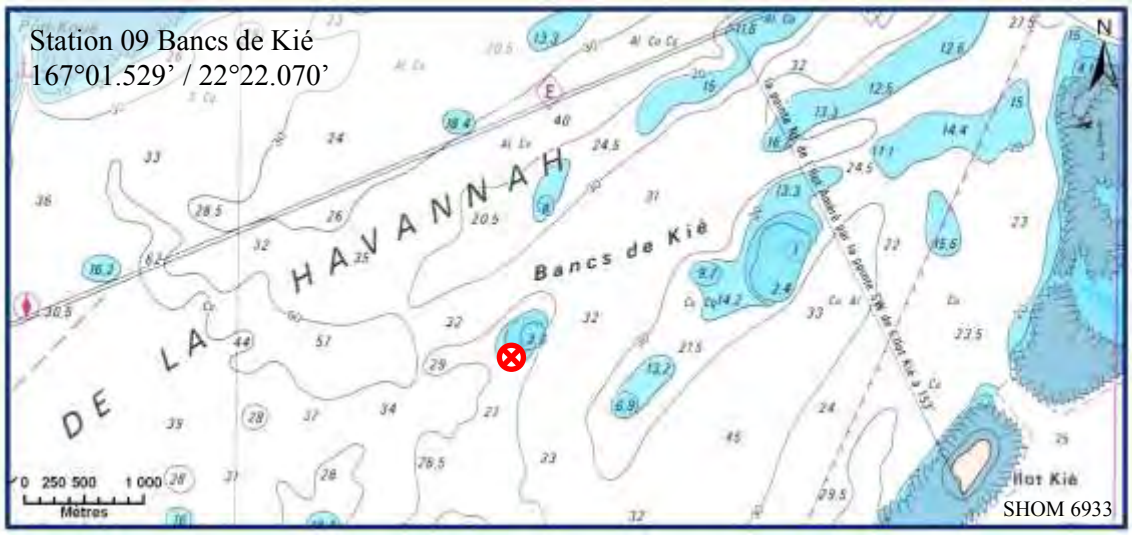
Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :
- Le recouvrement corallien est de 22% au transect A, 17% en B et 18.5 % en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1% ; Septembre 2017 : 0.2% ; Mai 2018 : 0.63% ;* Novembre 2018 : 0.63%
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche est recensée en A & B (respectivement 0.6m² et 0.9m²). Elle affecte les colonies d'*Acropora* tabulaires. Le blanchissement en C est induit par les *Drupella cornus* (0.4m²)
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018)

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : absentes aux 3 transects
- Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle

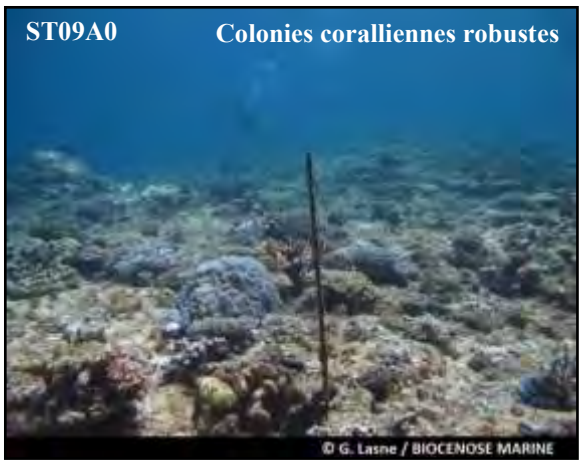
- Algue brune *Lobophora* : absente
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 2 à 2/3/4)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Présence de *Drupella cornus* en C (niveau 2)



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
Forte diminution de couverture de *Dictyosphaeria verluysii* (algues verte robuste et habituellement pérenne)

La partie médiane du récif a subi des effondrements de débris et de colonies plus en amont

Les macrophytes sont diversifiées et abondantes (B & C)

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

4.9.1 Le substrat (ST09)

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

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

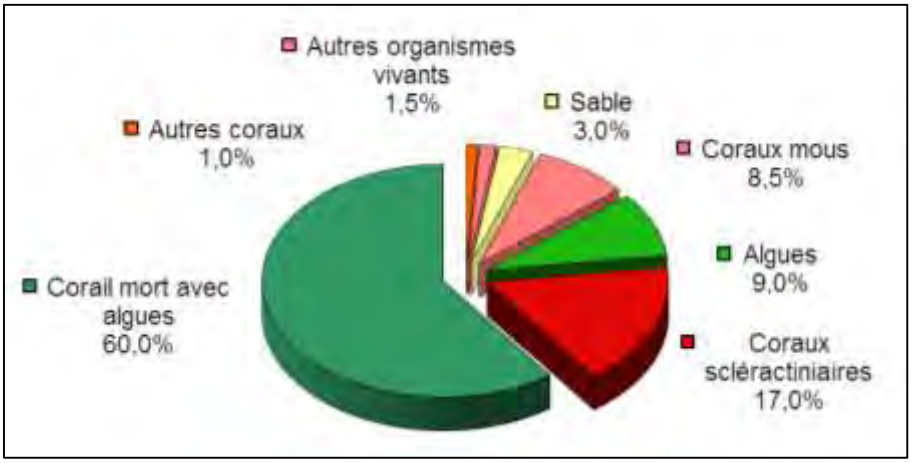


Figure n°58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

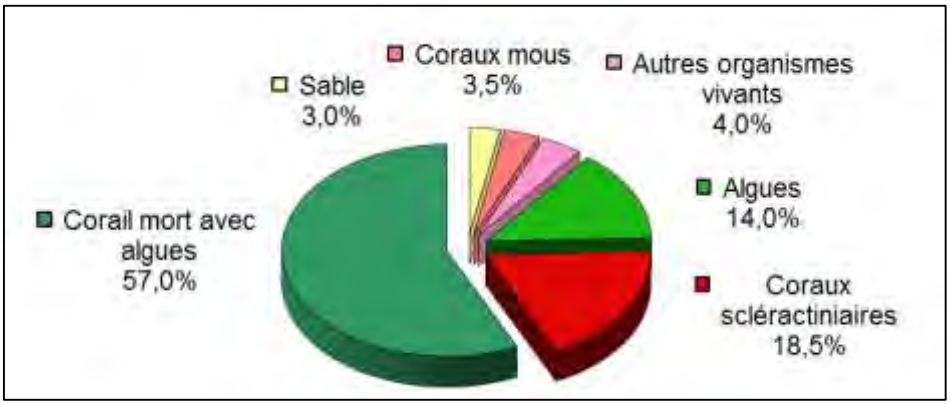


Figure n°59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts (respectivement 55.5%, 60%, 57%) encroûtés par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 100%, 97% et 97%, le complément étant surtout du fait des algues.
Les coraux scléractiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 22%, 17% et 18.5%.

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 novembre 2018, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de :

- **62 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 16 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), echinides (5 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- **23 espèces de macrophytes :** algues vertes (13 taxons), algues rouges (7 taxons), algues brunes (3 taxons)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

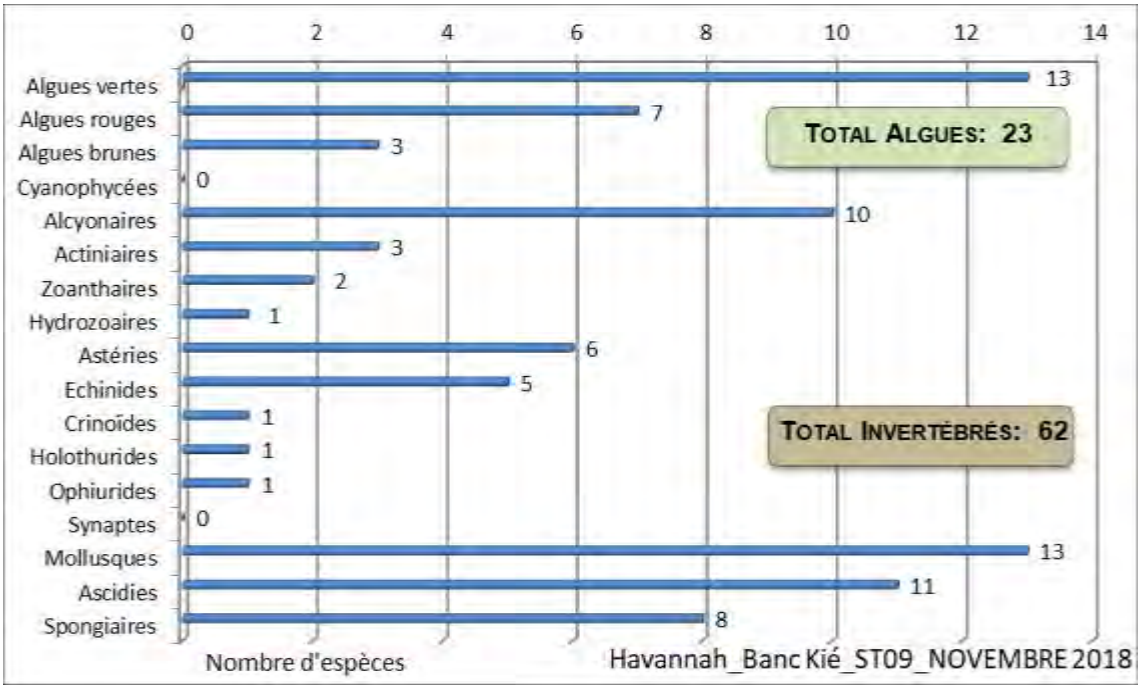


Figure n°60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de :

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

Tableau n°72 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 6 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Galaxaura* sp. (A0/-2) ; et 4 espèces d'algues vertes : •*Bornetella oligospora* (A0/-2), •*Halimeda* sp. (-2spp., A0/-2), •*Ventricaria ventricosa* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : •*Dictyosphaeria verluysii* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑

Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A0/-2).	☑
Echinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-3 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Linckia laevigata* (A0/-1), •*Linckia multifora* (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A1/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinometra mathaei* (A1/- 1)
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-4 espèce) : •*Conus miles* (A0/-1), •*Conus virgo* (A0/-1), •*Coralliophila violacea* (A0/-2), •*Astraea rhodostoma* (A0/-2).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Spondylus* sp. (A1/- 1), •*Tridacna crocea* (A1/- 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	☑
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Citorclinum laboutei* (A0/-1), •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	3 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Encroutante violetblanc* (A2/- 1), •*Polycarpa aurita* (A3/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/- 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de :

- 58 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), echinides (5 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- 21 espèces de macrophytes : algues vertes (13 taxons), algues rouges (7 taxons), algues brunes (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°73 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Gibsmithia hawaiiensis* (A1), •*Plocamium armatum* (A2) ; et l'algue verte : •*Caulerpa serrulata* (A2) ; 2 sp d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Neurymenia fraxinifolia* (A0/-2) ; l'algue verte : •*Avrainvillea obscura* (A0/-1)	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1) ; l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A3/+ 1). Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : •*Codium platyclados* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les actiniaires (-1) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A0/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Parasalenia gratiosa* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-3 espèce) : •*Actinopyga miliaris* (A0/-1), •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A1/- 1), •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	

2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pinna* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis chiragra* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna maxima* (A2/+ 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dactylia delicata* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Citorclinum laboutei* (A0/-1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+ 1), *Didemnum* sp. (blanche) (A3/+ 1). 5 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Encroutante verte* (A2/- 1), •*Encroutante violetblanc* (A2/- 1), •*Polycarpa clavata* (A1/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A4/- 1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de :

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

Tableau n°74 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST09C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Gibsmithia hawaiiensis* (A1), •*Plocamium armatum* (A2) ; et l'algue verte : •*Caulerpa serrulata* (A2) ;.- 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Neurymenia fraxinifolia* (A0/-2) ; l'algue verte : •*Avrainvillea obscura* (A0/-1)	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1) ; et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A3/+ 1). Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : •*Codium platyclados* (A2/- 1)
Cyanobactéries	
Une sp de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les actiniaires (-1) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A0/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Parasalenia gratiosa* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-3 sp) : •*Actinopyga miliaris* (A0/-1), •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A1/- 1), •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pinna* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis chiragra* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna maxima* (A2/+ 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dactylia delicata* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind.

	(noire) (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Citorclinum laboutei* (A0/-1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+ 1), •*Didemnum* sp. (blanche) (A3/+ 1). 5 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Encroutante verte* (A2/- 1), •*Encroutante violetblanc* (A2/- 1), •*Polycarpa clavata* (A1/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A4/- 1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste des espèces observées[12] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 75.

Tableau n°75 : Données sur les poissons (ST09)

Banc Kié ST09		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*							2	0,02	1,10	0,67	0,01	0,37
Aca	*Acanthurus olivaceus*							1	0,01	0,43	0,33	0,00	0,14
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*				2	0,03	0,86				0,67	0,01	0,29
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,03	0,50	1	0,01	0,43	2	0,03	0,67	1,67	0,02	0,53
Aca	*Naso unicornis*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Aca	*Zebrasoma scopas*				3	0,04	0,75				1,00	0,01	0,25
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,01	0,69				0,33	0,00	0,23
Ant	*Pseudanthias cooperi*	20	0,25	0,63							6,67	0,08	0,21
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*							10	0,13	0,31	3,33	0,04	0,10
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	35	0,44	1,09	10	0,13	2,50	15	0,19	0,47	20,00	0,25	1,35
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	25	0,31	0,78							8,33	0,10	0,26
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,01	0,03				0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon auriga*							1	0,01	0,13	0,33	0,00	0,04
Cha	*Chaetodon citrinellus*				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,03	0,06				2	0,03	0,11	1,33	0,02	0,06
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Cha	*Chaetodon melannotus*	2	0,03	0,11							0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	0,03	0,01				2	0,03	0,17	1,33	0,02	0,06
Cha	*Chaetodon trifascialis*				1	0,01	0,05				0,33	0,00	0,02
Cha	*Chaetodon vagabundus*				1	0,01	0,13				0,33	0,00	0,04
Epi	*Cephalopholis argus*				1	0,01	0,25				0,33	0,00	0,08
Epi	*Cephalopholis boenak*	1	0,01	0,02							0,33	0,00	0,01
Epi	*Cephalopholis miniata*				1	0,01	0,84				0,33	0,00	0,28
Epi	*Cephalopholis urodeta*	1	0,01	0,25	2	0,03	1,37				1,00	0,01	0,54
Lab	*Bodianus perditio*	1	0,01	0,25				1	0,01	0,84	0,67	0,01	0,36
Lab	*Cheilinus chlorourus*	2	0,03	0,67	1	0,01	0,43				1,00	0,01	0,37
Lab	*Coris gaimard*							1	0,01	0,25	0,33	0,00	0,08
Lab	*Gomphosus varius*	4	0,05	0,51							1,33	0,02	0,17
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,06	0,43							1,67	0,02	0,14
Lab	*Thalassoma lunare*	6	0,08	0,51	5	0,06	0,64	4	0,05	0,51	5,00	0,06	0,56
Lab	*Thalassoma lutescens*	3	0,04	0,26	4	0,05	0,51	4	0,05	0,34	3,67	0,05	0,37
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,04	0,75	3	0,04	0,75	3	0,04	1,30	3,00	0,04	0,93
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,06	2	0,03	0,06	2	0,03	0,11	2,00	0,03	0,08
Poc	*Centropyge bispinosa*	3	0,04	0,05	1	0,01	0,02	2	0,03	0,06	2,00	0,03	0,04
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,06				2	0,03	0,11	1,33	0,02	0,06
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,03	0,03	2	0,03	0,03	3	0,04	0,05	2,33	0,03	0,04
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	2	0,03	0,06	5	0,06	0,16				2,33	0,03	0,07
Pom	*Amphiprion clarkii*	3	0,04	0,09							1,00	0,01	0,03
Pom	*Chromis fumea*				25	0,31	0,17	10	0,10	0,13	11,67	0,14	0,10
Pom	*Chrysiptera rollandi*				6	0,08	0,04				2,00	0,03	0,01
Pom	*Chrysiptera taupou*	15	0,19	0,24	20	0,25	0,14	10	0,13	0,16	15,00	0,19	0,18
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,25	0,14	25	0,31	0,17	15	0,19	0,24	20,00	0,25	0,18
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				10	0,13	0,31	10	0,13	0,54	6,67	0,08	0,28
Pom	*Neopomacentrus azysron*				30	0,38	0,20				10,00	0,13	0,07
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,04	0,75	3	0,04	1,00	5	0,06	1,66	3,67	0,05	1,14
Sca	*Scarus forsteni*	2	0,03	0,67	1	0,01	0,55				1,00	0,01	0,40
Sca	*Scarus psittacus*	1	0,01	1,46							0,33	0,00	0,49
Sca	*Scarus spinus*	2	0,03	2,92							0,67	0,01	0,97

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

Sig	*Siganus punctatus*	2	0,03	2,46							0,67	0,01	0,82
Total		**176**	**2,20**	**16,44**	**169**	**2,11**	**13,15**	**108**	**1,32**	**11,69**	**151,00**	**1,88**	**13,76**
Biodiversité		**32**			**28**			**23**			**51**		
Indice de Shannon =		4,525											
Equitabilité =		0,798											

Sur l'ensemble des transects de la station, 453 individus appartenant à 51 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.88 poissons/m² pour une biomasse de 13.76 g/m².
121 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 76).

Tableau n°76 : Liste des espèces complémentaires (ST09)

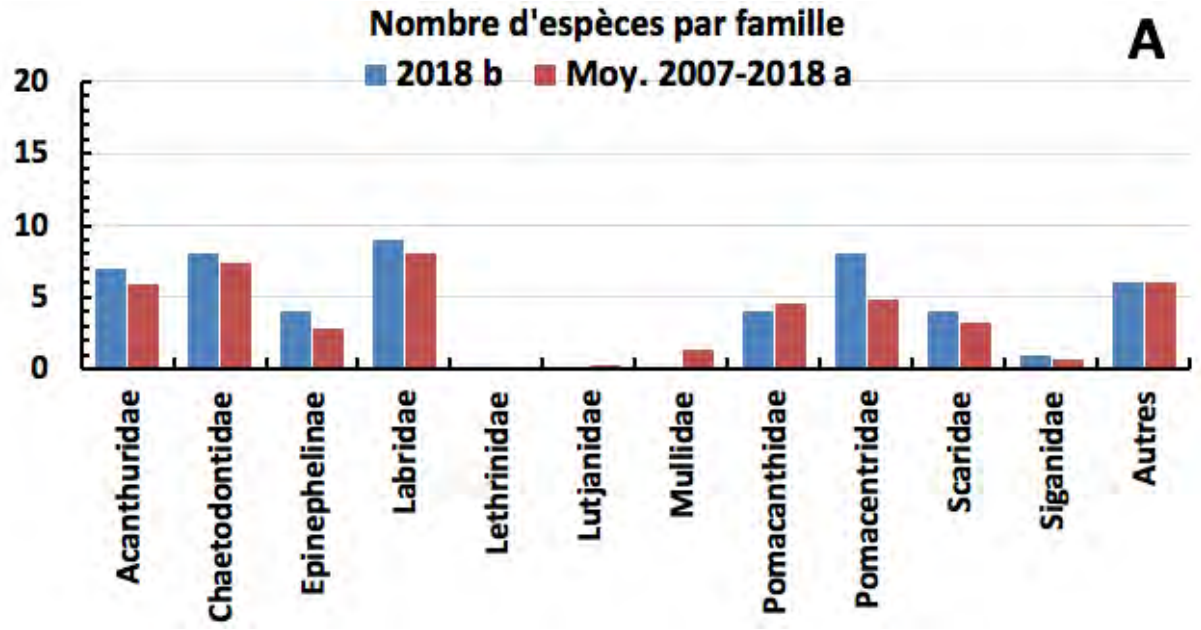
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Cephalopholis argus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Epi	*Cephalopholis miniata*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Epi	*Cephalopholis urodeta*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Variola louti*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Aca	*Naso unicornis*	Fis	*Fistularia commersonii*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pom	*Chromis agilis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses melanurus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus philippinus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mic	*Nemateleotris magnifica*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sca	*Scarus psittacus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Cyprinocirrhites polyactis*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus spinus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus fuscescens*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus punctatus*
Cir	*Cyprinocirrhites polyactis*	Pin	*Parapercis flavissimus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sca	*Scarus spinus*
Epi	*Cephalopholis argus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Centropyge flavissima*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Epinephelus fasciatus*	Poc	*Pomacanthus imperator*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Variola louti*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 77 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 61.

Tableau n°77 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST09)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	7	5,85	17,50	14,63
Chaetodontidae	30	8	7,45	26,67	24,83
Epinephelinae	26	4	2,80	15,38	10,77
Labridae	97	9	8,00	9,28	8,25
Lethrinidae	16	0	0,05	0,00	0,31
Lutjanidae	22	0	0,30	0,00	1,36
Mullidae	14	0	1,35	0,00	9,64
Pomacanthidae	14	4	4,55	28,57	32,50
Pomacentridae	92	8	4,85	8,70	5,27
Scaridae	23	4	3,20	17,39	13,91
Siganidae	10	1	0,70	10,00	7,00
Autres	257	6	6,10	2,33	2,37
Khi2 obs		**4,4**		**18,1**	
Khi2 tab				**19,7**	

Sous l'angle de vue des proportions, la structure du peuplement de novembre 2018 diffère significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, 5 structures de peuplements sont similaires à la structure moyenne établie sur la série. Ce sont : 2009, 2013b, 2014a et b, 2015b. Globalement, et toujours sous l'angle de vue de leur structure, les les structures spécifiques forment un ensemble très significativement hétérogène à P95% (cf. tableau synoptyque 118).



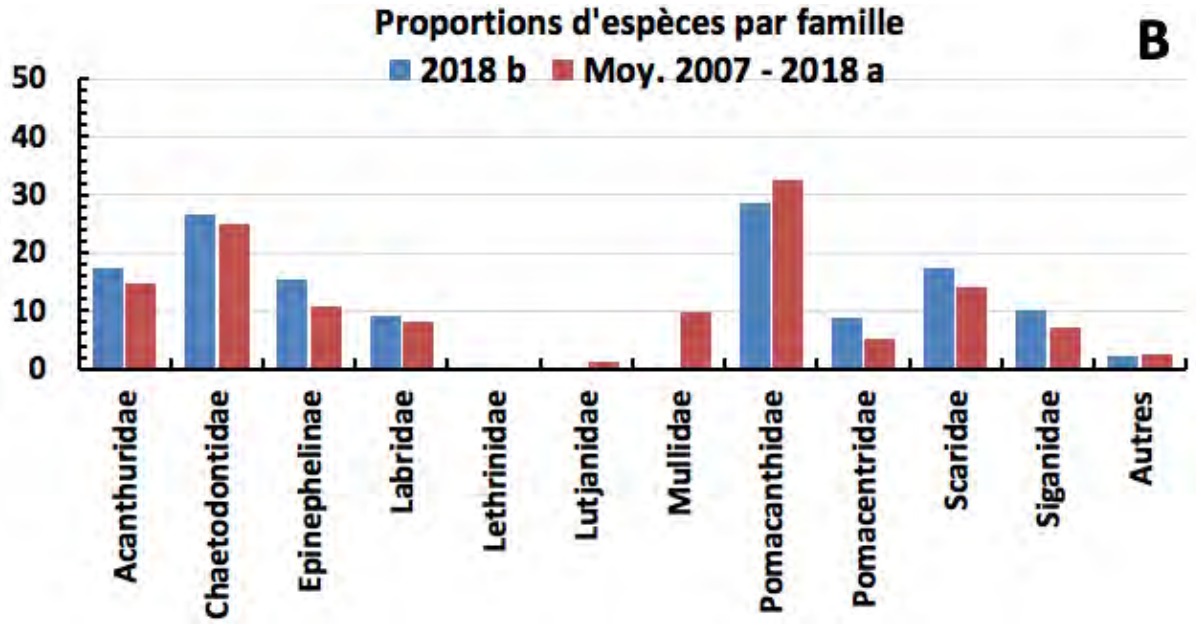


Figure n°61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en 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 62.

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 79 et représentation figure 63.

Tableau n°78 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09)

Peuplement de poissons STO9 – Banc KIE		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	176	2,20	16,44	32		
	Transect B	169	2,11	13,15	28		
	Transect C	108	1,32	11,69	23		
	Moy. ABC	**151,00**	**1,88**	**13,76**	**51**	**71**	**96**
2018 a	Moy. ABC	203,67	5,09	218,00	68	83	121
2017 b	Moy. ABC	174,33	2,42	64,47	64	86	116
2017 a	Moy. ABC	188	2,35	39,59	52	77	114
2016 b	Moy. ABC	212,00	2,65	29,76	46	83	119
2016 a	Moy. ABC	209,00	2,64	75,42	49	82	117
2015 b	Moy. ABC	183,33	1,95	149,23	50	84	113
2015 a	Moy. ABC	230,67	1,65	158,28	62	81	118
2014 b	Moy. ABC	208,00	3,20	376,55	52	72	117
2014 a	Moy. ABC	115,33	1,44	108,69	39	68	113
2013 b	Moy. ABC	161,33	1,71	79,14	47	70	98
2013 a	Moy. ABC	244,00	3,04	40,63	43	82	98
2012 b	Moy. ABC	157,67	1,96	99,48	37	66	95
2012 a	Moy. ABC	176,67	2,18	96,25	45	75	100
2011 b	Moy. ABC	117,00	1,42	118,86	48	66	91
2011 a	Moy. ABC	154,00	1,81	593,06	43	58	89
2010 b	Moy. ABC	133	1,35	10,62	28	53	75
2010 a	Moy. ABC	61,33	1,66	303,36	34	43	66
2009	Moy. ABC	22	4,01	62,69	35	58	60
2008	Moy. ABC	208,67	4,21	273,92	32	50	62
2007	Moy. ABC	145,33	4,13	607,71	36	48	55

Tableau n°79 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	3 044,0	1,2	30 021,5	113,0	175,8	468,2
Ecart type	55,2	1,1	173,3	10,6	13,3	21,6
Moyenne	164,4	2,5	167,5	45,8	69,4	96,6
Coef. de Var.	0,3	0,4	1,0	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité présente de nouveau une valeur moyenne.
- La biomasse est très faible. Il n'y avait aucune espèce commerciale sur la station. La quasi-totalité des espèces démersales étaient massées en amont du courant au cap du sec.
- La biodiversité sur les transects comme sur la station est faible.

La structure du peuplement de cette mission est similaire à la structure moyenne établie sur la série historique 2007-2018 a. Toutefois, sur les 21 missions, 5 autres observations montrent des structures de peuplement qui ne diffèrent pas significativement de la structure moyenne : ce sont celles des missions 2009, 2013b, 2014a et b et 2015b.

Dans son ensemble la structure spécifique du peuplement observé diffère significativement d'une mission à l'autre depuis 2007. Les espèces démersales, nomades ou non, se déplacent largement sur le banc selon les courants et cela induit des changements naturels dans l'organisation apparente de la Bα.

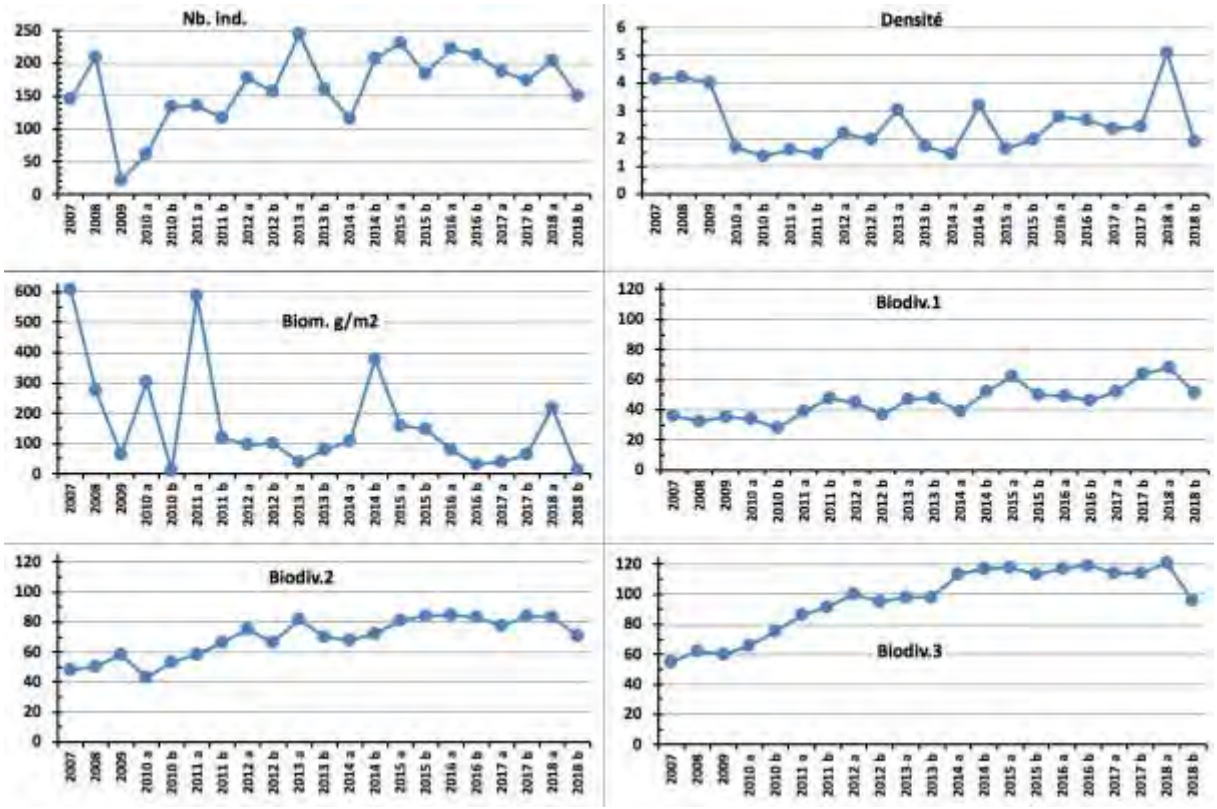


Figure n°62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

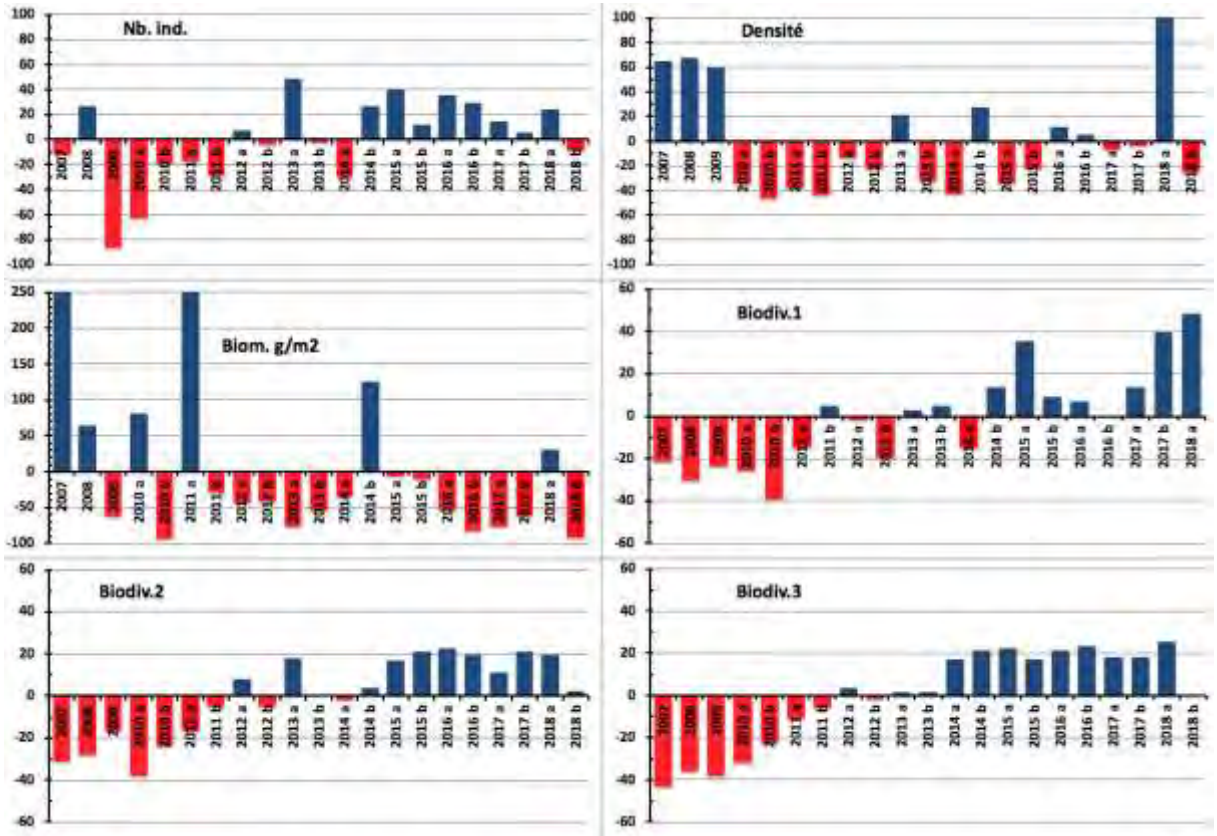


Figure n°63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

4.10 Station 11 = Récif Toémo

Localisation géographique	A l'ouest de la passe du récif de Toémo, parallèlement au récif. Elle est repérable de la surface grâce à l'alignement d'un talweg sur la falaise du rivage avec le pic au sommet de la colline (photographie 26).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 6, 11 et 20 mètres de profondeur, avec un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A est positionné au sommet du récif : il se situe en amont de la pente et proche du bourrelet de débris coralliens. Un *Platygyra daedalea* d'un mètre de diamètre permet de repérer la fin du transect. Le transect B est positionné sur la pente récifale. De nombreux débris et massifs coralliens ont dévalé la pente, détruisant une grande partie des communautés coralliennes. Cet événement a certainement comme origine le cyclone Erica (mars 2003). Toutefois de petites colonies coralliennes recolonisent ces débris. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de blocs coralliens provenant du récif (dégradation des fortes houles et des cyclones).

Description générale
Le récif de Toémo est un récif intermédiaire de lagon, situé au nord-ouest du canal de la Havannah, à proximité de la grande passe de Goro. Sa position géographique et les conditions hydrodynamiques soutenues permettent d'assimiler ce récif à une pente externe proche d'une passe. Le sommet du récif est riche en coraux encroûtants, branchus et tabulaires (*Acropora, Pocillopora, Isopora, Seriatopora, Galaxea* et *Montipora*). Un bourrelet composé de débris coralliens se démarque juste avant la cassure de la pente. Ce dernier est assez pentu (40°) et recouvert par endroits par de nombreux éboulis et des massifs coralliens retournés (coraux tabulaires et massifs). La majorité des débris coralliens finissent leur course en bas de pente. La pente sédimentaire à une inclinaison douce, cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est fragmentaire.

Caractéristiques principales
Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) Ce récif a subi des dégradations durant les évènements cycloniques du début d'année 2011 (Vania-Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure le cyclone Pam en mars 2015 et Winston en février 2016. → Dégradations des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B&C Les scléractiniaires développent des morphologies robustes La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A) Le recouvrement corallien est important en A Saisonnalité des macrophytes : les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis*) présentent un développement saisonnier qui peut être très important sur l'ensemble de la station Les ascidies sont variées et abondantes Les spongiaires sont relativement abondantes (*Cliona*) Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques

Variations entre mai et novembre 2018

Indicateur Corail :

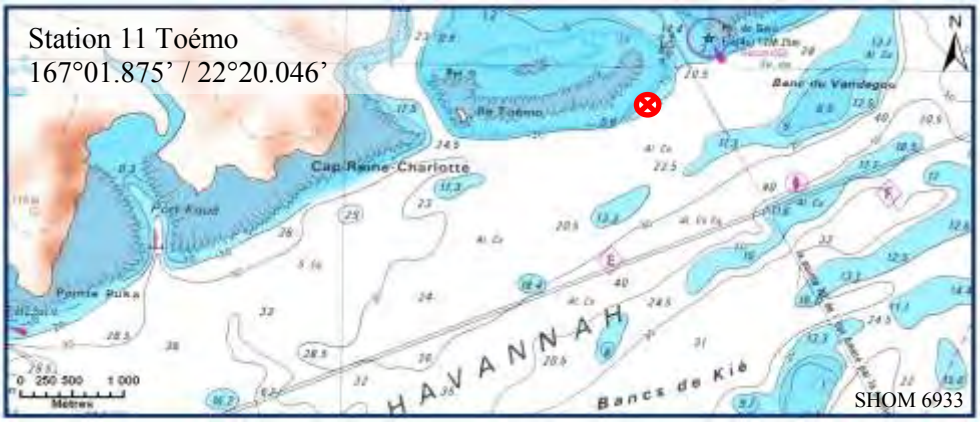
- Le recouvrement corallien est de 72.5% au transect A (toujours plus fort recouvrement de tous les transects + forte augmentation), 39% en B et 6% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1%* ; *Mai 2018 : 0.4% ;* Novembre 2018 : 0%
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées aux 3 transects sont mortes en place
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018)

Autres indicateurs :

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

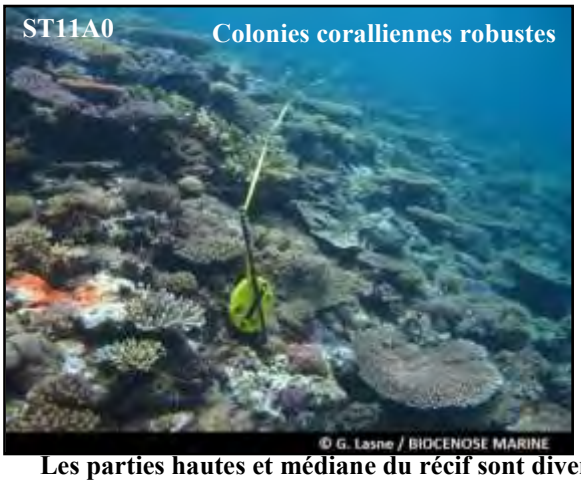
Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Disparition de *Drupella cornus* en A (niveau 2 à 0)



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 diversifiés et composées de colonies coralliennes robustes
Colonies abondantes *(Acropora* spp., *Seriatopora caliendrum* et *Galaxea fascicularis)*

Développement important *d'Asparagopsis armata* sur toute la station
et le turf algal se développe sur les nombreux débris et des nécroses de colonies coralliennes (B & C)

Accumulation de blocs et débris coralliens en bas de pente récifale et cuvettes de sable carbonaté

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

4.10.1 Le substrat (ST11)

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

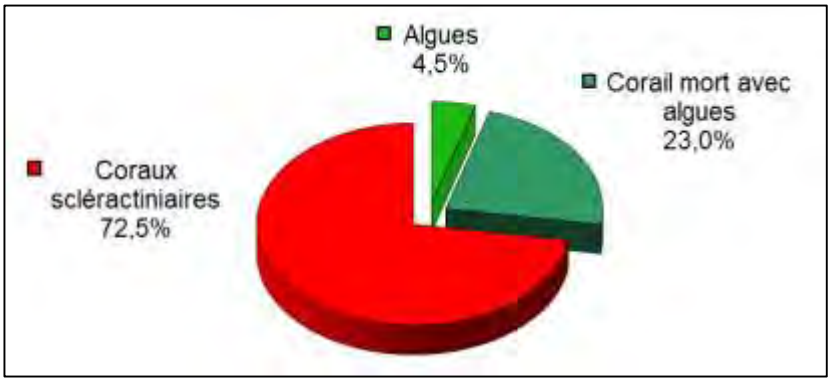


Figure n°64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

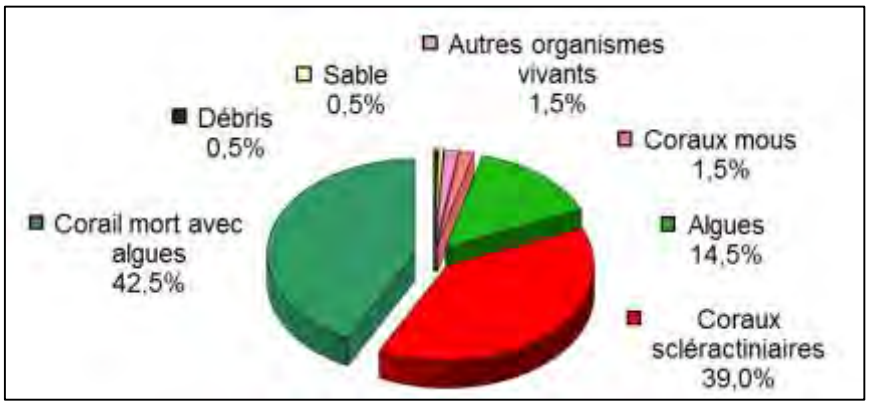


Figure n°65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

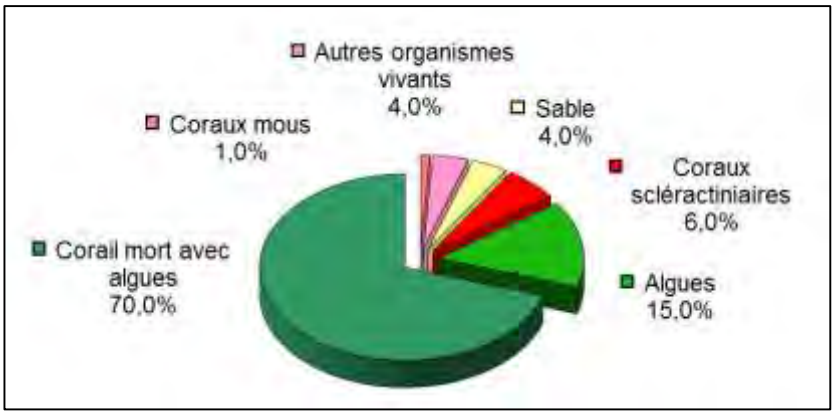


Figure n°66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 99% et 96% respectivement du haut vers le bas. Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.
Mais les coraux scléractiniaires y sont particulièrement aussi bien représentés, surtout sur les 2 premiers transects (48.5% et 33.5%), avec une hausse importante pour le tarnsect A en plus (+24%). Ces résultats sont parmi les plus élevés de toutes les stations (1er rang pour cette mission).

A noter : **0.5% de cyanobactéries en C.**

Globalement, la station est stable.

4.10.2 Le benthos (ST11)

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

En novembre 2018, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de :

- **51 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), echinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **10 espèces de macrophytes** : algues rouges (5 taxons), algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

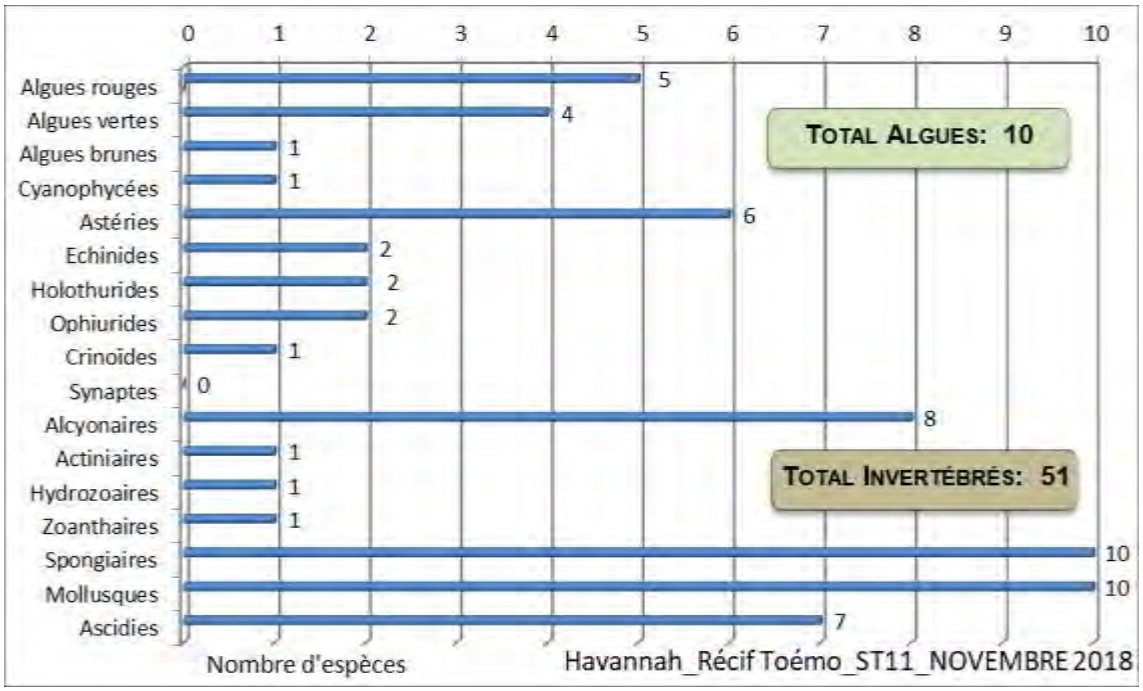


Figure n°67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.10.2.1 Benthos Transect 11 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de :

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

Tableau n°80 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Codium* sp. (A0/-2),•*Halimeda* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	

Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les actiniaires (-1 sp) : •*Discosoma rhodostoma* (A0/-2)	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A4/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 sp) :•Hydrozoaires ind. (A2/-1)
Echinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia indica* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les ophiurides (-1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A0/-2)	☑
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-3 espèce) : •*Coralliophila violacea* (A0/-2), •*Drupella cornus* (A0/-2), •*Astraea rhodostoma* (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Pteraeolidia ianthina* (A0/-1).	☑
Eponges	
☑	☑
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.2.2 Benthos Transect 11 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de :

- 45 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), echinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- 10 espèces de macrophytes : algues rouges (5 taxons), algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°81 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A2) ; et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) 1 espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Codium* sp. (A0/-2).	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A5/+ 3) ; l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1), •*Nephthea* sp. (A4/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Actinopyga lecanora* (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ;	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1/- 1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A1/- 1).

➢ pour les holothurides (-3 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Holothuria edulis* (A0/-2), •*Thelenota ananas* (A0/-1)	
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Cerithium nodulosum* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) •*Pteraeolidia ianthina* (A0/-1)	☑
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Leucetta chagosensis* (A0/-2), •*Clathria rugosa* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A4/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.2.3 Benthos Transect 11 C

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de :

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

Tableau n°82 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST11C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4). Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium* 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) : •*Dendronephthya* sp. (A1). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Gomophia watsoni* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les crinoïdes (-1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : •*Coralliophila violacea* (A0/-2)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A1/- 1).
Eponges	
☑	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Hamigera strongylata* (A1/- 1), •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1), •*Clathria rugosa* (A1/- 1).
Ascidies	

Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Clavelina detorta* (A1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+ 1), •*Polycarpa clavata* (A2/+ 1). 4 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1), •*Polycarpa cryptocarpa* (A1/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.3 Les poissons (ST11)

La liste des espèces observées[13] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 83.

Tableau n°83 : Données sur les poissons (ST11)

Récif Toémo ST11		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*				2	0,03	4,00	2	0,01	1,23	1,33	0,01	1,74
Aca	*Acanthurus lineatus*	2	0,03	1,69							0,67	0,01	0,56
Aca	*Acanthurus nigricauda*				1	0,01	1,46	1	0,01	0,69	0,67	0,01	0,71
Aca	*Acanthurus olivaceus*							1	0,01	0,68	0,33	0,00	0,23
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,04	1,65	3	0,04	2,06				2,00	0,03	1,24
Aca	*Naso brachycentron*							5	0,03	13,50	1,67	0,01	4,50
Aca	*Naso lituratus*	1	0,01	0,69							0,33	0,00	0,23
Aca	*Zebrasoma scopas*	4	0,05	0,51	2	0,03	1,37				2,00	0,03	0,63
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,69							0,33	0,00	0,23
Cae	*Pterocaesio diagramma*							150	0,63	21,60	50,00	0,21	7,20
Can	*Canthigaster valentini*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,03	0,26				1	0,01	0,13	1,00	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,04	0,16							1,00	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,50							0,67	0,01	0,17
Cha	*Chaetodon kleinii*	4	0,05	0,34							1,33	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon mertensii*	2	0,03	0,11							0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,03	0,06	2	0,03	0,26				1,33	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,03							0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon speculum*	1	0,01	0,13	1	0,01	0,25				0,67	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon trifascialis*	3	0,04	0,16							1,00	0,01	0,05
Epi	*Epinephelus fasciatus*	2	0,03	1,69							0,67	0,01	0,56
Epi	*Plectropomus leopardus*							1	0,01	15,63	0,33	0,00	5,21
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	3,91				0,33	0,00	1,30
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,69							0,33	0,00	0,23
Lab	*Coris gaimard*							1	0,01	0,20	0,33	0,00	0,07
Lab	*Gomphosus varius*	5	0,06	0,91							1,67	0,02	0,30
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	1,46							0,33	0,00	0,49
Lab	*Hemigymnus melapterus*				1	0,01	1,23				0,33	0,00	0,41
Lab	*Labroides dimidiatus*				4	0,05	0,22	5	0,05	0,22	3,00	0,03	0,14
Lab	*Macropharyngodon meleagris*	1	0,01	0,13	1	0,01	0,03				0,67	0,01	0,05
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	10	0,13	0,54				10	0,07	0,31	6,67	0,07	0,28
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,06	0,43				5	0,04	0,25	3,33	0,03	0,22
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,10	1,02				7	0,07	0,30	5,00	0,06	0,44
Lab	*Thalassoma lutescens*	6	0,08	0,51	4	0,05	0,34	6	0,04	0,29	5,33	0,06	0,38
Mic	*Ptereleotris evides*				8	0,10	0,43	5	0,03	0,21	4,33	0,04	0,22
Mic	*Ptereleotris microlepsis*				6	0,08	0,51				2,00	0,03	0,17
Mul	*Parupeneus barberinoides*				3	0,04	0,26				1,00	0,01	0,09
Mul	*Parupeneus indicus*				3	0,04	2,53				1,00	0,01	0,84
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,04	1,65	6	0,08	3,30	3	0,03	1,04	4,00	0,05	1,99
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,06	3	0,04	0,09	2	0,02	0,05	2,33	0,03	0,07
Poc	*Centropyge bispinosa*	1	0,01	0,02	3	0,04	0,05	4	0,04	0,05	2,67	0,03	0,04
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,06	2	0,03	0,06				1,33	0,02	0,04
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,04	0,05	4	0,05	0,03				2,33	0,03	0,03
Pom	*Abudefduf whitleyi*	5	0,06	0,16	7	0,09	1,28				4,00	0,05	0,48
Pom	*Amphiprion clarkii*				3	0,04	0,09				1,00	0,01	0,03
Pom	*Chromis fumea*	15	0,19	0,10	15	0,19	0,10	15	0,15	0,08	15,00	0,18	0,09
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,05	0,03	4	0,05	0,03	3	0,03	0,02	3,67	0,04	0,02
Pom	*Chrysiptera taupou*				10	0,13	0,07	15	0,15	0,08	8,33	0,09	0,05

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

Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,13	0,07	20	0,25	0,14	15	0,15	0,08	15,00	0,18	0,09
Pom	*Pomacentrus coelestis*	6	0,08	0,04							2,00	0,03	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,05	0,06	4	0,05	0,13	5	0,05	0,06	4,33	0,05	0,08
Sca	*Chlorurus sordidus*	4	0,05	2,20	5	0,06	1,25				3,00	0,04	1,15
Sca	*Scarus niger*				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67
Sca	*Scarus schlegeli*							1	0,01	2,60	0,33	0,00	0,87
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,03	1,37				0,67	0,01	0,46
Sig	*Siganus fuscescens*							10	0,08	13,33	3,33	0,03	4,44
Total		**130**	**1,63**	**18,85**	**131**	**1,64**	**28,83**	**273**	**1,73**	**72,62**	**178,00**	**1,66**	**40,10**
Biodiversité		**36**			**30**			**24**			**56**		
Indice de Shannon =		4,430											
Equitabilité =		0,763											

Sur l'ensemble des transects de la station, 534 individus appartenant à 56 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.66 poissons/m² pour une biomasse de 40.10 g/m².
117 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 (ST11)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	*Cha*	*Heniochus monoceros*	*Mul*	*Parupeneus ciliatus*
Aca	*Acanthurus lineatus*	*Epi*	*Cephalopholis argus*	*Mul*	*Parupeneus cyclostomus*
Aca	*Acanthurus nigricans*	*Epi*	*Cephalopholis urodeta*	*Mul*	*Parupeneus indicus*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	*Epi*	*Epinephelus fasciatus*	*Nem*	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	*Epi*	*Epinephelus maculatus*	*Ost*	*Ostracion cubicus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	*Epi*	*Plectropomus leopardus*	*Pin*	*Parapercis australis*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	*Epi*	*Variola louti*	*Pin*	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Naso brachycentron*	*Gra*	*Diploprion bifasciatum*	*Poc*	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso lituratus*	*Hae*	*Plectorhinchus chaetodonoides*	*Poc*	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Naso unicornis*	*Hae*	*Plectorhinchus flavomaculatus*	*Poc*	*Centropyge flavissima*
Aca	*Zebrasoma scopas*	*Hol*	*Myripristis botsche*	*Poc*	*Centropyge tibicen*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	*Lab*	*Anampses femininus*	*Pom*	*Abudefduf whitleyi*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	*Lab*	*Anampses neoguinaicus*	*Pom*	*Amphiprion clarkii*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	*Lab*	*Bodianus diana*	*Pom*	*Chromis agilis*
Apo	*Archamia leai*	*Lab*	*Bodianus loxozonus*	*Pom*	*Chromis atripes*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	*Lab*	*Cheilinus chlorourus*	*Pom*	*Chromis fumea*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	*Lab*	*Cirrhilabrus punctatus*	*Pom*	*Chromis leucura*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	*Lab*	*Coris batuensis*	*Pom*	*Chrysiptera rollandi*
Aul	*Aulostomus chinensis*	*Lab*	*Coris gaimard*	*Pom*	*Chrysiptera starcki*
Bal	*Odonus niger*	*Lab*	*Epibulus insidiator*	*Pom*	*Chrysiptera taupou*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	*Lab*	*Gomphosus varius*	*Pom*	*Dascyllus reticulatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	*Lab*	*Halichoeres hortulanus*	*Pom*	*Plectroglyphidodon dickii*
Cae	*Pterocaesio diagramma*	*Lab*	*Hemigymnus fasciatus*	*Pom*	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cae	*Pterocaesio marri*	*Lab*	*Hemigymnus melapterus*	*Pom*	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Can	*Canthigaster valentini*	*Lab*	*Labroides dimidiatus*	*Pom*	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon auriga*	*Lab*	*Macropharyngodon meleagris*	*Pom*	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	*Lab*	*Oxycheilinus diagrammus*	*Pom*	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon ephippium*	*Lab*	*Thalassoma amblycephalum*	*Pom*	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	*Lab*	*Thalassoma hardwicke*	*Pom*	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon kleinii*	*Lab*	*Thalassoma lunare*	*Sca*	*Chlorurus sordidus*

Cha	*Chaetodon melannotus*	*Lab*	*Thalassoma lutescens*	*Sca*	*Scarus forsteni*
Cha	*Chaetodon mertensii*	*Lab*	*Thalassoma nigrofasciatum*	*Sca*	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	*Let*	*Monotaxis grandoculis*	*Sca*	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	*Lut*	*Lutjanus bohar*	*Sca*	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon speculum*	*Mic*	*Pervagor aspricaudus*	*Sig*	*Siganus doliatus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	*Mic*	*Ptereleotris evides*	*Sig*	*Siganus fuscescens*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	*Mic*	*Ptereleotris microlepsis*	*Syn*	*Synodus variegatus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	*Mon*	*Oxymonacanthus longirostris*	*Tet*	*Arothron nigropunctatus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	*Mul*	*Parupeneus barberinoides*	*Zan*	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 85 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 68.

Tableau n°85 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	9	5,90	22,50	14,75
Chaetodontidae	30	9	9,25	30,00	30,83
Epinephelinae	26	2	1,90	7,69	7,31
Labridae	97	12	8,75	12,37	9,02
Lethrinidae	16	0	0,00	0,00	0,00
Lutjanidae	22	0	0,05	0,00	0,23
Mullidae	14	2	1,70	14,29	12,14
Pomacanthidae	14	4	3,80	28,57	27,14
Pomacentridae	92	8	5,60	8,70	6,09
Scaridae	23	3	4,20	13,04	18,26
Siganidae	10	2	0,40	20,00	4,00
Autres	257	5	5,05	1,95	1,96
Khi2 obs		**7,4**		**103,8**	
Khi2 tab				**18,3**	

Sous l'angle de vue des proportions, la structure du peuplement de novembre 2018 diffère très significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, 11 structures de peuplements sont similaires à la structure moyenne établie sur la série. Ce sont : 2007, 2010a et b, 2011a et b, 2012a et b, 2014b, 2015b, 2016b, 2017a. Considérées dans leur ensemble, et toujours sous l'angle de vue de leur structure spécifique, les peuplement icthyologiques observés sont significativement différents (cf. tableau synoptyque 118).

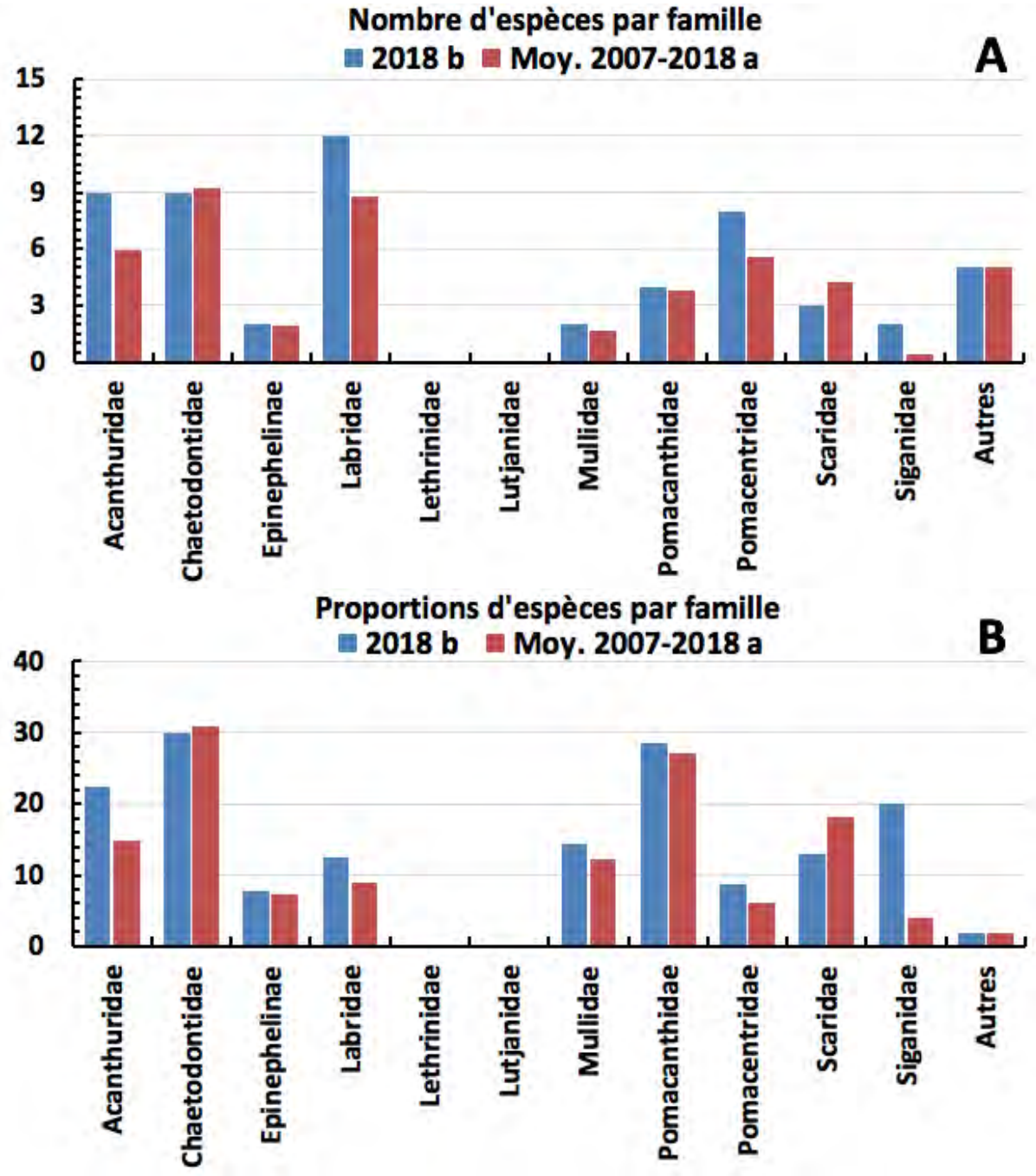


Figure n°68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11)
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en 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 86 et la figure 69.

Tableau n°86 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11)

Récif Toémo ST11		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	130	1,63	18,85	38		
	Transect B	131	1,64	28,83	30		
	Transect C	273	1,73	72,62	24		
	Moy. ABC	**178,00**	**1,66**	**40,10**	**56**	**84**	**117**
2018 a	Moy. ABC	196,67	1,68	129,74	72	90	141
2017 b	Moy. ABC	150,67	2,26	51,02	51	79	110
2017 a	Moy. ABC	215,33	1,84	19,50	53	77	111
2016 b	Moy. ABC	155,33	1,15	31,08	45	92	122
2016 a	Moy. ABC	166,00	1,67	121,78	57	79	111
2015 b	Moy. ABC	183,00	1,78	57,17	59	81	109
2015 a	Moy. ABC	184,67	1,64	134,53	68	80	107
2014 b	Moy. ABC	100,00	1,27	73,96	51	74	105
2014 a	Moy. ABC	95,00	1,08	44,99	49	68	98
2013 b	Moy. ABC	140,33	1,64	52,11	37	54	94
2013 a	Moy. ABC	110,00	1,35	60,53	42	55	92
2012 b	Moy. ABC	97,33	1,27	108,09	43	70	110
2012 a	Moy. ABC	122,33	1,70	114,66	45	85	116
2011 b	Moy. ABC	74	0,90	38,56	48	67	109
2011 a	Moy. ABC	129,33	2,50	188,39	50	79	116
2010 b	Moy. ABC	180	1,59	75,10	44	61	88
2010 a	Moy. ABC	93,33	1,86	75,42	42	65	95
2009	Moy. ABC	74,67	3,12	79,63	31	50	74
2008	Moy. ABC	111,33	1,90	61,85	39	57	71
2007[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 87 et représentation figure 70.

Tableau n°87 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	1 764,78	0,25	2162,07	111,96	203,35	376,09
Ecart type	42,01	0,50	46,50	10,58	14,26	19,39
Moyenne	137,19	1,69	82,51	48,43	70,62	102,24
Coef. de Var.	0,31	0,29	0,56	0,22	0,20	0,19

Commentaires :

- L'abondances sur le transect A, dépend de la position du déferlement, soit de l'heure de la la marée par rapport à visite et de l'incidence et importance des houles et des vagues, soit du sens et la force du vent :
  - plus la marée est haute plus la ligne de déferlement s'éloigne du transect ;
  - plus les houles ou les vagues sont fortes et d'incidence obliques plus le courant littoral est fort.

[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.

- La densité est moyenne.
- La biomasse est faible.
- La biodiversité est revenue à une valeur moyenne.

Rapellons que c'est la seule station où se trouve *Acanthurus lineatus*, qui est un Acanthuridae de la côte Ouest.
La série historique 2007-2018 a montre des structures de peuplement changeantes comme sur toutes les stations du canal de la Havannah. Non seulement, des espèces nomades induisent des changements naturels dans l'organisation de la Bα, mais cette station présente un hydrodynamisme violent induisant une agitation fébrile de l'ichtyofaune. Beaucoup d'espèces sur les transect en mode calme vont dans la zone du déferlement en mode agité ou se tiennent dans les sillons lorsque le courant est fort.
Sur les 21 missions, 11 ont des structures de peuplement qui ne différent pas significativement de la structure moyenne : 2007, 2010a et b, 2011a et b, 2012a et b, 2014b, 2015b, 2016a et 2017a (cf. tableau synoptique 118).
Dans leur ensemble, toutes les structures de peuplement diffèrent significativement les unes des autres.

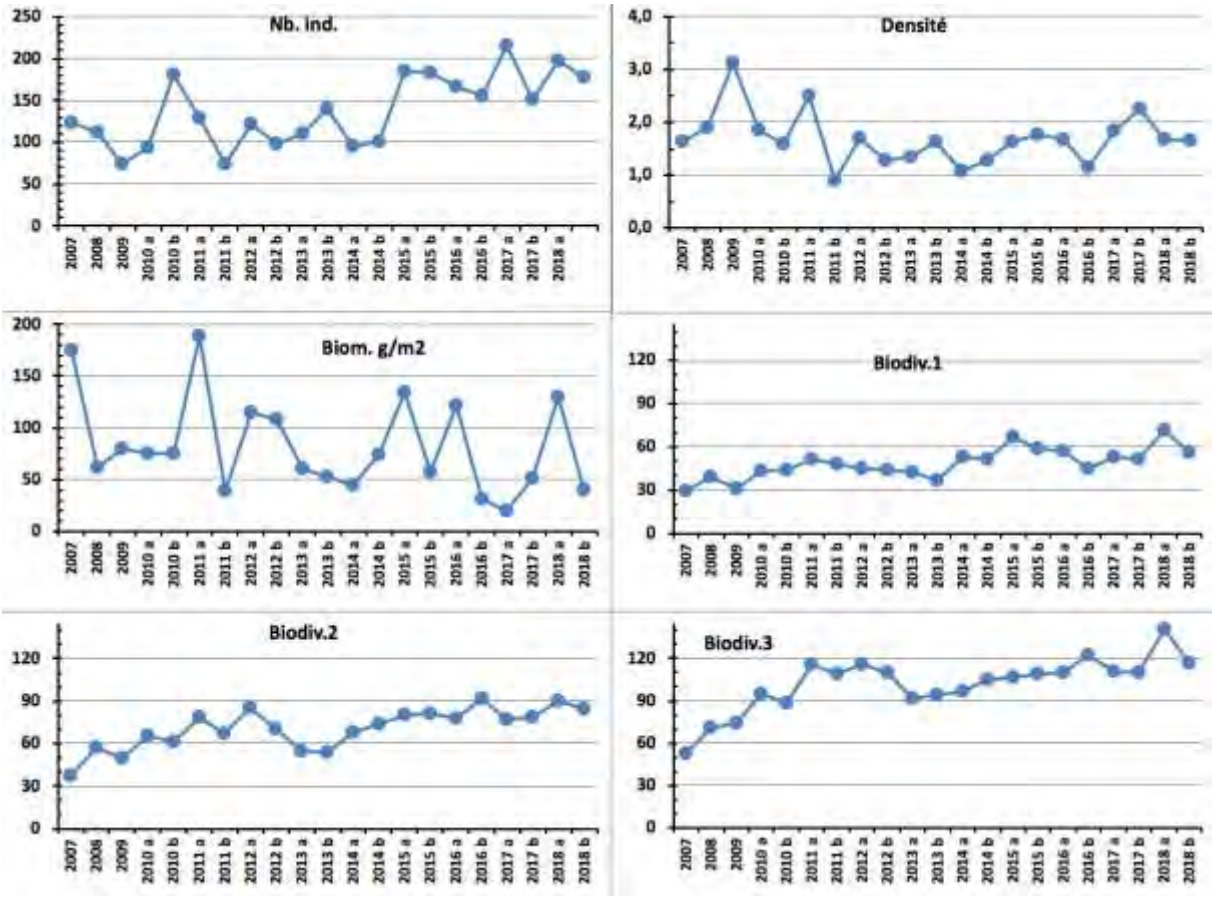


Figure n°69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

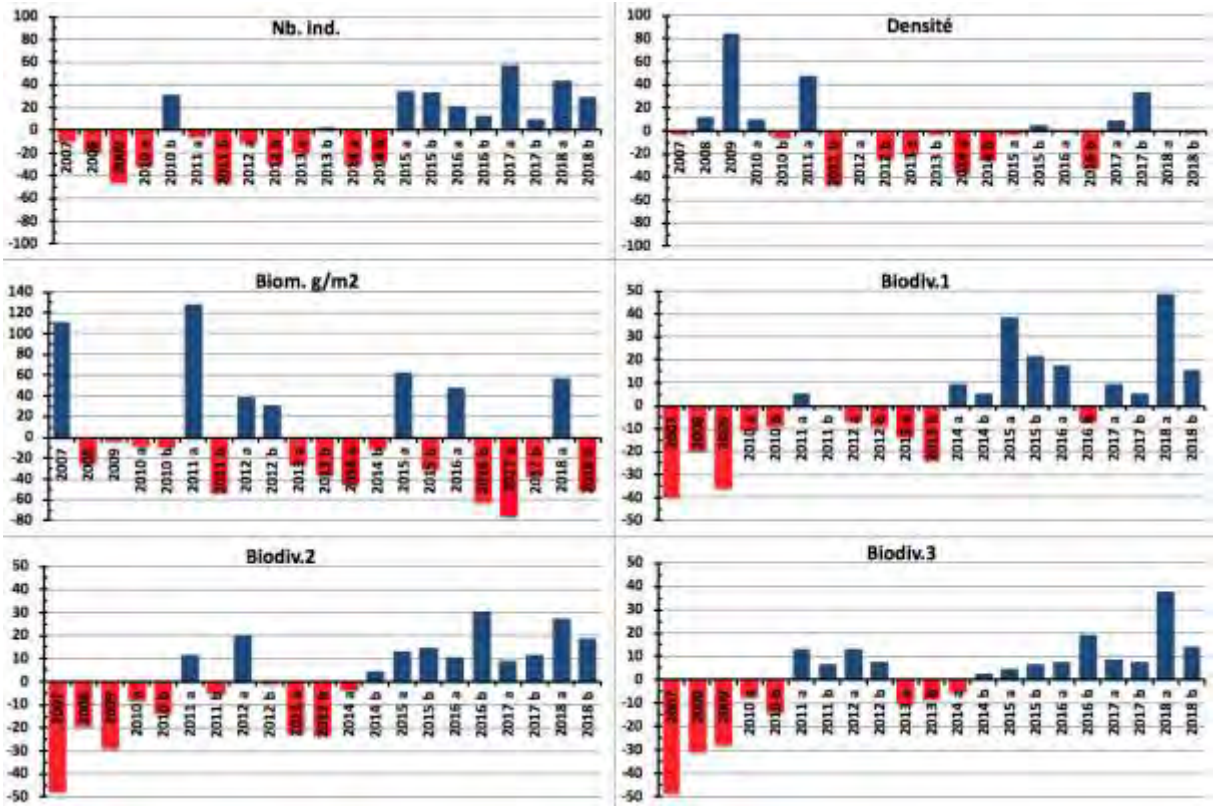


Figure n°70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

4.11 Station 12 = Ilot Ugo

Localisation géographique	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo (photographie 28).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 5 et 13 mètres de profondeur, perpendiculairement à la pente du récif frangeant dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Il n'y a que 2 transects car sous 14 m de profondeur, les constructions coralliennes deviennent de plus en plus restreintes (gros blocs rocheux et débris coralliens qui ont dévalés la pente). Puis, vers 17 m de profondeur, la pente sédimentaire, composée de sable et inclinée à 35°, peut être colonisée principalement par une grande variété d'holothuries (*Holothuria fuscopunctata, Bohadschia argus, Stichopus stichopus, S. variegatus, Thelenota ananas*). Ces dernières s'éparpillent à travers le substrat meuble et les quelques débris. Un transect à 20 m n'aurait donc pas été pertinent en termes de suivi (recouvrement biotique très faible et recouvrement corallien proche de nul). Le transect A est installé dans le haut du tombant récifal. Il est composé par de grandes colonies plurimétriques de *Porites*, d'*Acropora* branchus et *Lobophyllia corymbosa*. Cette dernière est disloquée et une partie s'est effondrée sur le niveau inférieur. Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique et les débris coralliens sont très nombreux. Deux grands couloirs d'effondrement traversent la pente récifale jusqu'au pied du 2ème transect. Ces derniers sont parsemés par de multiples espèces de Fungiidae. Le niveau bathymétrique du transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens sur du sable coquillé, avec un couloir d'effondrement sous le début du transect. Un massif corallien du genre *Goniopora* de taille pluri métrique s'étale sur les débris coralliens. Les autres colonies de madrépores sont de taille décimétrique et sont dispersées de manière éparse.

Description générale
Ce récif est soumis aux courants de marées et subi sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés, alors que sa façade nord et nord-ouest est plus protégée. La station est positionnée sur le front récifal du récif frangeant. Le platier récifal est large, arasé et peu colonisé par les coraux. Le haut du tombant récifal est structuré en marches d'escalier délimitées par de grandes colonies de *Porites* sp.. Ce niveau bathymétrique est bien colonisé par les scléractiniaires de tailles hétérogènes (décimétrique à plurimétrique). Les massifs coralliens de forme massive se développent particulièrement en haut de récif jusqu'à mi pente, laissant la place au fur et à mesure aux coraux branchus. Cependant, la structure récifale présente deux couloirs d'effondrement avec par place de grandes accumulations de débris et de blocs coralliens. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. De très nombreux Fungiidae (coraux libres) sont éparpillés et enchevêtrés à travers cette structure mouvante.

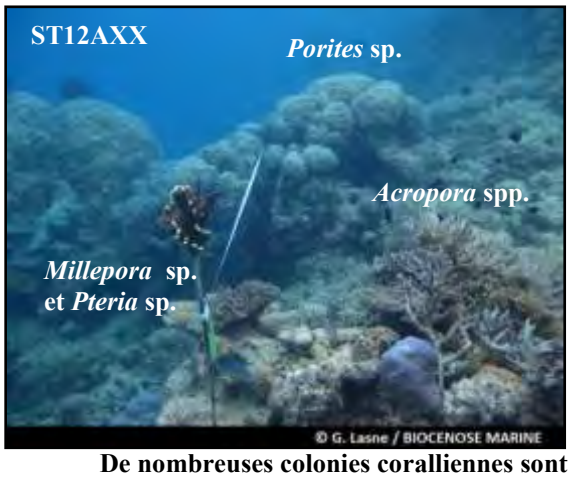
Caractéristiques principales
Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs de *Goniopora* sp. et *Acropora* spp. Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique à métrique (turn over important) Grande diversité et abondance des coraux libres (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique (couloir d'effondrement de débris) Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large lors des périodes dépressionnaires) Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire) Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires) Recouvrement algal très faible Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs et les

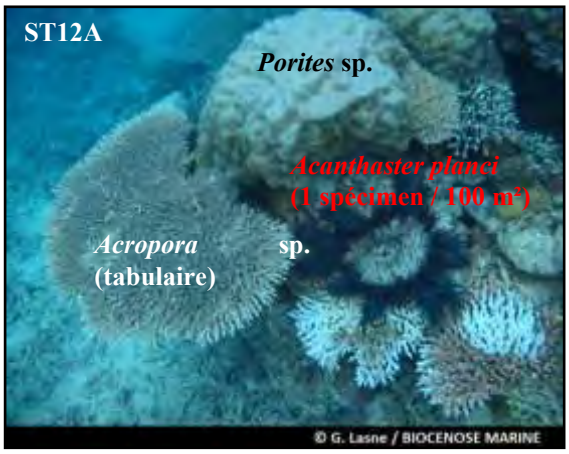
blocs coralliens

Variations entre mai et novembre 2018
<u>Indicateur Corail :</u> - Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A et 19.5% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.5% ; Avril 2016 : 0.25% ; Novembre 2016 : 0.5% ; Avril 2017 : 0.2% ; Septembre 2017 : 1.35% ; Mai 2018 : 0.75% ;* Novembre 2018 : 0.40% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche Il y a quelques anomalies de croissance sur des colonies de *Porites* en A. Les lésions induites par les corallivores sont très restreintes (1 spécimen d'*Acanthaster* en A : 0.8 m² de corail blanchi) - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les débris du couloir d'effondrement sont régulièrement remobilisés par la houle **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en B (niveau 0 à 2) et stable en A (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrements - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est stable en A & B (niveau 2) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente (stable) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - Absence de *Culcita novaeguineae* - Présence d'1 spécimen d'*Acanthaster planci* en A (stable) - Disparation de *Drupella cornus* en A (niveau 2 à 0)

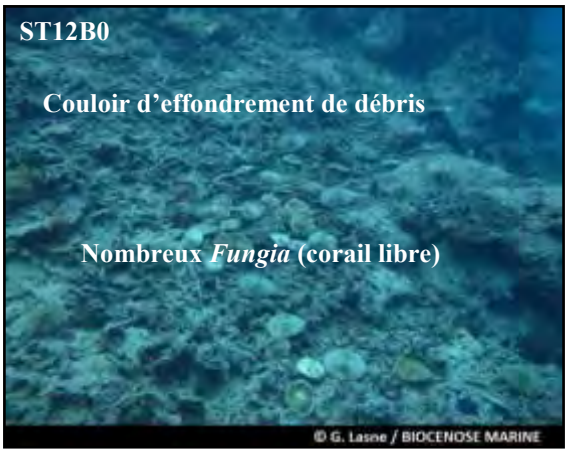
Carte n°13 : *Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)*

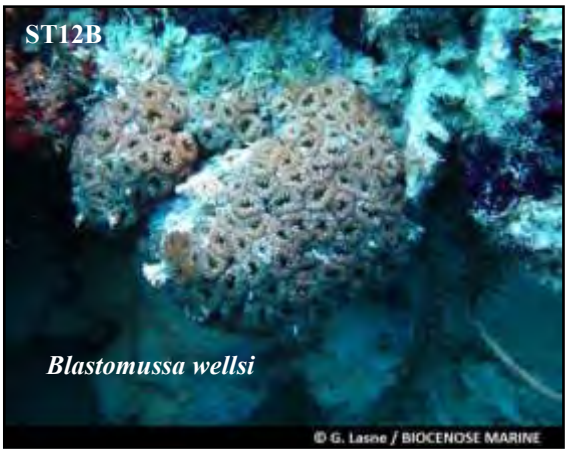
Photo n°28 : *Position en surface par rapport à la côte (ST12)*





De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place. Elles ont été dévorées par les corallivores depuis quelques missions (*Drupella cornus* et *Acanthaster planci*)





Nombreux coraux branchus brisés et les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement 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.

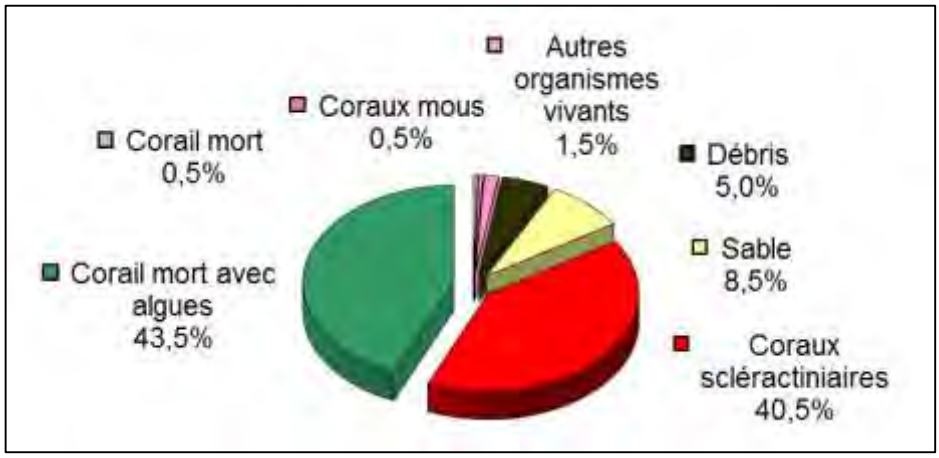


Figure n°71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

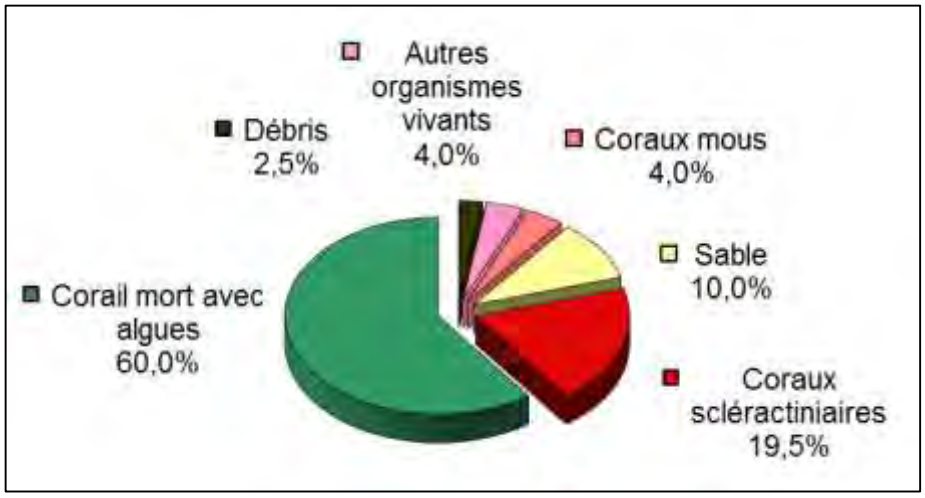


Figure n°72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

La hausse du recouvrement des coraux scléractiniaires vivants en A se poursuit avec 40.5% (*vs* 36.5%, nouveau meilleur taux depuis le début du suivi) et une stabilité en B avec 19.5%.
Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (43.5% et 60%).
Ainsi, le recouvrement est majoritairement biotique pour chaque transect (86% et 87.5%).
A noter : **0.5% d'*Acropora* blanc** au transect A.

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 novembre 2018, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de :

- **38 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : echinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

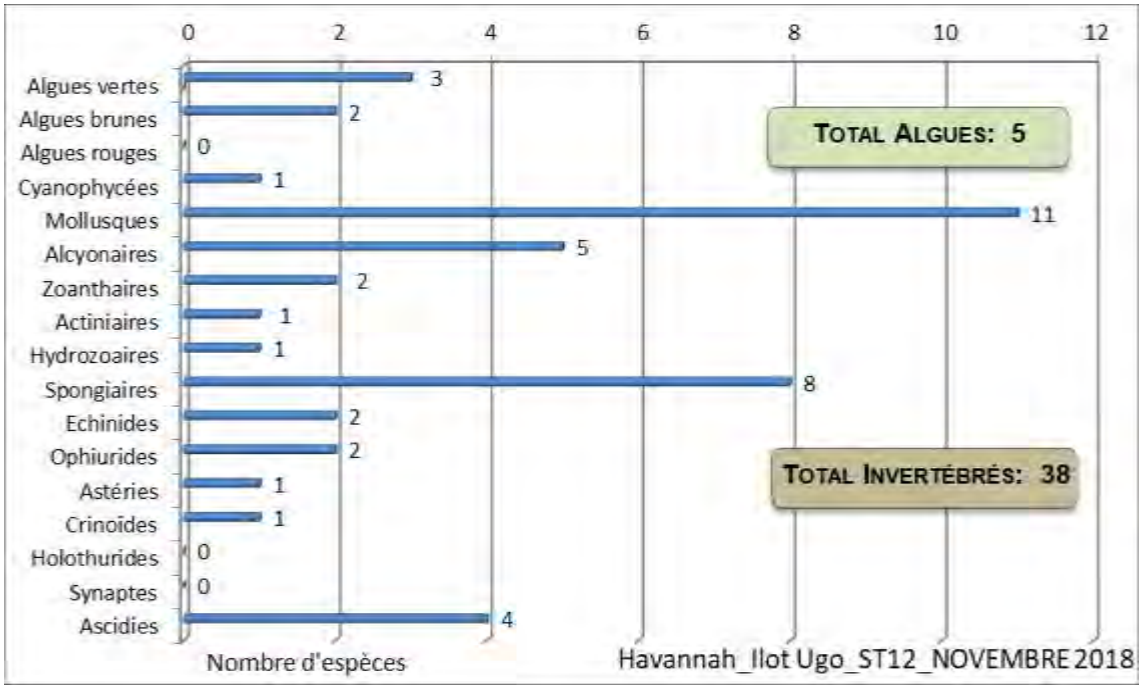


Figure n°73 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.11.2.1 Benthos Transect 12 A

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de :

- 28 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : echinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°88 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST012A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2) 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Codium* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A1/- 1) ; et l'algue verte : •*Ventricaria ventricosa* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues :	☑

➢ pour les alcyonaires (-2 sp) : •*Nephthea* sp. (A0/-2), •*Xenia* sp. (A0/-2) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les : •*Conus miles* (A0/-1), •*Drupella cornus* (A0/-2), •*Lambis chiragra* (A0/-1).	☑
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	1 sp d'ascidies augmente :•*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1)
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.2.2 Benthos Transect 12 B

En novembre 2018, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de :

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

Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°89 : Variations entre mai et novembre 2018 : Les biocénoses (ST012B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2) 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Plocamium* sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Codium* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A1/- 1) ; et l'algue verte : •*Ventricaria ventricosa* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 sp) :•*Nephthea* sp. (A0/-2), •*Xenia* sp. (A0/-2) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	☑
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes : •*Conus miles* (A0/-1), •*Drupella cornus* (A0/-2), •*Lambis chiragra* (A0/-1)	☑
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	1 espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées[15] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 90.

Tableau n°90 : Données sur les poissons (ST12)

Ugo ST12		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Ctenochaetus striatus*				1	0,03	0,50	0,50	0,01	0,25
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,02	0,17				0,50	0,01	0,09
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,03	0,67	0,50	0,01	0,33
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				2	0,05	0,03	1,00	0,03	0,01
Cae	*Pterocaesio marri*	25	0,42	4,27				12,50	0,21	2,13
Cha	*Chaetodon auriga*				1	0,01	0,10	0,50	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,03	0,34	1	0,02	0,33	1,50	0,03	0,34
Cha	*Chaetodon bennetti*	1	0,02	0,11	1	0,01	0,07	1,00	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon ephippium*	1	0,02	0,24				0,50	0,01	0,12
Cha	*Chaetodon lunulatus*	4	0,07	0,29				2,00	0,03	0,14
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,05	0,13	2	0,02	0,09	2,50	0,04	0,11
Epi	*Cephalopholis argus*	1	0,02	6,56				0,50	0,01	3,28
Epi	*Cephalopholis boenak*	**1**	0,02	0,07				0,50	0,01	0,04
Epi	*Plectropomus leopardus*				**1**	0,01	5,99	0,50	0,00	2,99
Lab	*Coris gaimard*	1	0,02	0,11				0,50	0,01	0,06
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,05	0,34				1,50	0,03	0,17
Lab	*Thalassoma lutescens*	2	0,03	0,23				1,00	0,02	0,11
Nem	*Scolopsis bilineatus*				2	0,03	0,86	1,00	0,01	0,43
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,08	1	0,03	0,06	1,50	0,03	0,07
Poc	*Centropyge bispinosa*	3	0,05	0,06	2	0,05	0,06	2,50	0,05	0,06
Poc	*Centropyge tibicen*	1	0,02	0,02	2	0,05	0,06	1,50	0,03	0,04
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	4	0,07	0,97				2,00	0,03	0,49
Pom	*Abudefduf whitleyi*	4	0,07	0,68	3	0,05	0,34	3,50	0,06	0,51
Pom	*Chromis fumea*	10	0,17	0,09	10	0,10	0,05	10,00	0,13	0,07
Pom	*Chromis viridis*	15	0,25	0,14	20	0,50	0,27	17,50	0,38	0,20
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,05	0,03	3	0,08	0,04	3,00	0,06	0,03
Pom	*Dascyllus aruanus*	10	0,17	0,09	10	0,25	0,14	10,00	0,21	0,11
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,25	0,14	10	0,17	0,09	12,50	0,21	0,11
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	20	0,33	0,18				10,00	0,17	0,09
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	**4**	0,07	0,09	2	0,05	0,06	3,00	0,06	0,07
Sca	*Chlorurus sordidus*	**3**	0,05	1,73	2	0,02	0,33	2,50	0,03	1,03
Sca	*Scarus niger*				1	0,01	2,13	0,50	0,01	1,06
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,03	1,15				1,00	0,02	0,58
Total		**141**	**2,35**	**18,31**	**78**	**1,53**	**12,29**	**109,50**	**1,94**	**15,30**
Biodiversité		**26**			**21**			**33**		
Indice de Shannon =		4,115								
Equitabilité =		0,818								

Sur l'ensemble des transects de la station, 219 individus appartenant à 33 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.94 poissons/m² pour une biomasse de 15.30 g/m².
87 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 91).

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

Tableau n°91 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Epinephelus maculatus*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Epinephelus ongus*	Pom	*Abudefduf vaigiensis*
Aca	*Naso unicornis*	Epi	*Epinephelus ongus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Cheilodipterus artus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Apo	*Ostorhinchus capricornis*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Pomacentrus amboinesis*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Ble	*Plagiotremus laudandus*	Lab	*Halichoeres marginatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cac	*Triaenodon obesus*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Pomacentrus wardi*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Sca	*Scarus dimidiatus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Mic	*Pervagor aspricaudus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus vulpinus*
Das	*Dasyatis kuhlii*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Syn	*Saurida gracilis*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 92 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 74.

Sous l'angle de vue des proportions, la structure du peuplement de novembre 2018 ne diffère pas de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi.
Dans l'ensemble des missions de la série historique, et donc à part cette dernière observation, il n'existe aucune structure de peuplements qui puisse être assimilée à la structure moyenne sur la série Toutefois, globalement, toutes ces structures forment un ensemble significativement hétérogène (cf. tableau synoptique 118).

Tableau n°92 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		2018 b	**Moy.**	2018 b	**Moy.**
Acanthuridae	40	3	2,44	7,50	6,10
Chaetodontidae	30	6	3,28	20,00	10,93
Epinephelinae	26	3	2,28	11,54	8,77
Labridae	97	3	3,67	3,09	3,78

Lethrinidae	16	0	0,06	0,00	0,38
Lutjanidae	22	0	0,11	0,00	0,50
Mullidae	14	0	0,78	0,00	5,57
Pomacanthidae	14	3	3,28	21,43	23,43
Pomacentridae	92	9	7,22	9,78	7,85
Scaridae	23	2	2,81	8,70	12,22
Siganidae	10	1	0,72	10,00	7,20
Autres	257	3	4,44	1,17	1,73
Khi2 obs		**4,6**		**17,1**	
Khi2 tab				**19,7**	

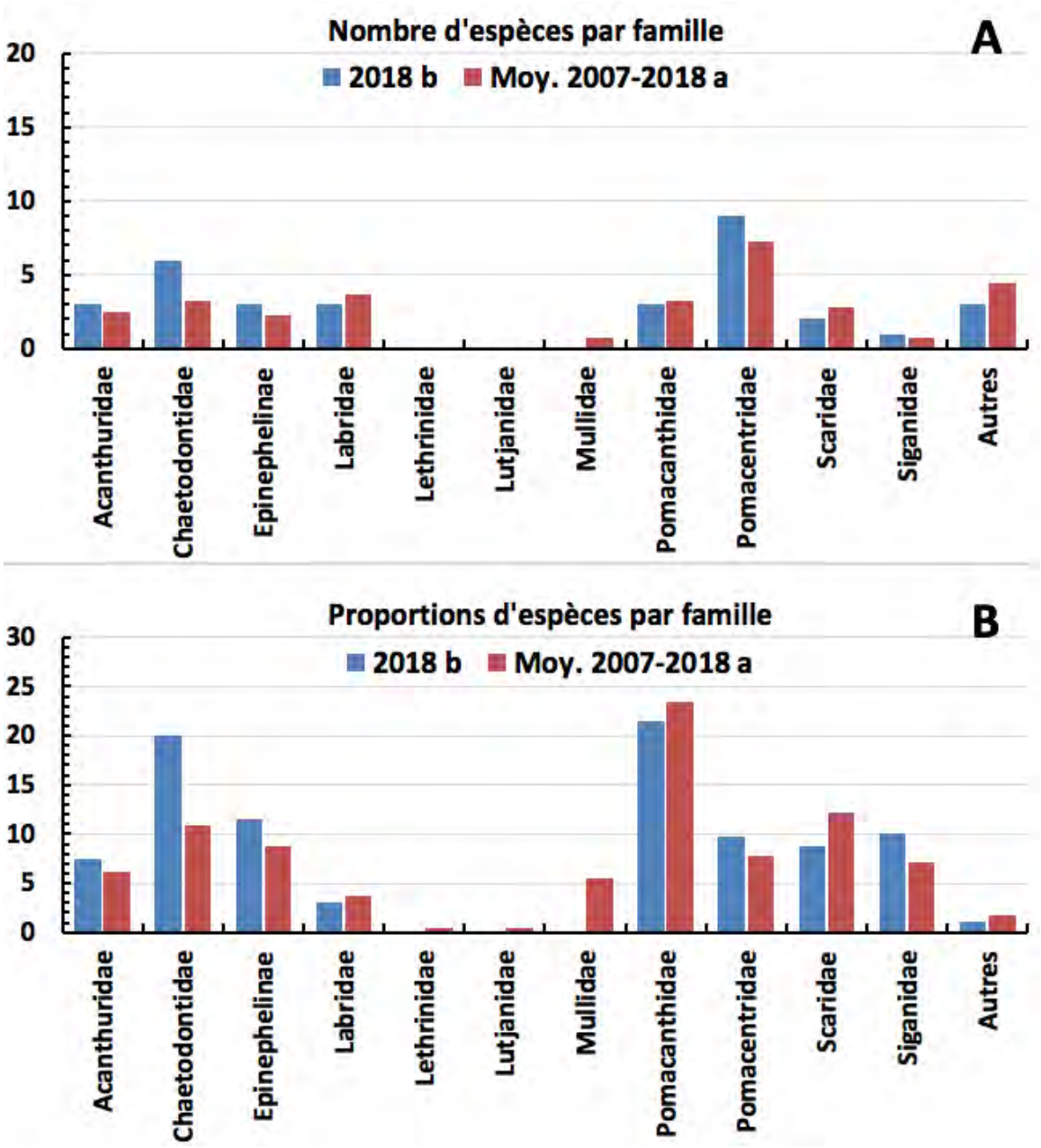


Figure n°74 : <u>Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12)</u>
L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en 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 93 et la figure 75.

Tableau n°93 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)

Ugo ST12		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	141	2,35	18,31	26		
	Transect B	78	1,53	12,29	21		
	Moy. ABC	**129,00**	**2,15**	**75,42**	**39**	**64**	**93**
2018 a	Moy. ABC	109,50	1,94	15,30	33	65	87
2017 b	Moy. ABC	96,00	1,50	10,70	38	51	82
2017 a	Moy. ABC	151,00	2,82	20,19	31	60	87
2016 b	Moy. ABC	101,50	1,44	6,93	36	59	88
2016 a	Moy. ABC	204,00	2,59	42,45	28	52	80
2015 b	Moy. ABC	269,00	2,34	191,45	26	57	87
2015 a	Moy. ABC	171,00	2,15	46,44	30	60	91
2014 b	Moy. ABC	139,00	1,54	189,24	28	52	94
2014 a	Moy. ABC	90,50	1,13	71,86	28	55	91
2013 b	Moy. ABC	147,00	2,13	94,55	37	58	82
2013 a	Moy. ABC	115,50	1,60	57,85	35	52	86
2012 b	Moy. ABC	122,50	1,46	49,33	32	48	81
2012 a	Moy. ABC	114	1,40	326,70	32	46	75
2011 b	Moy. ABC	48,00	0,60	14,42	25	48	80
2011 a	Moy. ABC	115,50	2,36	79,86	30	43	81
2010 b	Moy. ABC	108	1,44	13,93	18	28	50
2010 a	Moy. ABC	93,00	3,01	63,58	41	58	90
2009	Moy. ABC	100,50	3,49	73,03	23	40	70
2008	Moy. ABC	*Pas d'échantillonnage*					
2007	Moy. ABC						

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 94 et représentation figure 76.

Tableau n°94 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	9 296,2	0,8	6713,3	31,7	72,4	90,9
Ecart type	96,42	0,89	81,93	5,63	8,51	9,53
Moyenne	141,74	2,07	71,58	31,26	52,37	82,81
Coef. de Var.	0,68	0,43	1,14	0,18	0,16	0,12

Commentaires :
- La densité est moyenne ;
- La biomasse est très faibles ;
- La biodiversité est moyenne sur les transects et forte sur la station.

La série historique 2007-2018 a montre des structures de peuplement encore plus changeantes que sur les autres stations du canal de la Havannah. Le relief escarpé de la station fait qu'il s'agit plus d'une zone de passage que de résidence. Les espèces sédentaires y sont rares. L'absence d'hydrodynamisme entretient la pauvreté de la Bα.
Au cours des 19 missions, toutes les structures spécifiques (cf. tableau synoptique 118) de peuplements observées différent entre elles significativement et diffèrent également de la structure moyenne.
Hormis quelques Apogons, quelques labres et Pomacentridae qui se retrouvent partout, Ugo apparaît comme une zone de transit et donc de peu d'intérêt pour le suivi du peuplement ichtyologique.

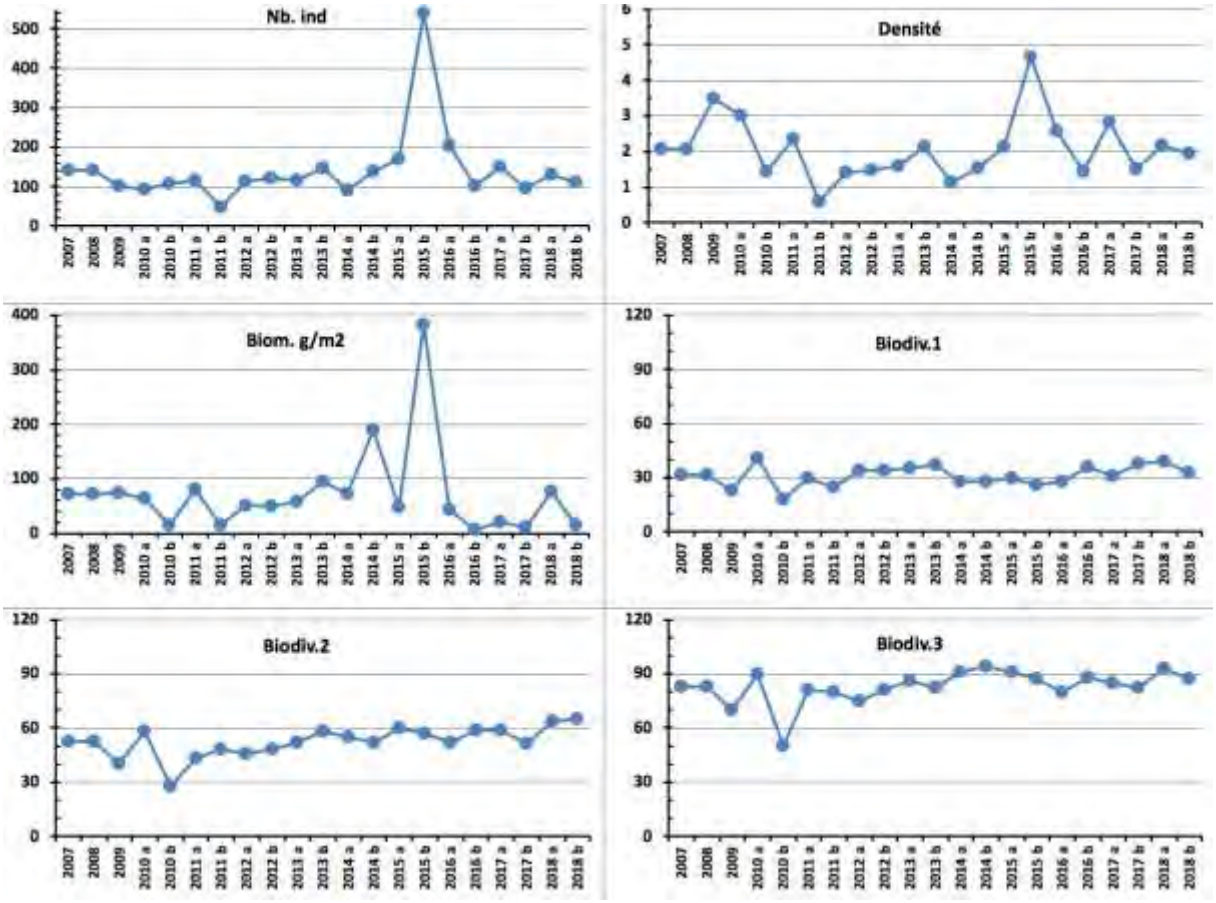


Figure n°75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

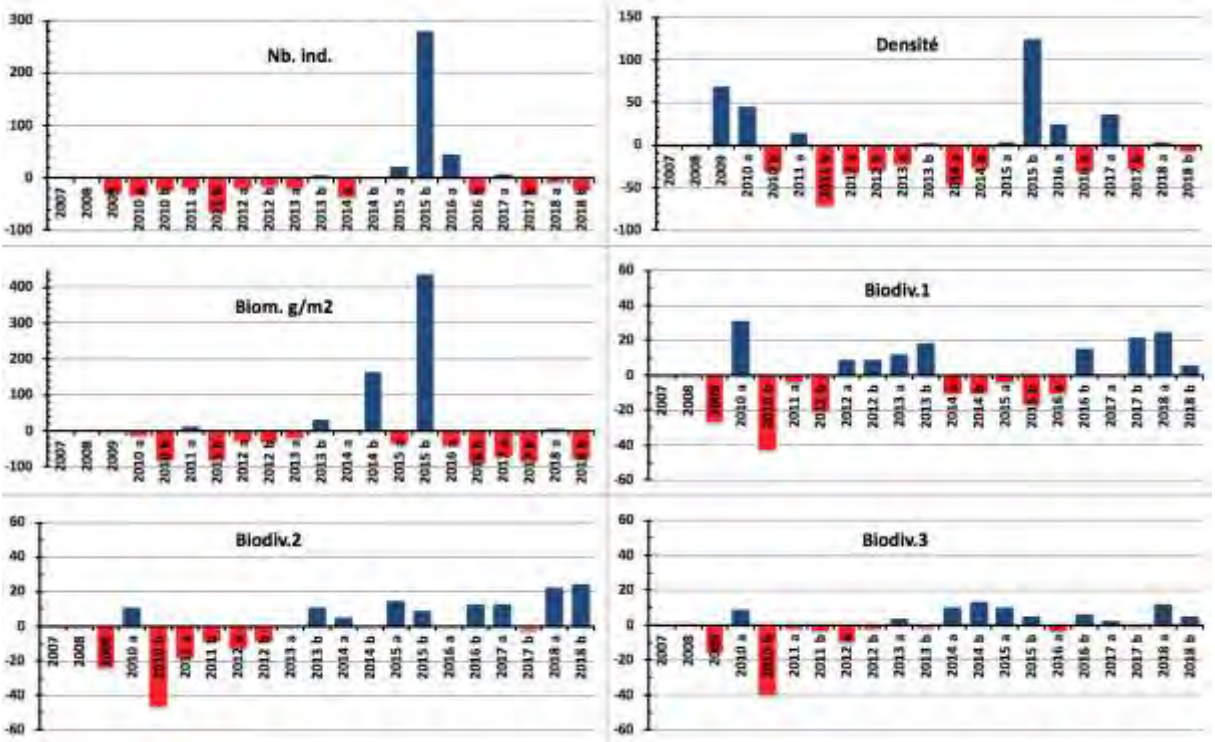


Figure n°76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

5 Résultats généraux / Synthèse

Les cartes 14 et 15 présentent la synthèse des résultats bruts pour cette mission à chaque station, à savoir :

- pour le substrat : le pourcentage de recouvrement de 3 composantes clés : la partie abiotique et les coraux puis le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »), ces deux groupes formant la partie biotique,
- pour les communautés benthiques : la richesse taxonomique (nombre d'espèces) des 2 groupes clés : les macrophytes et les invertébrés,
- pour la faune ichtyologique : la diversité spécifique (nombre d'espèces observées, liste restreinte), la densité (nb. individus/m²) et la biomasse (g/m²).

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

5.1 Substrat

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

Le tableau b en annexe 03 et la figure 74 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.

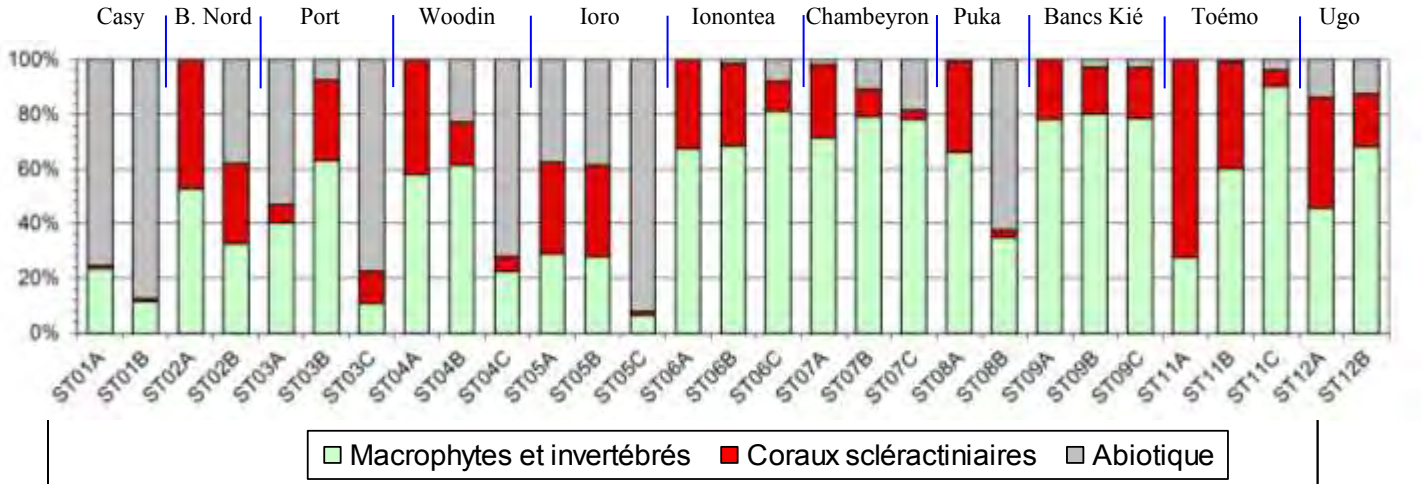


Figure n°77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Analyse par site :

Les stations situées en **baie de Prony et canal Woodin** (à l'exception notable des transects ST02A, ST03B et ST04A&B) ont globalement un substrat à majorité abiotique (moyenne de près de 67.3%).

La résilience observée après les dégradations du début d'année 2016 en 2017 et 2018 s'est maintenue et le taux de recouvrement corallien est stable en moyenne pour cette mission (19%), et avec une forte hausse (+22%) au transect A de la ST02.

Les stations (et les transects dans chaque station) dans le **canal de la Havannah** sont très diversifiés. Il ressort cependant une dominance du substrat biotique (excepté pour le transect C de la station ST05 qui est installé sur une pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour le transect ST08B). Ainsi, l'abiotique représente seulement 16.3% en moyenne du recouvrement, soit près de 84% de biotique. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah est en légère hausse à 23.8% (*vs* 20.6%).

Analyse par station :

C'est le transect A de la station ST11 (Toémo) qui présente le plus fort taux de recouvrement corallien scléractiniaire tant pour cette station, pour cette mission mais aussi pour toutes les séries du suivi avec une forte hausse et un résultat donc encore jamais atteint : 72.5%. La moyenne sur la station est de 39.2% pour les 3

transects et de 55.8% en ne prenant en compte que les 2 transects supérieurs. Le 2ème rang est tenu par la ST02 (Creek baie nord) avec 38.5% pour les 2 transects dont 47.5% pour celui du haut.
La station la plus pauvre est la ST01 (Casy) avec seulement 1% de scléractiniaires sur ces transects.

Les variations de recouvrement sur la globalité de la zone d'étude sont à une échelle infime en général et après les perturbations enregistrées en 2016, les stations retrouvent une certaine stabilité avec un retour progressif aux valeurs antérieures (résilience) depuis 2017, bien confirmé pour cette mission encore.
Attention cependant à la ST01 (Casy) qui a fait l'objet d'une invasion d'*Acanthaster planci* (en 2017-2018) ayant provoqué le blanchissement et la mort des coraux branchus présents. Il ne reste plus que quelques *Pocillopora* sp. encore en vie.
De même, cette prolifération s'est déclarée dans le canal Woodin et le transect B a vu son taux de recouvrement en scléractiniares chuté de 16.5% (15.5% *vs* 32%) pour cette mission et cela laisse présager une dégradation de toute la station dans l'avenir.

Tous les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que sur les transects supérieurs.

5.2 Benthos

Les résultats bruts (listing et abondance) du dénombrement du benthos, sont présentés en annexe 04 (résultats par transect pour toutes les stations).

5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités

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

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

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

Pour ce faire, l'ensemble des biocénoses benthiques (fixes et mobiles) sont inventoriées depuis 2007 et plusieurs **indicateurs** particulièrement suivis :
Certaines espèces dites « **espèces cibles** » permettent selon leur variation abondance d'évaluer l'état de santé du milieu. En effet, la présence des invertébrés mobiles (astéries, échinides, holothuries, mollusques…), est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème. Cependant, l'absence ou la diminution d'abondance des invertébrés mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de dégradation ou de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri …
Les observations **d'organismes morts** permettent de donner une alerte mais elles sont peu fréquentes car ils sont rapidement consommés dans la chaine alimentaire.
Les proliférations d'espèces corallivores sont bien entendu un indicateur du dérèglement de l'écosystème mais cette manifestation n'est pas forcément la source initiale des perturbations.
Les espèces exogènes et les espèces envahissantes sont également recherchées quelle que soit l'embranchement.
Quelques espèces mobiles (particulièrement les corallivores pour les gastéropodes et les astéries) ont été sélectionnées comme espèces cibles et caractérisent si leur abondance est excessive des perturbations récifales (Gastéropodes : *Drupella cornus, Coralliophila violacea ;* Astéries : *Acanthaster planci, Culcita novaeguineae,* Spongiaires : *Cliona orientalis* et *C. jullieni ;* Cyanobactéries...). Mais encore une fois, tous les taxons peuvent

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

Ce suivi est donc un **suivi à long terme : l'étude des biocénoses benthiques mobiles doit être appréhendée sur plusieurs périodes de suivi ou de manière complémentaire suite à une dégradation de l'habitat (étude des coraux).**
Cependant, l**a variabilité saisonnière des macrophytes** est importante et chaque groupe algal a un rythme de développement spécifique durant l'année. De ce fait, la périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes car les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement ne sont pas forcément prises en compte. Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

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

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

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

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

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

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

5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude

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

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

De manière générale, les récifs étudiés dans les niveaux supérieurs et médians ont une diversité élevée. Pourtant ces niveaux bathymétriques sont perturbés par les agents hydrodynamiques, par les anomalies de salinité de surface, par les panaches turbides et les évènements exceptionnels (naturel ou anthropique).

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

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

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

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

5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude

Les activités anthropiques, dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin, sont susceptibles d'interagir sur la mobilisation des particules terrigène et sédimentaires (activités minière et portuaire ainsi que le trafic maritime).
L'exploitation des latérites nickélifères de Nouvelle-Calédonie a conduit Vale Nouvelle-Calédonie à mettre en place un procédé de solubilisation du minerai par voie acide produisant des effluents. Le rejet est réalisé à partir d'un émissaire marin d'une longueur de 21 km et composé à son extrémité d'un diffuseur de 1 km. Ce rejet se fait dans le canal de la Havannah, milieu relativement profond, où les courants semblent suffisamment importants pour assurer la dispersion des effluents industriels. Cette pression sur le milieu marin a nécessité de développer des études et un programme intégré ayant pour objectifs de définir avec précision les états de référence biologique et physico-chimique, de comprendre le comportement géochimique de l'effluent avec le milieu naturel, de prédire ses effets biologiques et de modéliser les phénomènes de dispersion.
La mise en place d'un réseau de surveillance permet actuellement de conduire un suivi environnemental du milieu marin d'un point de vue physico-chimique, écotoxicologique et biologique (l'étude des communautés récifales étant l'objet d'une partie de ce rapport).
De plus l'installation de l'usine d'acide en amont du Creek baie nord peut être une source de perturbations à l'embouchure du creek et en périphérie (accident 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 sont présentés :

- les invertébrés (hors coraux durs)

- les macrophytes.

La richesse spécifique des invertébrés est comprise entre 18 à 58 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 29.9 taxa par transect *vs* 35.7 : baisse).
La richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 0 à 21 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 4.8 taxa par transect *vs* 5.2 : stable à 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.

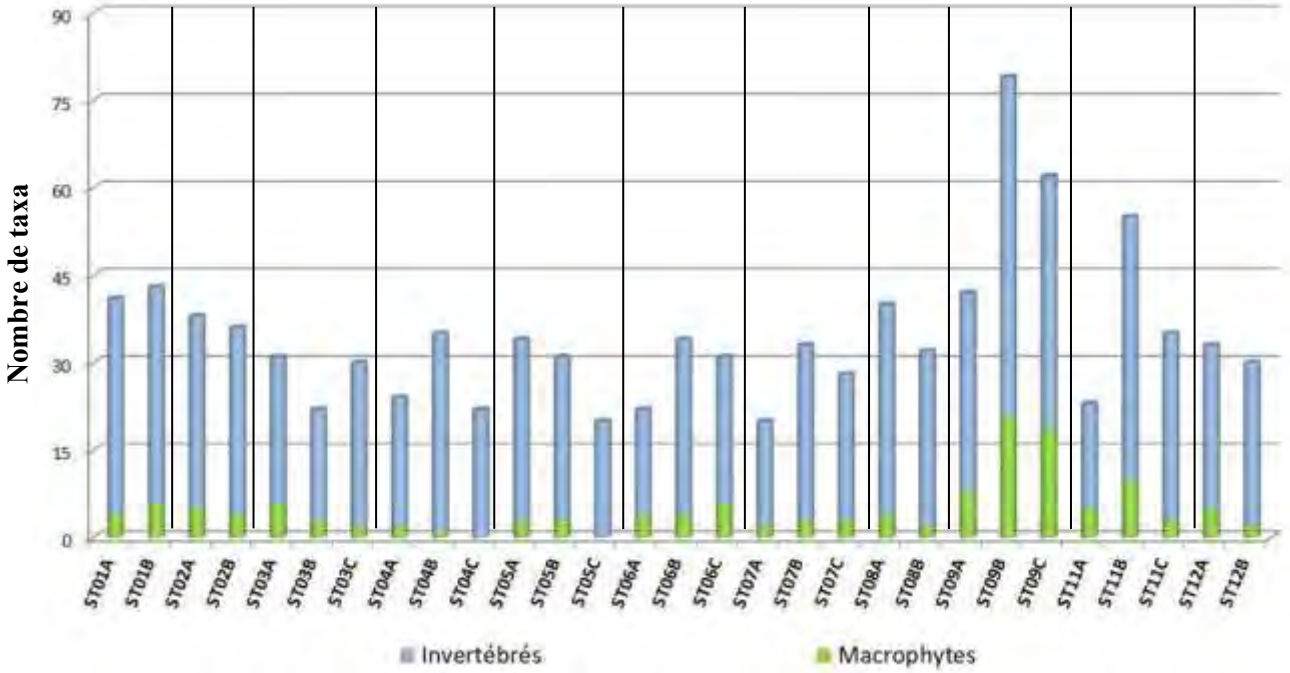


Figure n°78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

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 novembre 2018, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **91 espèces d'invertébrés** dont 22 espèces de mollusques ; 20 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (6 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 26 espèces d'échinodermes : astéries (9 taxons), holothurides (8 taxons), échinides (6 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 12 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- **26 espèces de macrophytes** : algues vertes (13 taxons), algues rouges (9 taxons), algues brunes (4 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

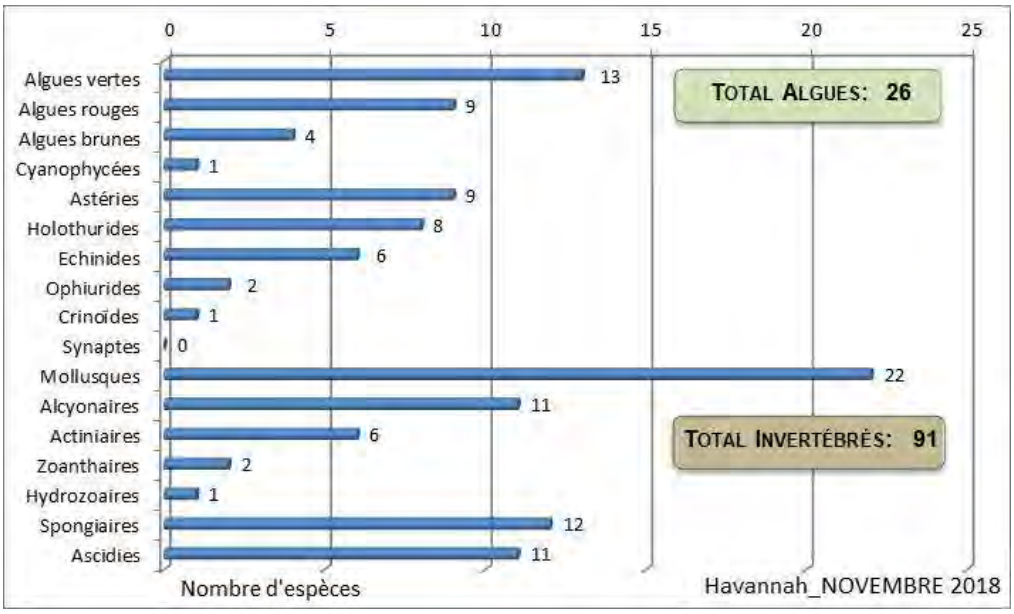


Figure n°79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En novembre 2018, la richesse spécifique du site Woodin est composée de :

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

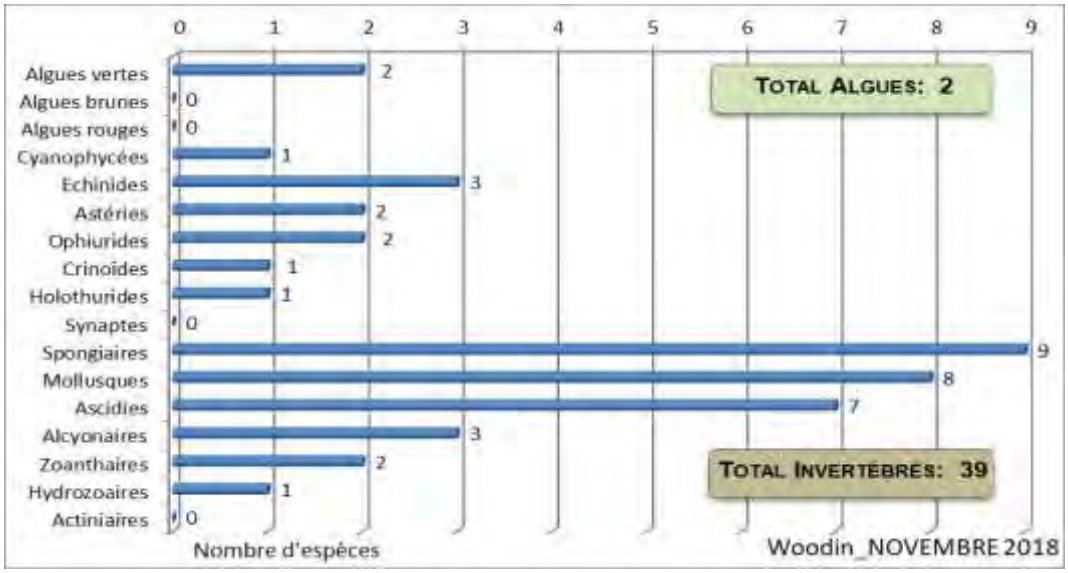


Figure n°80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

En novembre 2018, la richesse spécifique du site Prony est composée de :

- **62 espèces d'invertébrés** dont 16 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 19 espèces d'échinodermes : astéries (7 taxons), échinides (5 taxons), holothurides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **10 espèces de macrophytes :** algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

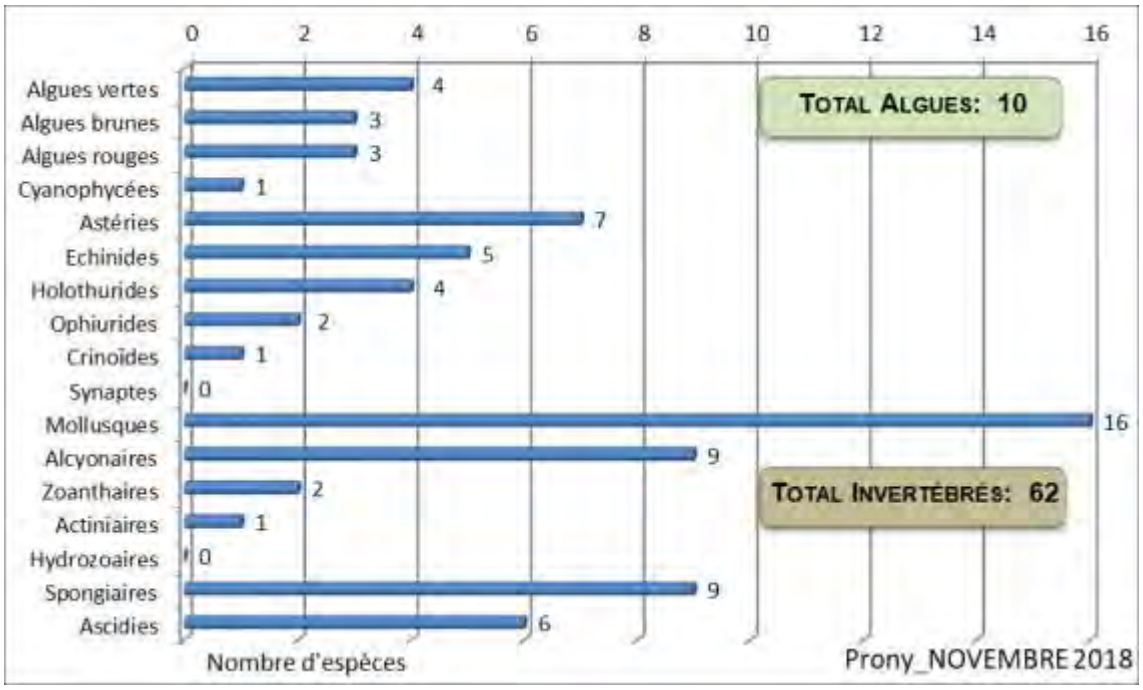


Figure n°81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique

La biodiversité de chaque site est dépendante des conditions du milieu <u>mais également du nombre de stations échantillonnées</u> car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospectée).
Le plan d'échantillonnage est très disparate dans la zone d'étude car 7 à 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés

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

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

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

<u>Selon les sites</u> : Havannah : 91 taxons, Prony : 62 taxons et Woodin : 42.

<u>Selon les stations</u> : 39 à 62 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03=ST04 et ST09).

<u>Selon les transects</u> : 18 à 58 espèces ont été dénombrées (respectivement ST06A=ST07A 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 **29.85 (+/- 8.93) taxons**.
La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les invertébrés (avec 34, 58 et 43 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 62 espèces au total pour la station).
Il est à noter que les organismes mobiles présents dans les pourtours des stations ne sont pas comptabilisés car ils ne sont pas localisés dans les couloirs de comptage.

5.2.4.2 La biodiversité des macrophytes

Les macrophytes ont un assemblage spécifique composé par les algues rouges, vertes et brunes.

Ces assemblages sont décrits précisément dans les § 4.x.2 précédents. **Cette diversité des macrophytes est contrastée dans la zone d'étude.**

<u>Selon les sites</u> : Havannah : 25 taxons, Prony : 10 taxons et Woodin : 2 taxons.

<u>Selon les stations</u> : 2 à 23 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04 et ST09).

<u>Selon les transects</u> : 0 à 21 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C = ST05C et ST09B).

Pour cette mission, la moyenne du nombre d'espèce de macrophytes par transect pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est **de 4.83 (+/-4.74) taxons.**
Aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour les transects ST04C et ST05C.
Une seule espèce a été recensée *in situ* pour le transect ST04B.
La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les macrophytes (avec 11, 21 et 19 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 23 espèces au total pour la station).

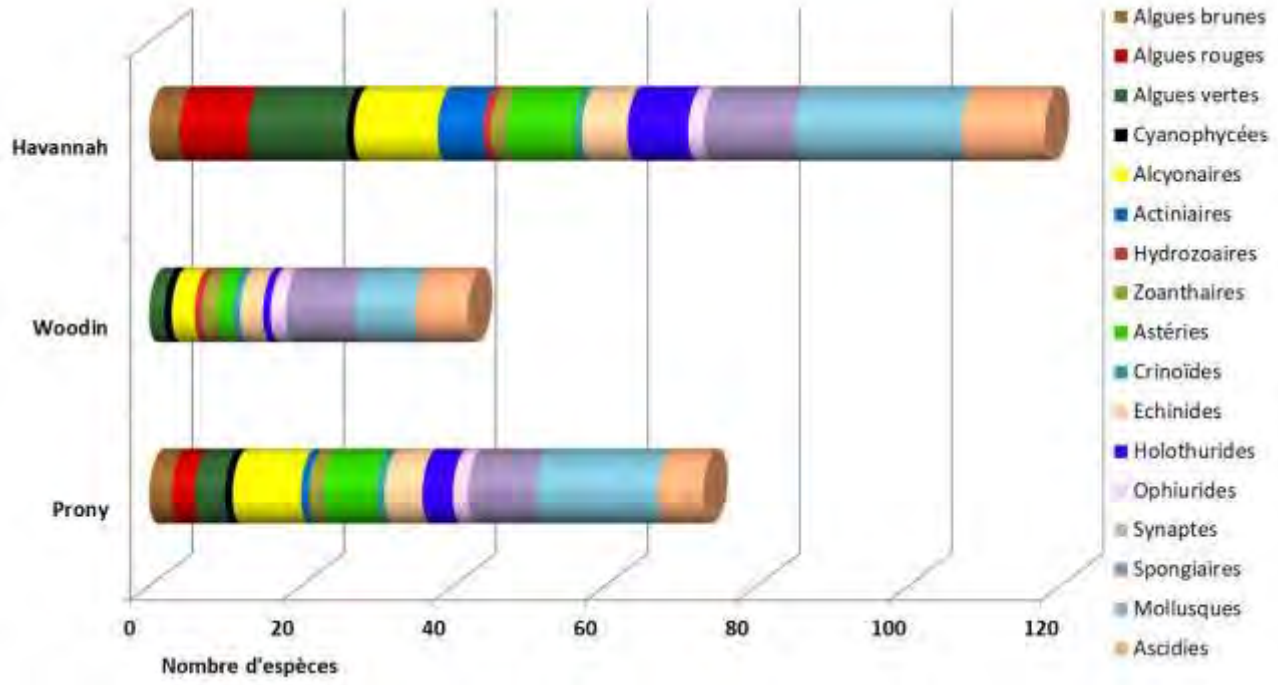


Figure n°82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

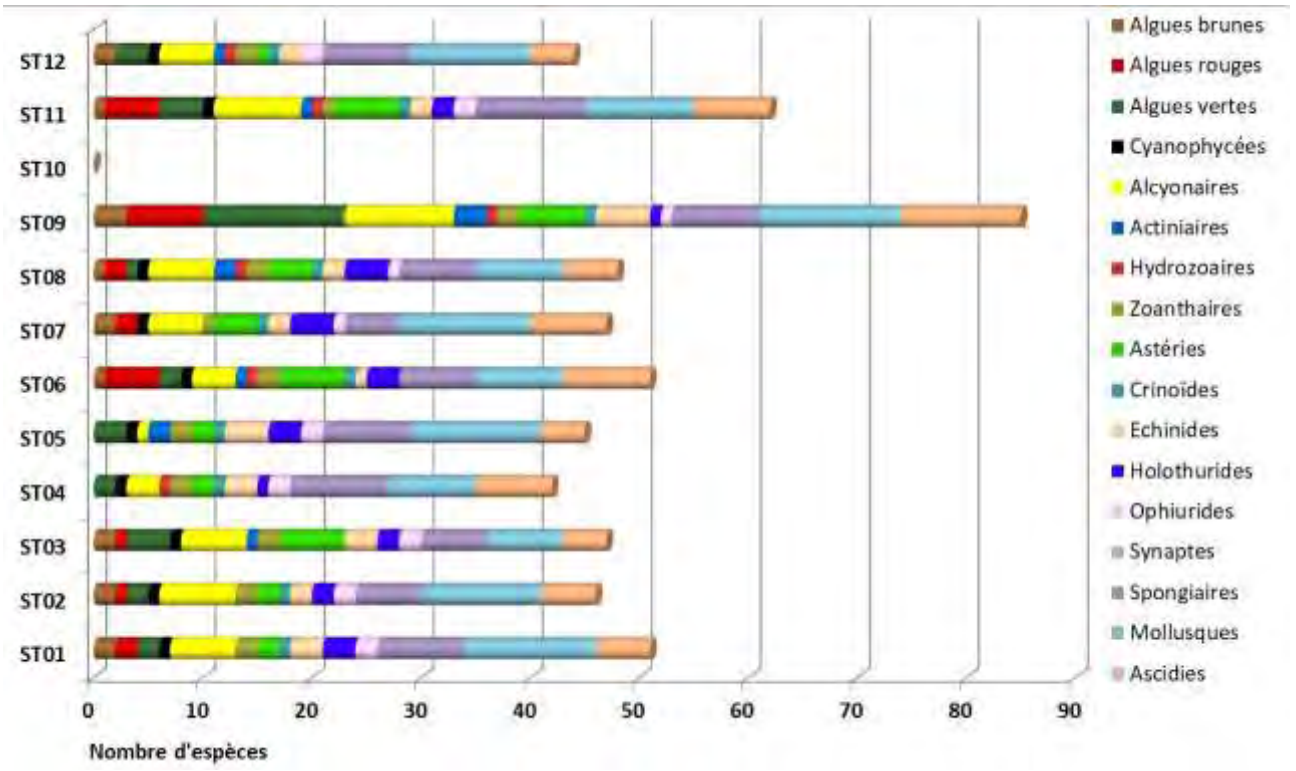


Figure n°83 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station*

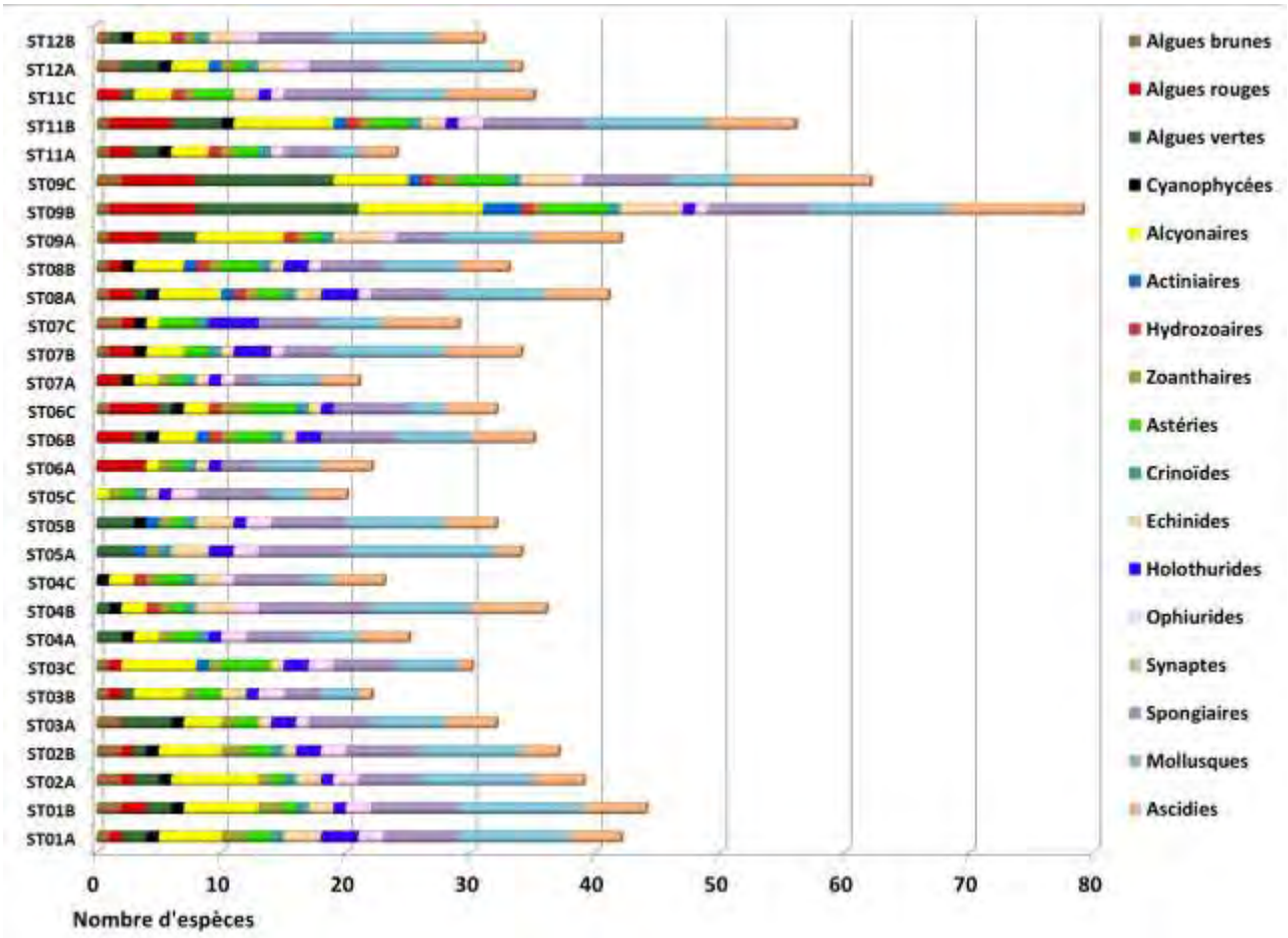


Figure n°84 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect*

5.3 Ichtyologie

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le tableau 95 et les figures 85 à 87 (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau n°95 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune

		Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01	ILOT CASY	94,5	1,98	19,19	**26**	**50**	**74**	3,844	0,818
	ST02	CREEK BAIE NORD	188	3,03	14,08	16	38	54	**1,378**	**0,345**
	ST03	PORT	39,67	0,99	2,56	18	45	61	3,328	0,798
		Variances (σ^2)	5625,06	1,04	72,56	28	36,33	103	1,69	0,07
		Ecart types (σ)	75	1,02	8,52	5,29	6,03	10,15	1,3	0,27
		Moyennes (μ)	107,39	2	11,94	20	44,33	63	2,85	0,65
		Coef. de Var(σ/μ)	0,7	0,51	0,71	0,26	0,14	0,16	0,46	0,41
		Int. de Conf. 95%	86,6	1,18	9,84	6,11	6,96	11,72	1,5	0,31
Canal de la HAVANNAH	ST04	WOODIN	534,67	7,21	438,1	74	100	135	4,509	0,726
	ST05	IORO	93,67	0,93	31,12	47	66	94	4,594	0,827
	ST06	IONONTEA	267,33	4,11	269,22	74	88	123	4,53	0,729
	ST07	B. CHAMBEYRON	201	3,08	152,94	57	79	110	4,456	0,764
	ST08	PUKA	61	1,79	11,04	30	80	105	4,206	0,857
	ST09	BANCS KIE	151	1,88	13,76	51	71	96	4,525	0,798
	ST11	TOEMO								
	ST12	UGO	178	1,66	40,1	56	84	117	4,43	0,763
		Variances (σ^2)	109,5	1,94	15,3	33	65	87	4,115	0,816
		Ecart types (σ)	22605,6	4,09	24703,9	267,93	139,55	261,13	0,03	0
		Moyennes (μ)	150,35	2,02	157,17	16,37	11,81	16,16	0,17	0,05
		Coef. de Var(σ/μ)	199,52	2,83	121,45	52,75	79,13	108,38	4,42	0,79
		Int. de Conf. 95%	0,75	0,72	1,29	0,31	0,15	0,15	0,04	0,06

***Nb** : nombre moyen de poissons sur un transect ; **Dens**. : Densité (Nb/m²) moyenne sur la station ; **Biom**. : Biomasse (g/m²) moyenne sur la station ; **Biod.1** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects ; **Biod.2** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ; **Biod.3** : Toutes espèces présentes sur la station ; **Ish** : Indice de Shannon ; **Eq** : Indice d'2quitabilité ; **Int. de Conf**. : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha = 0,025$.*

C'est la station ST02 (Creek baie nord) qui présente les plus faibles chiffres pour la richesse spécifique et les 2 indices (Shannon et équitabilité). C'est la station ST03 (Port) qui présentait le moins d'individus et la plus faible biomasse. C'est sur la station ST05 (Ioro) qui avait la densité la moins élevée.
Pour cette mission c'est la station ST04 qui est particulièrement riche en abondance, richesse spécifique (à égalité avec la ST06), densité et biomasse. La station ST05 présente le meilleur taux pour l'indice de Shannon et la ST08 pour l'équitabilité : ce sont donc des stations avec une structure des populations très homogène. Mais c'est aussi le cas de toutes les stations (tous les indices d'équitabilité sont > 0.6) à part la ST02 (Equitabilité à 0.345).

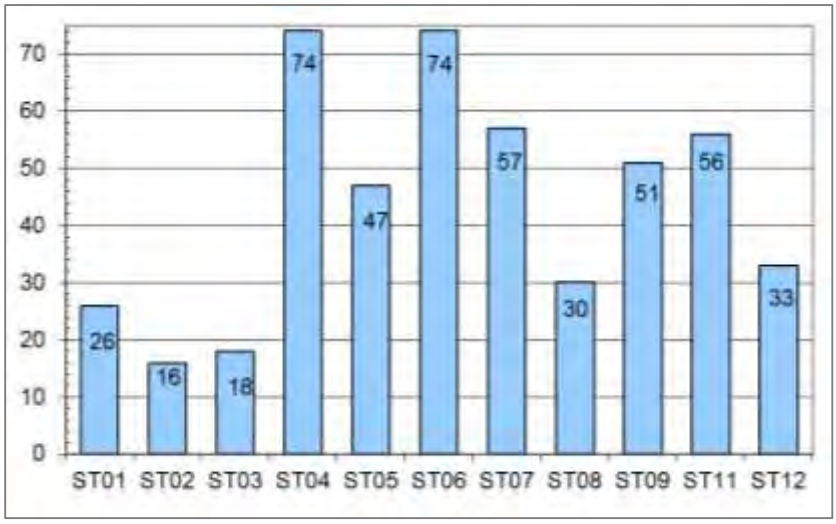
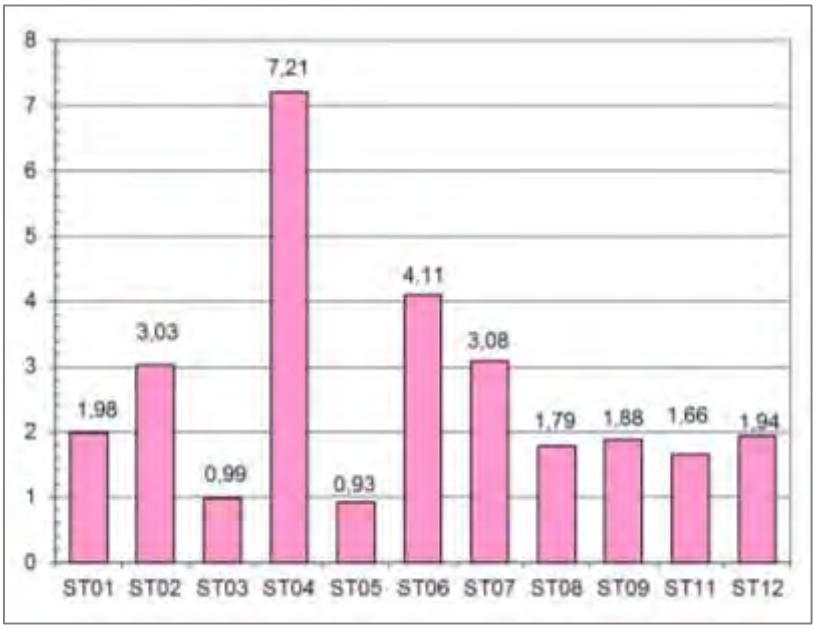


Figure n°85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



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

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

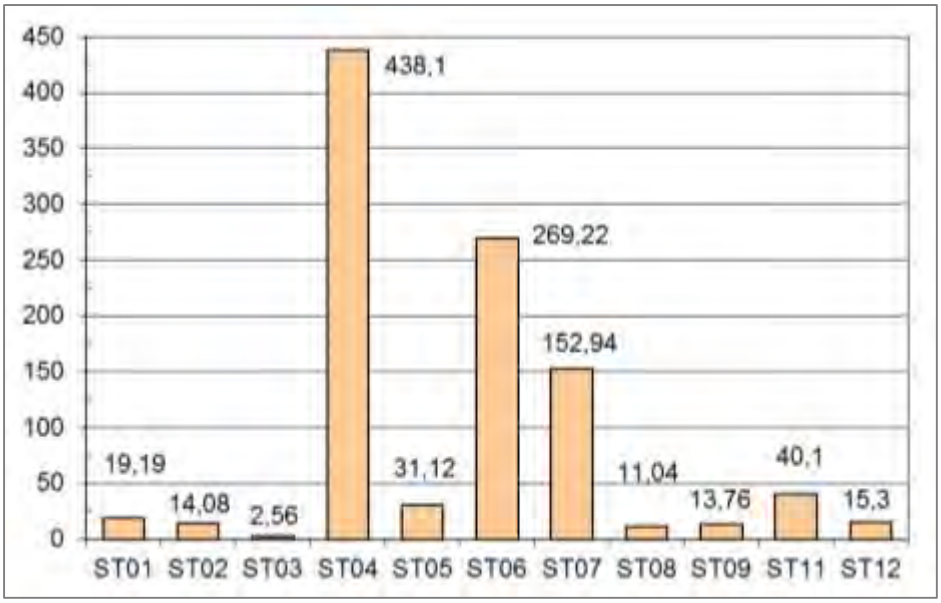


Figure n°87 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

5.4 Espèces exogènes / espèces invasives / envahissantes

5.4.1 Définitions

L'introduction d'espèce exogène est préoccupante car **tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive** (espèce envahissante exogène)**. Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans les communautés biologiques locales.**

***Espèce exogène* (espèce exotique ou espèce non indigène ou espèce allochtone) :** Se dit d'une espèce qui provient d'un autre pays, d'une autre région du monde, qui n'est pas native de l'endroit.

Espèce indigène (ou espèce native ou espèce autochtone) : Qualifie la nature d'une espèce particulière native d'une région particulière ; se dit d'un organisme ou d'une espèce qui est naturellement originaire (indigène, autochtone) d'un environnement ou d'une région. Son contraire est espèce non indigène ou espèce exogène ou espèce allochtone.

La notion écologique d'espèce invasive et d'espèce envahissante est récente : Pour la comprendre, il faut savoir que les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, à l'échelle de temps humaine au moins, sont relativement bien établis. Sans intervention humaine, les phénomènes d'extension brutale de l'aire de répartition d'une espèce sont extrêmement rares. Les besoins des sociétés humaines conduisent à l'exploitation plus ou moins intense des écosystèmes et affectent la biodiversité.
Les auteurs ne sont pas encore d'accord sur l'emploi et la définition exacte des deux termes « espèce envahissante ou invasive », ce dernier mot étant en plus un anglicisme.
Cependant, pour plus de clarté, nous arrêterons dans le présent rapport les définitions suivantes :

Espèce invasive : Une espèce invasive ou espèce envahissante exogène ou espèce exotique envahissante est une espèce non native de la zone concernée (introduite) et qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi-naturels parmi lesquels elle s'est établie.
Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans leur communauté biologique locale. Tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive.

Espèce envahissante : espèce indigène dont le potentiel de reproduction est important et qui lors d'un développement excessif (dû à des facteurs x) pourra alors déséquilibrer son milieu.

Il faut donc bien faire la différence entre une espèce invasive (exogène à la base) et envahissante (indigène), même si les 2 phénomènes sont à surveiller du fait de leurs conséquences néfastes sur l'environnement.

5.4.2 Espèces exogènes / invasives

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

Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah), de la complexité et la multiplicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sur les stations d'étude biologique sont mineures et seraient à préciser et renforcer avec un plan d'échantillonnage et une méthodologie plus adaptés à la problématique des espèces exogènes, si celle-ci venait à être identifiée par les administrations compétentes.
Cependant, au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quel que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes, invasives ou non.

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

5.4.3 Espèces envahissantes

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

- L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (depuis le suivi d'août 2007), ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourrait nuire à l'environnement.
- Cependant, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes (***Asparagopsis*** et ***Lobophora)***. Des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.
- **Par ailleurs, pour la seconde fois depuis le début du suivi, une prolifération d'*Acanthaster planci* est constatée, sur la station ST04 (Woodin) cette fois-ci.** 51 spécimens (sur 300 m², mais essentiellement sur le transect médian) ont été observés. Les colonies attaquées (blanchies et mortes en place) sont pour le moment des *Acropora* tabulaires.

La 1ère alerte concernée la ST01 (Casy) où sur 3 missions successives (avril 2017 à mai 2018) le transect A présentait une prolifération d'*Acanthaster planci* (12, 13 et 7 spécimens / 100 m²). Lors du suivi de novembre 2016 un seul spécimen avait été observé, comme pour cette mission (cf. § 6.2.2.3).
De plus, pour cette mission, ces corallivores ont été recensés (un seul spécimen) pour les transects ST03C, ST05B et ST12A.

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.

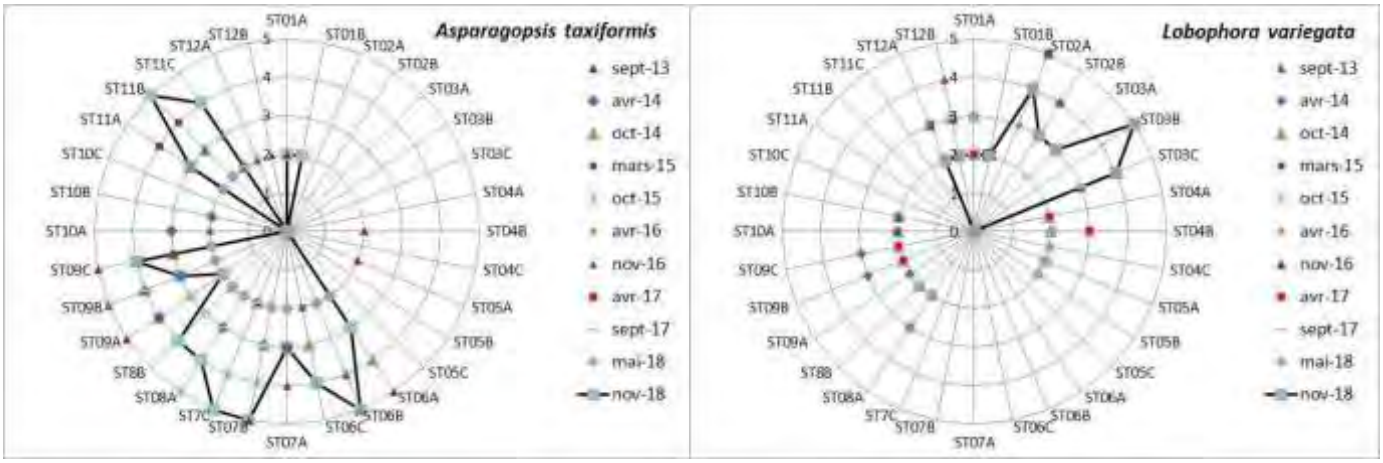


Figure n°88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d'Asparagopsis taxiformis et de Lobophora variegata entre septembre 2013 et novembre 2018

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 absente dans la baie de Prony et le canal Woodin. Son

recouvrement diminue largement dans le canal de la Havannah et elle est nouvellement absente des transects ST06C, ST07AC, ST11 et ST12.

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

En mai 2018 l'algue rouge *Asparagopsis* est toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Depuis la mission précédente, l'abondance est en diminution pour de nombreux couloirs du réseau de suivi du canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2).

En novembre 2018 l'algue rouge *Asparagopsis* est présente de manière exceptionnelle en ST01 (Casy) de la baie de Prony (niveau 2). Elle est toujours absente pour les autres stations de la baie de Prony et du canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue).
Par contre, elle se développe de manière importante dans le canal de la Havannah pour les stations ST06, ST07, ST08, ST09, ST11 (surtout pour les niveaux bathymétriques médians et inférieurs : abondance de niveau 4 à 5). Et elle est absente en ST05 et ST12.

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), la mission d'avril 2014 pour le banc Kié (ST09) et la mission de mai 2018 pour le banc de Ioro (ST05A). Cependant, une grande partie du recouvrement algale peut être balayé lors de la sénescence des thalles pour les stations soumises régulièrement à des agents hydrodynamiques importants du canal de la Havannah, comme à Puka (ST08) en novembre 2018. Cette algue a toujours été absente des stations ST06, ST07, ST11.

Dans le canal Woodin, le développement de cette algue était jusqu'à présent restreint. Cependant, le récif a subi un effondrement de débris occasionné par la houle résiduelle du cyclone Pam en mars 2015. De fait, il y avait depuis un développement modéré et pérenne de l'algue *Lobophora* sur les débris (particulièrement en ST04B). En novembre 2018, cette algue est absente en ST04.

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

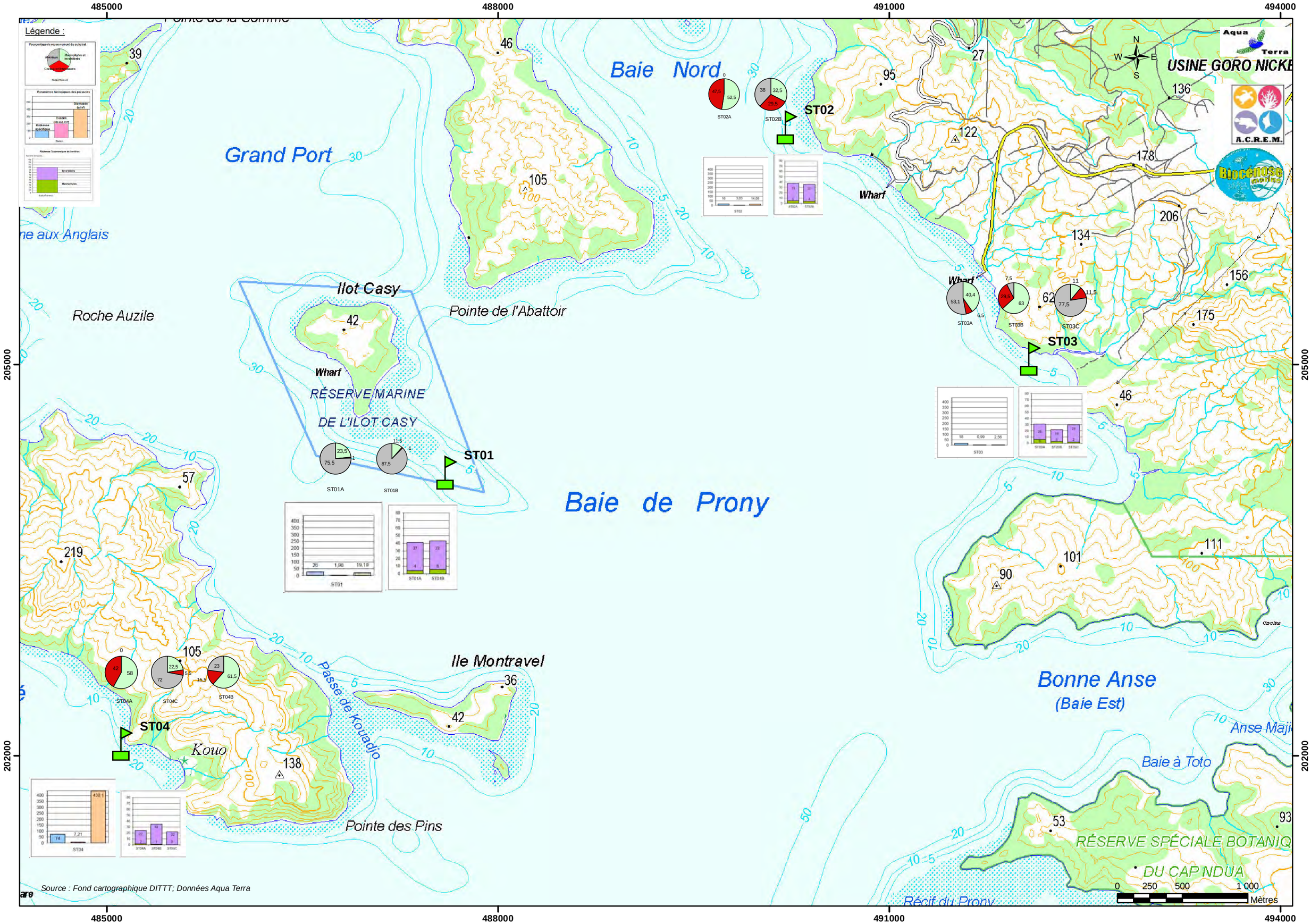
En septembre 2017, le recouvrement de *Lobophora* a tendance à évoluer par rapport à la mission précédente : hausse pour les transects ST01A et ST12AB et baisse pour ST3AC, ST04B et ST09BC.
Les transects présentant le plus fort recouvrement de *Lobophora* sont ST02A (niveau 4) et ST03B (niveau 5).

En mai 2018, le recouvrement de *Lobophora* est +/- stable par rapport à la mission précédente à part pour les transects ST05A (augmentation au niveau 2) et ST12B (diminution au niveau 2). Par ailleurs, la station du Port (ST03) enregistre encore une hausse non négligeable pour les 3 transects (respectivement niveau 3, 5, 4). La sédimentation et la turbidité affaiblissent les coraux et les thalles de cette algue brune se développent sur les colonies mortes en place.

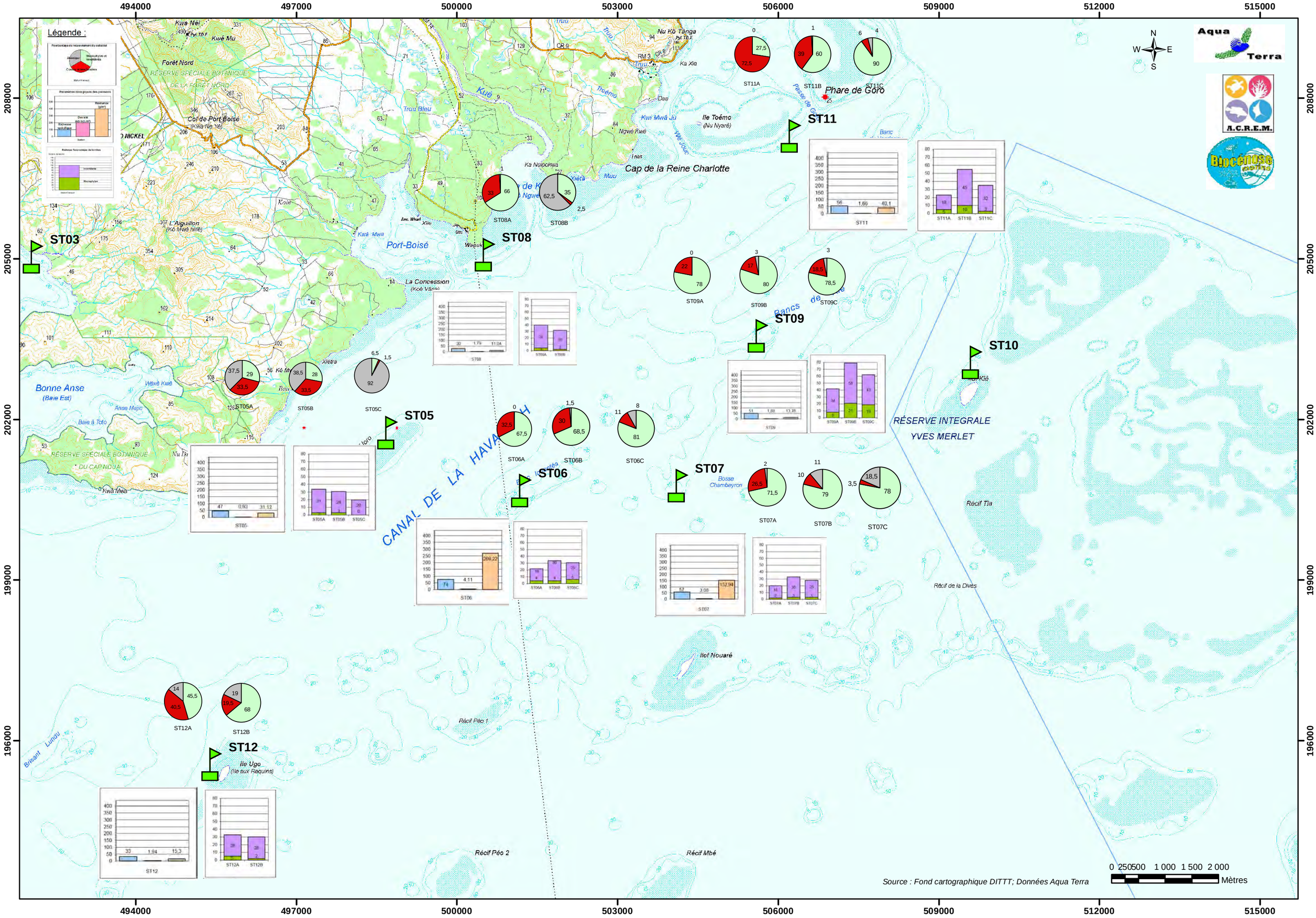
En novembre 2018, le recouvrement de *Lobophora* est +/- stable par rapport à la mission précédente. Les transects ST01A, ST04B, ST05AB, ST08AB enregistrent une diminution de recouvrement (surtout en ST04 et ST08 où elle est totalement absente depuis la mission précédente).
Son développement est toujours conséquent (niveau 4) en ST02A (Creek baie nord) et particulièrement important (niveaux 5 et 4) aux transects inférieurs de la ST03 (Port).

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 ils se développent sur les débris coralliens, les colonies mortes en place et à la base des coraux dégradées par la sédimentation et la turbidité.
La compétition spatiale est soutenue entre les coraux et ces algues brunes (surtout en ST03B).
→ L'apport de particules terrigènes parait 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°14 : Résultats généraux - Novembre 2018 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Carte n°15 : Résultats généraux - Novembre 2018 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah

6 Comparaison avec les données historiques

6.1 Substrat

Pour suivre une évolution globale, les résultats (en pourcentage de recouvrement) du biotique (en deux groupes : les coraux scléractiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « macrophytes et invertébrés ») et des fonds abiotiques sont comparés entre la mission actuelle et la précédente (cf. tableau 101).
Selon plusieurs études [16, 17], 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 » [18].
Pour ces raisons et les différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes, seule la marge supérieure à 20% de fluctuation est conservée comme indicateur significatif.

Rappel des résultats des comparaisons pour les missions précédentes :
En avril 2016 (*vs* octobre 2015), globalement, il y avait très peu de variations, avec toutefois une exception marquée pour les transects supérieurs des stations ST02 (Creek baie nord) et ST04 (Woodin), où une baisse significative dans le recouvrement par les coraux scléractiniaires avait été mesurée (- 21% et - 23.5%).
Le phénomène de blanchissement (conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1) qui a touché la Nouvelle-Calédonie en début d'année 2016 avait été particulièrement enregistré ici.

En novembre 2016 (*vs* avril 2016), de façon globale les stations étaient stables, y compris pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, sur les 2 transects particulièrement touchés en début d'année (ST02A et ST04A) (+1% pour chacun). Par contre le transect B de la ST02 voyait son recouvrement en coraux diminuer de 14.5%. Il fallait aussi noter -7.5% pour le transect haut (A) de ST08 (Puka). A contrario, le recouvrement corallien en ST07A (Basse Chambeyron) augmentait de 7%.
Les baisses de cette mission étaient les suites à long terme du phénomène de blanchissement du début d'année 2016. L'état de santé de la majorité des stations était cependant stable voire en légère augmentation par rapport à la mission précédente (avril 2016), ce qui laissait supposer que les dégradations étaient terminées et que le récif allait progressivement se rétablir (résilience), en l'absence d'un autre stress.

En avril 2017 (*vs* novembre 2016), il y avait comme régulièrement des inversions dans les taux biotique / abiotique dû à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour certaines stations, mais une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, les 2 stations touchées 1 an auparavant, voyaient l'enregistrement d'une bonne croissance globalement. Ainsi, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était un gain de 1.7%. Cela contrebalançait les pertes enregistrées en 2016 (-1.4% en avril et -0.6% en novembre) et prouvait la résilience des récifs de la zone d'étude.

En septembre 2017 :
Par rapport à la mission précédente (avril 2017), globalement les stations étaient stables : il n'y avait même (1ère fois depuis le début du suivi) aucune variation significative (≥ 20%).
Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, les variations se situaient entre -7% pour le transect A de la ST01 (Casy) - baisse due à la prolifération des *Acanthaster planci* - et +12% au transect A de la ST11 (Toémo). En moyenne, c'est un gain qui était enregistré (+1.86%).
L'analyse de ces réaultats avec ceux de la campagne d'octobre 2015 est intéressante puisque les dernières grandes dégradations enregistrées l'avaient été en début 2016. La mission d'octobre 2015 devient ainsi la dernière référence pour un état de santé global bon.
A part deux inversions cycliques (couple sable / « corail mort avec algues » en ST04C et ST08B), il n'y avait pas de différence significative (> 20%). Ainsi les taux de cette mission rejoignaient bien les moyennes observées avant les dégradations enregistrées en 2016 (résilience globale du récif).
Cependant, il faut noter que 2 transects avaient des taux de recouvrement en scléractiniaires beaucoup plus bas :

- En ST02A (-20% en septembre 2017 *vs* octobre 2015) : ce transect ne s'était pas « remis » du blanchissement de début 2016 et les coraux atteints étaient morts.
- En ST01A (-11.5% en septembre 2017 *vs* octobre 2015) : cette dégradation avait une autre cause. Elle

était récente (de l'année 2017) et était due à une attaque massive (prolifération) des *Acanthaster planci* sur la station.

En mai 2018 : (*vs* septembre 2017), il y a, comme régulièrement, des inversions dans les taux biotique / abiotique dû à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour certaines stations (augmentation de la vase en ST02B et diminution en ST03A), mais une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente est une perte de 0,65%.

En novembre 2018 : (*vs* mai), il y a, comme régulièrement, des inversions dans les taux biotique / abiotique dû à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour une seule station (diminution de la vase en ST02B), et donc une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente est un gain de 2.4%, avec 2 stations qui voient leurs coraux en pleine croissance / recrutement (en défaveur du compartiment « macrophytes et invertébrés ») :

- le transect A de la ST02 (Creek baie nord) : + 22% (soit un taux à 47.5% comme en octobre 2015)
- le transect A de la ST11(Toémo) : +24%.

Il faut a contrario signaler que le transect B de la ST04 (Woddin) perd 16.5% dans son recouvrement en scléractiniares (au profit du compartiment abiotique : débris et sable). Il y a en effet une attaque massive d'*Acanthaster planci* avec en conséquence, en plus, un effondrement de certaines colonies mortes.

6.2 Benthos

6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps

La biodiversité α est étudiée car c'est un paramètre biologique fort qui caractérise une station.
Les résultats obtenus de biodiversité α sur le peuplement benthique (invertébrés hors coraux durs et macrophytes) sont présentés pour chaque groupe en deux temps :

- 1/ les données de cette présente mission sont comparées directement avec les données de la mission précédente,
- 2/ l'ensemble des résultats comparables des 16 missions précédentes (à savoir celles depuis 2010) est soumis à deux tests statistiques.

Les deux analyses statistiques proposées sont : Anovar et le test de Friedman.

<u>ANOVAR (comparaisons temporelles) :</u> 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.

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

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

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.
  NB : Depuis la mission d'avril 2017 : les coraux (scléractiniaires et autres) (non demandés dans le cahier des charges) ne sont plus étudiés.
- De même, pour les **invertébrés** : au fur et à mesure des missions le protocole d'échantillonnage des biocénoses benthiques a été amélioré :
  - En octobre 2008 avec l'inventaire supplémentaire des actiniaires et des ascidies ;
  - En octobre 2011 avec l'inventaire plus détaillé des mollusques (gastéropodes, bivalves et nudibranches) et des ophiures (présence/absence). Le protocole d'échantillonnage est inchangé depuis ce suivi.
- A contrario, le protocole n'a jamais évolué pour les **macrophytes** : les valeurs des biodiversités α des macrophytes sont donc comparables entre toutes les missions.

6.2.1.1 Pour les invertébrés, généralités

La richesse spécifique des invertébrés est un indicateur pour évaluer l'état de santé des récifs mais les informations sont à interpréter avec une grande précaution et généralement sur une échelle de temps plus grande que celles acquises pour les coraux scléractiniaires (indicateur le plus performant). De plus, contrairement aux coraux, les mêmes individus sont très rarement observés d'une mission à l'autre (grande mobilité et turn over des invertébrés).
En effet, les variations de mobilités des invertébrés (particulièrement : échinides, astéries, holothuries, gastéropodes et nudibranches) sont très importantes naturellement. Les espèces mobiles sont constamment à la recherche de nourriture et lorsque les conditions environnementales sont défavorables, elles ont la capacité de se déplacer vers un milieu moins perturbé. Leur absence n'est pas forcément un indicateur de perturbation et leur abondance ou présence n'est pas non plus un indicateur de bon état de santé. Il faut généralement que les perturbations soient majeures pour que le signal soit perceptible ou alors retrouver des individus ou des tests morts pour déterminer une perturbation.

Les évènements hydrodynamiques (cyclone, dépression, tempête) et climatiques (Enso), la prédation, la disponibilité en nourriture et la grande mobilité des organismes benthiques sont principalement à l'origine de variation de diversité et d'abondance d'une mission à l'autre, surtout lorsque ces évènements deviennent extrêmes.
Lors des évènements dépressionnaires, les invertébrés sont balayés, arrachés du substrat et/ou ils se déplacent vers des zones moins perturbées (plus en profondeur). Ces perturbations subies par les récifs génèrent aussi une remobilisation du matériel corallien et sédimentaire (colonies, débris, sédiments) et par la suite le développement de cyanobactéries et de turf algal. Ces éléments remobilisés et mis à disposition sont une source de nourriture non négligeable pour les invertébrés.

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

6.2.1.2 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission

La liste des invertébrés demandée dans le cahier des charges ne concerne que les échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides), les cliones, les bénitiers et les trocas. Cela n'est pas suffisant pour une bonne appréciation de la qualité des biocénoses.
De ce fait, **la liste des invertébrés traités dans cette étude** est bien plus complète et comprend les sous-groupes qui contribuent le plus à la composition caractéristique et unique de chaque récif, soient : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires et hydrozoaires. Elle **ne comprend plus les coraux durs**.
Par ailleurs, dans les données de richesses spécifiques, depuis octobre 2012 (compris), les décapodes et les crustacés ne sont plus pris en compte (impossibilité sur le terrain d'échantillonner tous ces organismes, donc leur biodiversité était obligatoirement largement sous-estimée). Les moyennes pour les années précédentes ont été reprises aussi de fait.

De mai à novembre 2018, la richesse spécifique absolue des invertébrés a évolué de -20 à +6 espèces selon les transects. **Contrairement au semestre précédent, cette évolution de diversité est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques.**

- **Les transects présentant une diminution de diversité absolue** (entre -5 et -20 espèces) concernent les niveaux bathymétriques les plus exposés (supérieurs et médians). Ils sont localisés en ST03B, ST04B, ST05AB, ST06AB, ST07AB, ST08AB, ST09AB, ST11AB et ST12AB. Dont les plus importants sont ST04B (-12 taxons), ST05AB (-14, -19 taxons), ST08AB (-20, -12 taxons) et ST09A (-12 taxons).

- **Seul les transects** ST01A, ST03C, ST06C ST07C et ST11C **présentent une diversité absolue positive** des invertébrés (hors coraux durs) par rapport à la dernière mission (respectivement gain de 1, 2, 1, 6 et 2 taxons).

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 96.

Tableau n°96 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017*	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	37	36	34	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24	23	23
ST01B	37	38	29	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18	17	18
ST02A	33	36	30	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20	15	17
ST02B	32	32	22	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19	17	19
ST03A	25	29	25	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16	17	15
ST03B	19	26	16	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9	7	5
ST03C	28	26	21	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17	15	13
ST04A	22	22	16	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16	18	17
ST04B	34	46	38	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20	21	20
ST04C	22	25	16	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24	21	19
ST05A	31	45	39	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15	17	16
ST05B	28	47	36	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23	22	23
ST05C	20	22	20	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21	19	20
ST06A	18	24	21	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7	11	15
ST06B	30	36	28	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16	14	17
ST06C	25	24	19	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13	14	16
ST07A	18	24	19	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8	17	17
ST07B	30	41	27	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20	19	19
ST07C	25	19	20	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18	19	21
ST08A	36	56	40	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23	24	26
ST08B	30	42	36	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24	24	27
ST09A	34	46	41	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20	22	26
ST09B	58	68	58	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25	26	26
ST09C	43	43	39	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24	25	26
ST11A	18	28	23	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18	15	19
ST11B	45	53	39	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22	20	24
ST11C	32	30	27	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24	25	25
ST12A	28	37	30	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14	19	19
ST12B	28	33	25	33	42	40	39	47	40	37	34	37	36	22	23	21	18	19

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

6.2.1.3.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des invertébrés est donnée tableau 97.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 18 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°97 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010

k1=p-1	17	**F obs.**	**12.35**
K2=n-p	504	**F95%**	1.64
		F99%	2

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

	11/18	05/18*	09/17*	04/17*	11/16	04/16*	10/15	03/15*	10/14	04/14	09/13	04/13*	10/12	03/12	10/11	03/11*	09/10	03/10
Richesse spécifique moyenne	**29.86**	35,66	28.76	30,00	34,97	33,72	36,38	36,45	37,00	37,38	35,24	30,83	30,52	28,24	26,38	18,59	18,66	19,55
Ecart type	**8.93**	11,70	9.88	9,07	11,08	9,24	10,72	12,94	12,58	11,66	11,21	9,85	8,97	7,47	7,09	4,95	4,39	4,82
Intervalle de confiance (IC:0,95)	**3.32**	4,35	3.67	3,37	4,11	3,43	3,98	4,81	4,67	4,33	4,16	3,66	3,33	2,77	2,63	1,84	1,63	1,79
Coefficient de Variation	**0.30**	0.33	0.34	0,30	0,32	0,27	0,29	0,36	0,34	0,31	0,32	0,32	0,29	0,26	0,27	0,27	0,24	0,25

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

Les récifs ont subi des dégradations induites par les évènements dépressionnaires Vania et Zelia (janvier 2011), Fréda (janvier 2013), Pam (mars 2015), Winston (février 2016), Cook (avril 2017), Donna (mai 2017), Fehi, Gita, Hola, Linda, Iris (janvier à mars 2018) et les évènements climatiques (El Niño 2015/2016 et la Niña en 2017-2018). Selon l'intensité du phénomène et la période écoulée entre la perturbation et la mission faisant suite au phénomène, des variations (soit une baisse, soit une hausse de diversité) sont constatées pour les invertébrés selon les zones. En effet, les invertébrés peuvent être arrachés, remobilisés (capacités réduites de fixation au substrat), se déplacer ou mourir lors du phénomène perturbateur mais ils peuvent aussi recoloniser très vite les sites dégradés pour les espèces mobiles (recherche de nourriture).
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) parait stable.
- Puis la diversité augmente de manière très importante pour la mission de septembre 2011, 2013 et 2016 car les invertébrés recolonisent les récifs suite aux évènements dépressionnaires de ces débuts d'années. Il faut noter que cette augmentation est accentuée également par l'amélioration du protocole en 2011 avec l'inventaire plus détaillé des mollusques.
- Entre septembre 2013 et octobre 2015, la diversité absolue des invertébrés reste +/- stable.
- En avril 2016, la diversité absolue des invertébrés tend vers une légère diminution (cyclone Winston).
- En novembre 2016, la diversité absolue des invertébrés tend vers une légère hausse. Par contre, les assemblages d'espèce subissent des changements (grande mobilité des échinodermes et des gastéropodes).
- En avril 2017, la diversité absolue des invertébrés tend vers une diminution (cyclone Cook). Les perturbations ne sont pas les mêmes selon la géolocalisation mais l'ensemble du réseau de suivi est perturbé.
- En septembre 2017, la diversité absolue des invertébrés tend encore vers une légère diminution (cyclone Donna). Les perturbations ne sont pas les mêmes selon la géolocalisation : dans la baie de Prony et le canal Woodin, les groupes biotiques présentant une diminution spécifique sont plutôt les macroalgues, ascidies, éponges, échinides, holothuries et les mollusques alors que dans le canal de la Havannah ces groupes sont plutôt les astéries, échinides et gastéropodes.

- En mai 2018, la diversité absolue des invertébrés augmente quasiment sur tous les transects, principalement du fait des groupes faunistiques suivants : espèces mobiles (mollusques et échinodermes : astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles à faible fixation au substrat (ascidies et spongiaires).

En novembre 2018, la diversité absolue des invertébrés invertébrés diminue quasiment sur tous les transects. Cette diversité diminue particulièrement avec les groupes faunistiques suivants : espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles (ascidies, alcyonaires et spongiaires).
Le canal Woodin et canal de la Havannah enregistrent également des variations conséquentes avec les mollusques (bivalves, gastéropodes et nudibranches).
Les niveaux bathymétriques les plus exposés à l'hydrodynamisme présentent de fortes variations de diversité.

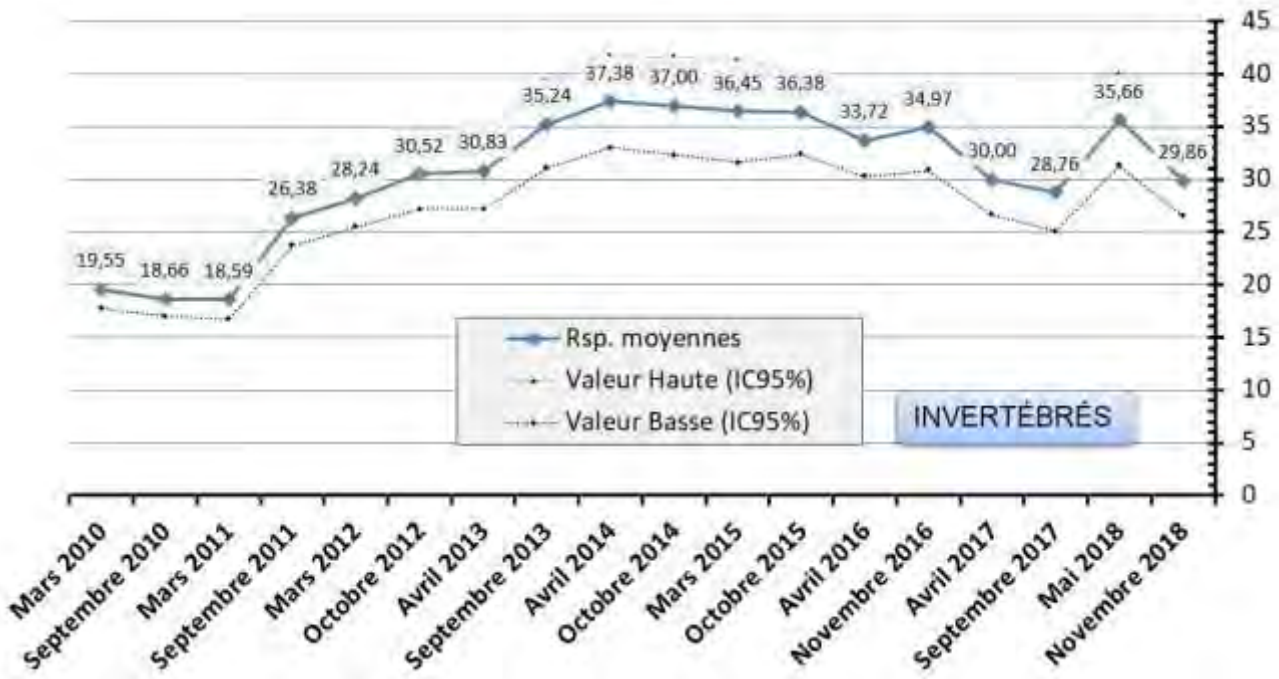


Figure n°89 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 96 est considéré en classant les valeurs en ligne (de 1 à 18).

Tableau n°99 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

KHI 2 obs.	**271.1**			
Ddl = 14	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	**27.587**	**30.191**	**33.409**	**35.718**

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

Une augmentation est observable en septembre 2011 (liste d'échantillonnage des espèces plus détaillée) puis toujours une tendance à l'augmentation jusqu'en octobre 2015 (résilience du récif).
Ensuite, depuis avril 2016, une tendance à la régression de l'ordonnancement est constatée, qui pourrait être liée (en partie) à la fréquence de plus en plus importante des évènements dépressionnaires et climatiques.

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

Tableau n°100 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

Rang Invertébrés	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017*	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	8	7	6	9,5	13	13	18	13	16	16	16	9,5	11	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST01B	11,5	14,5	6	8	14,5	10	17	18	14,5	11,5	14,5	6	9	6	4	2	2	2
ST02A	9	12	7	9	14,5	11	17,5	17,5	14,5	14,5	14,5	9	6	5	4	3	1	2
ST02B	16,5	16,5	4,5	4,5	8	13,5	16,5	12	10,5	16,5	10,5	8	13,5	8	6	2	2	2
ST03A	7,5	10,5	7,5	7,5	10,5	16	13,5	13,5	17	18	13,5	7,5	13,5	4,5	4,5	1,5	3	1,5
ST03B	6	11	4,5	7	11	14,5	17,5	14,5	11	17,5	16	11	11	8	4,5	2	2	2
ST03C	15,5	14	6,5	6,5	12,5	17,5	12,5	8,5	10,5	15,5	10,5	4	17,5	8,5	5	3	2	1
ST04A	11	11	1,5	15	11	5,5	17	11	16	18	11	5,5	11	7	11	1,5	3,5	3,5
ST04B	7,5	15	9	11,5	11,5	10	15	15	15	18	15	7,5	6	5	4	2	2	2
ST04C	8	15	1	10,5	8	10,5	17,5	13	8	17,5	4,5	2,5	4,5	13	16	13	6	2,5
ST05A	8	17,5	11	11	11	11	17,5	15	11	15	15	6	7	5	4	2	2	2
ST05B	4	18	13	15	17	6,5	9	13	11	13	16	6,5	10	6,5	6,5	2	2	2
ST05C	9	16	9	1	3	3	3	9	9	16	16	9	9	9	16	16	9	9
ST06A	10,5	17,5	16	10,5	7,5	7,5	7,5	3	13,5	17,5	4,5	13,5	7,5	13,5	13,5	1	2	4,5
ST06B	8	12	5,5	5,5	9	12	16,5	14,5	18	14,5	16,5	12	10	5,5	5,5	2	2	2
ST06C	8,5	8,5	4	6	17	16	13,5	5	13,5	15	18	12	11	8,5	8,5	1,5	1,5	3
ST07A	9	15,5	9	12	15,5	18	12	15,5	12	9	4	15,5	2,5	6	2,5	1	6	6
ST07B	8	17	5,5	11,5	10	14	18	11,5	16	14	14	9	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST07C	9	3	3	15,5	15,5	18	15,5	11,5	13	9	15,5	7	3	9	11,5	3	3	6
ST08A	8	18	14,5	8	14,5	8	11	14,5	14,5	11	5	5	17	11	5	2	2	2
ST08B	10	17,5	14	7	17,5	14	10	14	14	14	7	2	7	10	4,5	2	2	4,5
ST09A	6,5	16,5	12	8,5	14	10,5	8,5	14	18	16,5	14	10,5	6,5	4,5	4,5	1,5	1,5	3
ST09B	8,5	15	8,5	7	13,5	10,5	13,5	16	17	18	12	10,5	6	5	4	2	2	2
ST09C	11	11	7	4	8,5	8,5	13,5	16,5	16,5	16,5	16,5	13,5	11	5,5	5,5	2	2	2
ST11A	4,5	11	8,5	4,5	4,5	4,5	11	8,5	14	14	16	11	14	17,5	17,5	4,5	1	4,5
ST11B	10	17	5,5	5,5	14	8	12,5	17	17	15	12,5	10	5,5	10	5,5	2	2	2
ST11C	9	7	4	7	11,5	14	15,5	15,5	17,5	17,5	5	11,5	7	11,5	11,5	2	2	2
ST12A	5	11	6,5	8	16	11	17	18	14,5	11	14,5	11	11	6,5	3	1	3	3
ST12B	7	9	6	9	17	15	15	18	15	12	9	12	12	3	5	3	1	3
∑Rg	254	384,5	216	245,5	351	331,5	402	386	408	431,5	357	258	265,5	223	201	85	74	85,5
Ordonnancement	8	14	5	7	12	11	16	15	17	18	13	9	10	6	4	2	1	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 évènements dépressionnaires et les phénomènes climatiques.

De manière générale, **la biodiversité** est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autre par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau par rapport à la profondeur. Les niveaux supérieur et médian sont généralement très similaires selon chaque site et le recouvrement des macrophytes dépendra de leur degré d'exposition aux agents hydrodynamiques, de la sédimentation et de la dessalure des eaux de surface.
Certaines espèces vont être typiques pour un biotope considéré et selon la saisonnalité, elles vont plus ou moins dominer (l'hydrodynamisme et la température de l'eau vont influencer leur développement et/ou la sénescence).

L'abondance des principales macrophytes se répartie de la manière suivante :

- Les **algues rouges** sont très abondantes durant l'été austral (particulièrement *Asparagopsis* et dans une moindre mesure *Trichogloea* et *Plocanium*) mais disparaissent quasiment durant la période hivernale.
  Asparagopsis taxiformis montrent les plus grandes variations saisonnières de diversité et de recouvrement. Cette espèce aurait un caractère envahissant (cf. § 5.4.3.1) durant l'été austral sur les récifs du canal de la Havannah et elle pourrait entrainer des perturbations sérieuses sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable).
- Les **algues brunes** sont plus pérennes mais augmentent d'abondance au début l'été austral (septembre, octobre et novembre) par le développement des genres *Sargassum, Turbinaria, Padina*.
  Le genre ***Lobophora*** se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Ce genre pourrait également avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante (cf. § 5.4.3.2) si les conditions environnementales venaient à affaiblir les coraux.
- Les **algues vertes** sont présentes toutes l'année avec cependant une majorité durant la période estivale (développement des genres *Halimeda, Caulerpa, Codium*).

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

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

La périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

Cependant, ces relevés permettent d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent envahissants ou invasifs par rapport au reste des communautés coralliennes.
Ainsi, le recouvrement des macrophytes est particulièrement important pour deux genres *Asparagopsis* et *Lobophora* (cf. § 5.4.3) respectivement dans le canal de la Havannah et la baie de Prony.

6.2.1.5 Pour les macrophytes, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des **macrophytes** selon des différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 101.

Tableau n°101 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017*	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	4	3	3	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7	7	6
ST01B	6	4	2	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7	8	6
ST02A	5	5	6	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5	5	5
ST02B	4	4	5	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
ST03A	6	6	5	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6	8	8
ST03B	3	3	4	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
ST03C	2	3	5	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5
ST04A	2	2	2	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4	4	5
ST04B	1	3	3	4	4	4	6	5	4	6	7	4	5	4	3	3	3	3
ST04C	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	3	8	5	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4	5	5
ST05B	3	3	2	1	2	2	2	4	5	5	5	3	4	3	2	2	1	4
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2
ST06A	4	4	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2	6	6
ST06B	4	4	3	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4	7	5
ST06C	6	1	2	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3	4	3
ST07A	2	4	3	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2	4	7
ST07B	3	3	3	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0	2	4

ST07C	3	0	1	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0	0	0
ST08A	4	7	5	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6	5	5
ST08B	2	4	5	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4	4	4
ST09A	8	14	11	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5	4	6
ST09B	21	20	21	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8	9	9
ST09C	19	18	19	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9	7	11
ST11A	5	7	5	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3	3	7
ST11B	10	9	6	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6	6	4
ST11C	3	3	4	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3	1	2
ST12A	5	6	2	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4	4	3
ST12B	2	2	2	2	6	3	6	7	7	4	2	2	3	3	0	3	2	2

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

6.2.1.5.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des macrophytes est donnée tableau 102.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 17 dernières campagnes ne montre pas de similarité (la valeur de Fobs est comprise entre 95% et 99%). Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau n°102 : *Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010*

k1=p-1	17	**F obs.**	**1.88**
K2=n-p	504	**F95%**	1.64
		F99%	2

Tableau n°103 : *Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010*

	11/18	05/18*	09/17*	04/17*	11/16	04/16*	10/15	03/15*	10/14	04/14	09/13	04/13*	10/12	03/12	10/11	03/11*	09/10	03/10
Richesse spécifique moyenne	**4.83**	5.17	4.69	5,34	6,38	5,34	6,83	6,72	7,45	6,69	5,86	4,93	7,24	5,62	5,38	4,07	4,38	4,76
Ecart type	**4.74**	4.83	4.77	5,01	5,16	3,88	4,40	4,49	5,07	4,45	3,11	3,09	3,77	2,88	2,76	2,22	2,32	2,36
Intervalle de confiance (IC. 0,95)	**1.72**	1.76	1.74	1,82	1,88	1,41	1,60	1,63	1,84	1,62	1,13	1,13	1,37	1,05	1,00	0,81	0,84	0,86
Coefficient de Variation	**0.98**	0.93	1.02	0,94	0,81	0,73	0,64	0,67	0,68	0,67	0,53	0,63	0,52	0,51	0,51	0,55	0,53	0,49

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

Il y a des différences entre les missions, du point de vue quantitatif puisque les structures sont les mêmes. Le protocole n'ayant jamais évolué pour les macrophytes, se sont les variations saisonnières ou induites par une dépression qui peuvent être enregistrées.

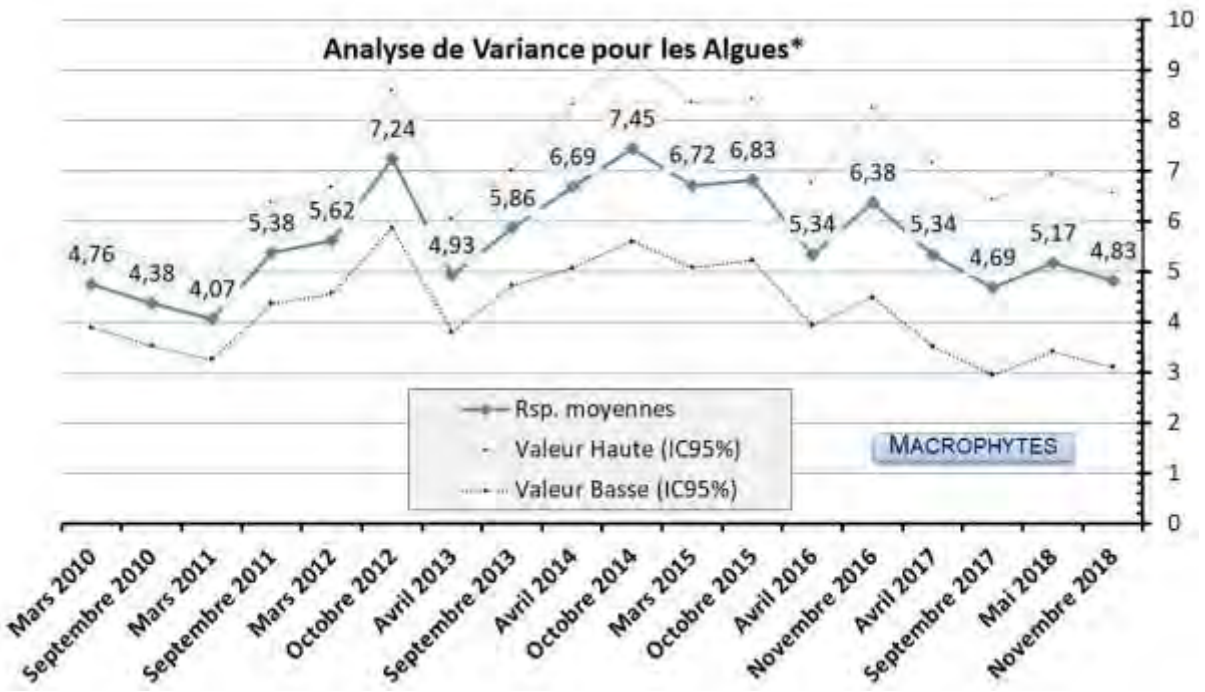


Figure n°90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 101 sera considéré en classant les valeurs en ligne (de 1 à 18).

Tableau n°104 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	**119.2**			
Ddl = 14	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	**27,587**	**30,191**	**33,409**	**35,718**

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

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparait que ces résultats confirment que :

- Le classement des missions n'est pas chronologique et il s'apparenterait plus ou moins à une saisonnalité additionnée à des perturbations mécaniques induites par des évènements dépressionnaires.
- Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale en août 2007 (saison fraiche et sèche) et mars / avril 2010, 2011, 2013, 2016, 2017 et 2018 (saison humide et fin de saison chaude).
- Cependant, en avril 2014 et mars 2015, la diversité a tendance à rester stable (phase el Niño avortée). La sénescence des macrophytes parait être légèrement décalée de quelques mois.
- De plus, les valeurs les plus basses de diversité coïncident avec les phases dépressionnaires (mars 2011, avril 2013, avril 2016 et mai 2018). Les algues sont balayées des récifs exposés, particulièrement pour les niveaux supérieurs et médians, durant les évènements hydrodynamiques intenses.
- Les valeurs de biodiversité sont les plus fortes en saison estivale (septembre / octobre) 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016. Les algues rouges se développent durant cette période.
- La diversité des macrophytes de la mission septembre 2017 est anormalement basse (hypothèse de l'entrée de l'épisode la Niña).

→ La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).

Tableau n°105 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

Rang Macrophytes	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017*	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	3,5	1,5	1,5	3,5	15,5	5,5	8	11,5	15,5	8	15,5	5,5	18	11,5	15,5	11,5	11,5	8
ST01B	7	3	1	2	4,5	4,5	7	11	15,5	11	15,5	11	15,5	11	18	11	15,5	7
ST02A	5,5	5,5	13,5	13,5	5,5	13,5	13,5	17	13,5	5,5	5,5	13,5	18	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
ST02B	2,5	2,5	11	11	11	11	18	11	11	2,5	2,5	11	11	11	11	11	11	11
ST03A	6	6	1,5	6	1,5	11	15	11	6	6	6	15	18	15	11	6	15	15
ST03B	1,5	1,5	3	7,5	17,5	14	17,5	7,5	7,5	14	7,5	14	14	14	7,5	7,5	7,5	7,5
ST03C	1	2,5	11	18	11	16,5	16,5	11	5	5	2,5	5	11	11	11	11	11	11
ST04A	2	2	2	15	11,5	6	6	11,5	11,5	11,5	16,5	6	18	16,5	11,5	6	6	11,5
ST04B	1	4,5	4,5	10,5	10,5	10,5	16,5	14,5	10,5	16,5	18	10,5	14,5	10,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ST04C	2,5	2,5	2,5	2,5	10	17	17	10	10	17	10	10	10	10	10	10	10	10
ST05A	1	16,5	6,5	6,5	11	6,5	14	6,5	14	14	18	11	16,5	11	2,5	2,5	6,5	6,5
ST05B	10,5	10,5	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	14	17	17	17	10,5	14	10,5	5,5	5,5	1,5	14
ST05C	4	4	4	4	4	4	4	11	11	11	18	11	11	11	11	16	16	16
ST06A	13	13	4,5	9,5	4,5	1	9,5	9,5	13	4,5	4,5	4,5	15,5	9,5	15,5	4,5	17,5	17,5
ST06B	3,5	3,5	1	12,5	7	9	12,5	17	17	12,5	12,5	3,5	17	7	12,5	3,5	12,5	7
ST06C	14	1	2,5	2,5	8	11	8	17	14	14	11	5	17	11	17	5	8	5
ST07A	4	14,5	8,5	1,5	4	8,5	14,5	14,5	14,5	8,5	8,5	1,5	8,5	14,5	8,5	4	14,5	18
ST07B	6	6	6	13	6	10	15,5	13	18	17	13	6	15,5	10	2,5	1	2,5	10
ST07C	11	3	6	3	8	11	14,5	14,5	17,5	17,5	8	8	14,5	11	14,5	3	3	3
ST08A	2,5	7,5	2,5	7,5	17	11	11	14,5	11	16	11	5,5	18	11	14,5	5,5	2,5	2,5
ST08B	1	5	10,5	10,5	10,5	5	10,5	14	14	16	5	5	17	14	18	5	5	5
ST09A	5	15,5	8,5	13,5	15,5	8,5	8,5	12	17,5	17,5	8,5	8,5	13,5	8,5	4	1,5	1,5	3
ST09B	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	8,5	13,5	13,5	18	13,5	6,5	6,5	8,5	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST09C	14,5	10	14,5	14,5	18	10	14,5	14,5	14,5	10	6,5	2,5	8	6,5	2,5	2,5	2,5	5
ST11A	8	14	8	3	8	1	17,5	5,5	17,5	11	16	5,5	11	11	14	3	3	14
ST11B	16,5	13,5	4,5	2	16,5	4,5	13,5	10	18	7,5	7,5	10	13,5	13,5	10	4,5	4,5	1
ST11C	4,5	4,5	9,5	9,5	15	15	13	9,5	9,5	9,5	9,5	17	18	4,5	15	4,5	1	2
ST12A	10,5	12,5	2,5	7	15	7	17	17	17	12,5	10,5	2,5	14	7	2,5	7	7	2,5
ST12B	5,5	5,5	5,5	5,5	15,5	11,5	15,5	17,5	17,5	14	5,5	5,5	11,5	11,5	1	11,5	5,5	5,5
∑Rg	181	205	175,5	230	301	258	367,5	361	396,5	340,5	296,5	231	410,5	304	279	176,5	214,5	231
Ordonnancement	3	4	1	6	12	9	16	15	17	14	11	7,5	18	13	10	2	5	7,5

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

L'ordonnancement des séries de données marque des ruptures à chaque période dépressionnaire, avec également une saisonnalité et un maximum de diversité durant la saison estivale (2nde mission semestrielle : septembre -octobre).

Par contre l'ordonnacement de la mission de mai 2018 augmente légèrement (niveau 3). Une période d'un trimestre s'est écoulée depuis les nombreux évènements dépressionnaires du début d'année 2018. Les macrophytes ont eu le temps de recoloniser les différents substrats (surtout pour les stations les plus exposées au ressac et à la houle du canal de la Havannah).

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

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 résistantes face aux variations de l'environnement et leur résilience sera également dépendante de leur physiologie et de leur métabolisme : certaines espèces sont donc plus résistantes et avec également une résilience plus rapide. Cependant, si les espèces subissent un stress durant une période relativement longue, elles auront généralement peu de chance de survie.

Le blanchissement des coraux peut être la conséquence de perturbations multiples et variées (anomalies de un ou plusieurs paramètres de l'environnement, fragmentation, lésions, maladies, prédations). Chacune de ces perturbations à des caractéristiques propres sur le terrain qui sont observées par les spécialistes.
L'augmentation de l'intensité lumineuse ou de la température entraîne une augmentation de la photosynthèse des algues symbiotiques qui se mettent à produire de nombreuses molécules oxygénées toxiques. Ce sont ces molécules qui seraient à l'origine de l'expulsion et de la mort des zooxanthelles. Cela se traduit par le blanchissement des colonies coralliennes (avec maintien des polypes).
Bien sûr si les colonies sont dépourvues de polypes (maladie de la bande blanche, étouffement par les dépôts sédimentaire et/ou prédation), elles meurent en place.
D'autre part, les paramètres de l'environnement vont le plus varier dans les niveaux bathymétriques supérieurs (hydrodynamisme, température, dessalure, …). Certaines espèces coralliennes sont plus sensibles que d'autres aux variations de ces paramètres (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*, *Acropora* branchu et tabulaire, *Isopora palifera*…). Mais paradoxalement ces espèces vont coloniser ces niveaux bathymétriques supérieurs car elles ont besoins de lumière pour se développer. Elles sont donc vouées à être perturbées.
Ainsi le blanchissement corallien va dépendre des variations des paramètres de l'environnement, du recouvrement corallien disponible mais aussi de l'assemblage des espèces, de leur abondance et de leur répartition sur un récif.

En résumé :
Une colonie corallienne blanchie n'est pas forcément morte. A condition qu'il y ait encore les polypes, cet état physiologique peut être transitoire. Par contre, si la colonie n'a pas réintégré de zooxanthelles avant 2 ou 3 mois elle aura de très forte chance de mourir.

- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, en place, sans polype** sont mortes. Elles peuvent caractériser la maladie de la bande blanche, l'étouffement par les dépôts sédimentaires et/ou la prédation par les corallivores. Ces perturbations entrainent inexorablement la mort des coraux. Ces colonies viennent juste de mourir lors de l'observation car la colonisation par le turf et les corallines est très rapide (< quelques semaines).
- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, en place, avec polypes** : le sont suite à un stress. Si les conditions environnementales redeviennent « normales » rapidement ces colonies coralliennes peuvent potentiellement réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification.
- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, fragmentées/retournées, avec polypes** : peuvent réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification si elles ne sont pas à nouveau remaniées. Ces perturbations seront observées en majorité sur les récifs exposés aux agents hydrodynamiques. Cette fragmentation peut entrainer, par gravité, des couloirs d'effondrement et des zones d'accumulation de débris en bas des récifs.

Le blanchissement corallien peut être abordé à travers 2 types de mesure :

- *le recouvrement par des colonies coralliennes blanchies*
- *le nombre d'espèces coralliennes blanchies.*

Pour ce suivi, le cahier des charges ne comprenant pas l'étude des coraux, seul le recouvrement a été noté.

Le recouvrement des colonies coralliennes blanchies

Le réseau de suivi biologique ne dispose pas de transects sur les platiers pour faire les évaluations quantitatives des différentes perturbations impliquant le blanchissement (dessalure, UV, turbidité, température). La plupart des stations de suivi sont implantées sous 7 à 8 m de profondeur.
Cependant, nous prospectons à chaque fois les platiers peu profonds afin de récolter des données qualitatives des phénomènes (photographies *in situ* et observations d'espèces).

En **avril 2016**, le recouvrement de coraux blanchis était très important sur les platiers de la baie de Prony et du canal Woodin jusqu'à 5 m de profondeur (anomalies de température et dessalure de février 2016 durant le phénomène El Niño).
→ Les couvertures de corail blanchi les plus importantes relevées se situaient en ST01A (4 m²), ST02A (4,2 m²) et surtout en ST04A (32 m²).
Le canal de la Havannah était beaucoup moins influencé par ce phénomène car les masses d'eaux sont beaucoup plus brassées et leur circulation est importante. Par contre, le passage de la dépression Winston avait d'avantage perturbé les communautés récifales dans cette zone : les colonies blanchies étaient la plupart du temps désolidarisées du substrat et plus dispersées.
La période du 10 février au 15 avril 2016 marque le phénomène de blanchissement corallien le plus important observé sur l'ensemble des récifs de la Nouvelle-Calédonie depuis 1996.

En **novembre 2016**, le blanchissement avait considérablement diminué. Les colonies blanchies de la mission précédentes avaient pour la plupart réintégré une partie (voir l'intégralité) de leurs zooxanthelles ou alors elles étaient mortes (cf. § mortalité corallienne dans le rapport ad hoc [10]).
La couverture de coraux blanchis était désormais très faible : la plus importante se situait en ST03A (1.3 m²) et ST01A, ST04A, ST10B (0.9 m²).

En **avril 2017**, le recouvrement de coraux blanchis était toujours relativement faible. Cependant, quelques transects présentaient des dégradations ponctuelles. L'ensemble de ces colonies blanchies étaient sans polype donc mortes très récemment.
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient en stations suivantes :

- *Acanthaster planci* : ST01A (3,5 m²)
- Maladie de la bande blanche : ST04A B, ST06AB (1,5 m² et 1,2 m²), ST09A B C (1,1 m², 1,2 m² et 1 m²).

En **septembre 2017**, le recouvrement de coraux blanchis était relativement faible et il était réparti de manière hétérogène. Ainsi certains transects ne présentaient pas du tout de blanchissement et d'autres avaient des dégradations ponctuelles. Les perturbations avaient différentes origines selon les habitats (prédation, maladie de la bande blanche, hydrodynamisme). L'ensemble de ces colonies blanchies était sans polype donc elles étaient mortes très récemment.
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient sur les stations suivantes :

- *Acanthaster planci* : ST01A B (respectivement 3 m² et 2 m²) : il faut noter la prolifération d'*Acanthaster* en ST01 en 2017
- Maladie de la bande blanche : Quasiment tous les transects du canal de la Havannah et Woodin présentaient une ou deux colonies avec cette maladie. Le recouvrement blanchi induit le plus important était localisé en ST04B (0,5 m²), ST06A (0.5 m²), ST07A (1 m²), ST08A B (respectivement 1,5 m² et 0,8 m²).

En **mai 2018**, le recouvrement de coraux blanchis est relativement faible et les colonies blanchies ont été recensées en grande majorité sans polype (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situent sur les stations suivantes :

- *Acanthaster planci* : ST01A (1.2 m²), ST05B (0.8 m²) et ST12A (0.9m²). Les *Acanthaster* sont présentes en ST01 depuis novembre 2016 et la prolifération pour cette station s'étend d'avril 2017 à nos jours. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est très importante (surtout les colonies d'*Acropora* branchus et tabulaires)
- Maladie de la bande blanche : Quasiment tous les transects des niveaux bathymétriques supérieurs et

médians du canal de la Havannah et Woodin présentent des colonies affectées par cette maladie. Le recouvrement de coraux blanchis le plus important induit par elle est localisé en ST04B (1.1 m²), ST06A (0.9 m²), ST07A (0.8 m²), ST08AB (respectivement 0.7 m² et 1.1 m²), ST09A (0.7m²).

En **novembre 2018**, le recouvrement en corail blanchi est relativement faible pour l'ensemble du réseau de suivi, sauf pour ST04 qui présente une prolifération d'*Acanthaster planci*. Les colonies blanchies ont été recensées exclusivement sans polypes (mortalité entière ou partielle).
- *Acanthaster planci*: ST01A (0.8 m²), ST03C (0.6 m²), ST04ABC (1.2 ; 4.5 et 0.3 m²), ST05B (0.2 m²) et ST12A (0.8 m²).
- *Drupella cornus* : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).
- Maladie de la bande blanche : ST09AB (0.6 et 0.9 m²).

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 [19, 20].
Ainsi, elles peuvent entraîner la dégradation de larges surfaces coralliennes et faire diminuer la biodiversité et le recouvrement biotique.

Le problème des maladies coralliennes a également émergé dans l'océan Indopacifique. L'explosion de certaines maladies (comme la maladie de la bande blanche) est maintenant connue et augmente en fréquence à travers l'Indopacifique à cause de l'intensification des perturbations anthropiques (liées aux activités humaines) sur le littoral, la surpêche et les conditions environnementales associées au changement climatique global. Aucun traitement n'est connu pour enrayer ces maladies, seule la réduction des agents pathogènes peut recourir à la résilience des récifs.

Les récifs de la zone d'étude ne sont pas épargnés par ces stigmates. Des lésions (bandes blanches, tâches noires, tâches roses et anomalies de croissance, perte de tissu et marques de prédation) ont été relevées dans les couloirs de prospection du macrobenthos depuis le début du suivi biologique marin et leur fréquence ont varié dans l'espace et au cours du temps.

6.2.2.2.1 Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude

- La prédation des corallivores

Le gastéropode *Drupella cornus* et les astéries *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* sont les trois principales espèces pouvant causer des perturbations majeures sur les récifs dans la zone d'étude. Les polypes des colonies coralliennes sont dévorés progressive puis elles meurent en place (aucune chance de résilience).
→ La répartition et l'abondance de ces corallivores sont détaillées au § 6.2.2.3.

L'inventaire des invertébrés recense également les gastéropodes corallivores *Coralliophila violacea* et *Ovula ovum* mais contrairement aux espèces citées précédemment, ces espèces ont peu d'incidence dans la zone d'étude. Les gastéropodes *Coralliophila* privilégient les colonies de *Porites* et les *Ovula ovum* sont très peu abondantes et privilégient les colonies d'alcyonaires du genre *Sinularia*, *Lobophytum* et *Sarcophyton*.

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

En **septembre 2017**, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdurait en ST01 et s'étendait au transect B (respectivement 13 et 3 spécimens). L'ensemble de la station était perturbé : les colonies coralliennes blanches et mortes en place sans polype représentaient respectivement 3 m² (transect A) et 2 m² (en B).
En ST12, 9 spécimens de ***Drupella cornus*** avaient été identifiés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire. De plus, de nombreuses colonies (*Acropora* spp. branchus et tabulaires, *Montipora* spp., *Merulina ampliata*) avaient des stigmates de passage d'***Acanthaster planci***.

En mai 2018, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdure en ST01A (7 spécimens) mais aucun specimen n'a été recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).
De plus, les stations ST05AB et ST12A présentent un seul spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens viennent d'arriver car la mortalité corallienne est faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentent respectivement (ST05AB : 0.3 m², 0.8 m² et ST12A : 0.9 m²).
Les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils ont été recensés en faible abondance sur une seule colonie du genre *Acropora* (niveau 1 à 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST07AB, ST08A, ST11A et ST12A.
Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été recensé lors de cette mission.

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

- L'astérie *Acanthaster planci* qui est présente (un seul spécimen) en ST01A, ST03C, ST05B et ST12A. La population a bien diminué en ST01A mais la mortalité des colonies coralliennes est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*). Désormais, ces corallivores prolifèrent en ST04ABC (51 spécimens / 300 m²) : elles dévorent en priorité les colonies d'*Acropora* tabulaires et d'autres spécimens arrivent du fond de la pente détritique. Les colonies blanchies et mortes en place représentent respectivement : ST01A (0.8 m²), ST03C (0.6 m²), ST04ABC (1.2 ; 4.5 et 0.3 m²), ST05B (0.2 m²) et ST12A (0.8 m²).
- Les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils ont été recensés en faible abondance sur une seule colonie blanchie du genre *Acropora* (niveau 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).
- L'astérie *Culcita novaeguineae* n'a été recensée que sur ST03C (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

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

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

Lors des missions précédentes de nombreuses stations possédaient des colonies atteintes par cette lésion (surtout *Acropora* tabulaire) :
- mission mars 2015 : ST06AB, ST07AB, ST08AB, ST09AB, ST10AB et ST11AB
- mission d'octobre 2015 : ST10AB et dans une moindre mesure ST07A, ST10C et ST11AB
- mission avril 2016 : ST01A et ST04B
- mission novembre 2016 : une colonie par transect en ST10B, ST11B et ST12B.

En **avril 2017**, les transects ST06AB, ST07B, ST08A, ST09AB présentaient le plus de colonies affectées par la maladie de la bande blanche (3 à 4 colonies par niveau bathymétrique). Ces derniers coïncident avec les niveaux dégradés régulièrement par les agents hydrodynamiques et le développement de cyanobactéries. Les genres perturbés par cette maladie sont généralement *Acropora* tabulaire et branchu, *Seriatopora*. Les transects (ST02A, ST05A) ne présentaient qu'une colonie affectée.
Les colonies malades des missions précédentes sont mortes en place et recouvertes par du turf, des corallines et/ou quelques cyanobactéries.

En **septembre 2017** quasiment tous les transects du canal de la Havannah et Woodin présentaient une ou deux colonies avec la maladie de la bande blanche (sauf ST05 et ST11A). Le recouvrement blanchi le plus important pour cette maladie était localisé en ST04B (0,5 m²), ST06A B (respectivement 0.5 m² et 0.2 m²), ST07A B (respectivement 1 m² et 0.2 m²) et ST08A B (respectivement 1,5 m² et 0,8 m²).

En **mai 2018**, de nombreux transects du réseau de suivi présentent des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (sauf ST01AB, ST02A, ST03AC, ST04C, ST05AC et ST12AB).
Le recouvrement blanchi le plus important pour cette maladie est localisé en ST04AB (respectivement 0.6 m² et 1.1 m²), ST05B (0.8 m²), ST06AB (respectivement 0.9 m² et 0.6 m²), ST07A (0.8 m²), ST08AB (respectivement 0.7 m² et 1.1 m²), ST09ABC (0.7 m², 0.6 m² et 0.6 m²) et ST11B (0.6 m²).
Les colonies malades des missions précédentes sont pour la plupart mortes en place et recouvertes par du turf, des corallines et/ou quelques cyanobactéries

En **novembre 2018**, seuls les transects ST09AB (0.6 et 0.9 m²) présentent cette maladie sur des colonies

d'*Acropora* tabulaire. Les colonies affectées par la maladie de la bande blanche de la mission précédente (ST01AB, ST02A, ST03AC, ST04C, ST05AC et ST12AB) sont toutes mortes en place et elles commencent à être recouvertes par du turf et des corallines.

- Les lésions liées à la sédimentation

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

En **novembre 2018 (et les autres missions)**, les transects présentant le plus de dégradations liées à la sédimentation sont ST02B, ST03A B C et ST08A. Ces colonies peuvent être entièrement ou partiellement mortes en place. L'apport sédimentaire peut être concéquent pour ces stations lors des fortes précipitations mais également lors de passage de bateaux pour la station ST03 (remobilisation des sédiments par les hélices).

- 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 **novembre 2018**, aucune dégradation mécanique récente n'a été été observée sur les coraux durs.

- Les lésions liées aux anomalies positives de température et UV (et dans une moindre mesure de dessalure)

Ces perturbations sont susceptibles d'affecter toutes les espèces mais certaines sont plus sensibles aux variations de l'environnement (cf. § 6.2.2.1).

Elles étaient les plus fréquemment rencontrées lors de la mission d'**avril 2016**. De nombreuses colonies coralliennes avaient expulsé leurs zooxanthelles mais pour la majorité des colonies les polypes étaient toujours vivants.
Le phénomène de blanchissement était généralisé à l'ensemble des récifs de la Nouvelle-Calédonie. Le recouvrement en coraux blanchis diminuait avec la profondeur. Il s'est avéré très important sur les platiers récifaux de la baie de Prony et du canal Woodin.
L'anomalie de température a été moins importante pour les récifs du canal de la Havannah car les masses d'eaux y sont beaucoup plus brassées.

Depuis **novembre 2016**, une grande partie des colonies blanchies ont réintégré des zooxanthelles.

En **septembre 2018**, la résilience du récif était importante dans le canal Woodin (ST04) et mesurable par la croissance des colonies coralliennes. Par contre, la station du port (ST03A) enregistrait une mortalité corallienne localisée sur le niveau bathymétrique supérieur (le plus perturbé en avril 2016).

En **mai et novembre 2018**, aucune colonie corallienne ne semble perturbée par ces variations.

Octobre 2015
Bon état de santé

Avril 2016
Blanchissement très important : perte des zooxanthelles

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

Avril 2017
Résilience des colonies coralliennes et recrutement

Septembre 2017
Croissance des colonies coralliennes

En 2017 : Résilience du récif : de nombreuses colonies coralliennes ont réintégré des zooxanthelles et continuent de croître

Mai 2018

Le sommet du récif est en phase de résilience depuis le phénomène de blanchissement de 2016.
Cependant, la communauté corallienne est sous la menace d'une prolifération d'*Acanthater planci* en novembre 2018

Photo n°30 : Evolution du blanchissement sur les 6 dernières missions (ST04A)

6.2.2.2.2 Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude

- La tâche noire (dark spot ou hypermycose endolithique)

Elle est généralement associée avec des champignons (endolithic fungal infiltrates) : elle touche de nombreuses espèces encroûtantes, massives et libres, généralement dans les niveaux bathymétriques moyens et les plus profonds. Les colonies affectées par ce type de lésion ne meurent pas.
→ Cette lésion est principalement recensée pour la station ST08 (récif frangeant à la côte du canal de la Havannah qui est influencé par l'apport sédimentaire de la baie Kwé) et dans une moindre mesure en ST02B.

- L'anomalie de croissance (growth anomaly)

Ces lésions sont observées généralement sur les colonies de *Porites* et de *Diploastrea heliopora* mais d'autres genres peuvent être perturbés comme *Acropora*, *Pectinia*, *Leptoria*, *Platygyra* et les *Fungia* mais aussi des alcyonaires comme *Sarcophyton* et *Lobophytum*. Les colonies affectées par ces anomalies de croissance ne meurent pas.
Dans la zone d'étude les colonies affectées par ces anomalies de croissance se localisent préférentiellement en ST05B *(Diploastrea heliopora)*, ST08B et ST12A (*Porites* sp.). La taille des lésions sur ces colonies peut atteindre plus de 30 cm de diamètre. Les tumeurs sont formées par des groupes de polypes avec des taux de croissance plus élevés.

- La perte de tissu (white syndrom)

Elle se manifeste chez plusieurs espèces par des tâches blanches (perte de zooxanthelles ou de tissu). La cause est inconnue mais si la colonie perd ces tissus alors la partie affectée ne peut pas se régénérer, voire la colonie meurt en place.

→ En **septembre 2017**, seule une colonie de *Porites* en ST02B est touchée. Cette lésion est très peu observée depuis le début du suivi.
En **mai et novembre 2018**, aucune colonie ne présente cette lésion.

- La tâche rose (pink spot)

C'est une réaction inflammatoire due à une irritation des tissus. Les causes peuvent être la sédimentation ou la colonisation de larves de vers. Cette inflammation peut entraîner l'expulsion des zooxanthelles et/ou une perte de tissu et ainsi la colonie meure en place.
→ Cette lésion n'a pas été recensée lors des 7 dernières missions.

6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes

Aucun phénomène de prolifération permanente n'a été constaté depuis le début du suivi (2007) (figure 91). **Attention cependant à la prolifératin d'*Acanthaster planci* en ST01 (Casy) depuis en 2017-2018 et à son installation en ST04 (Woodin) pour cette mission (novembre 2018).**

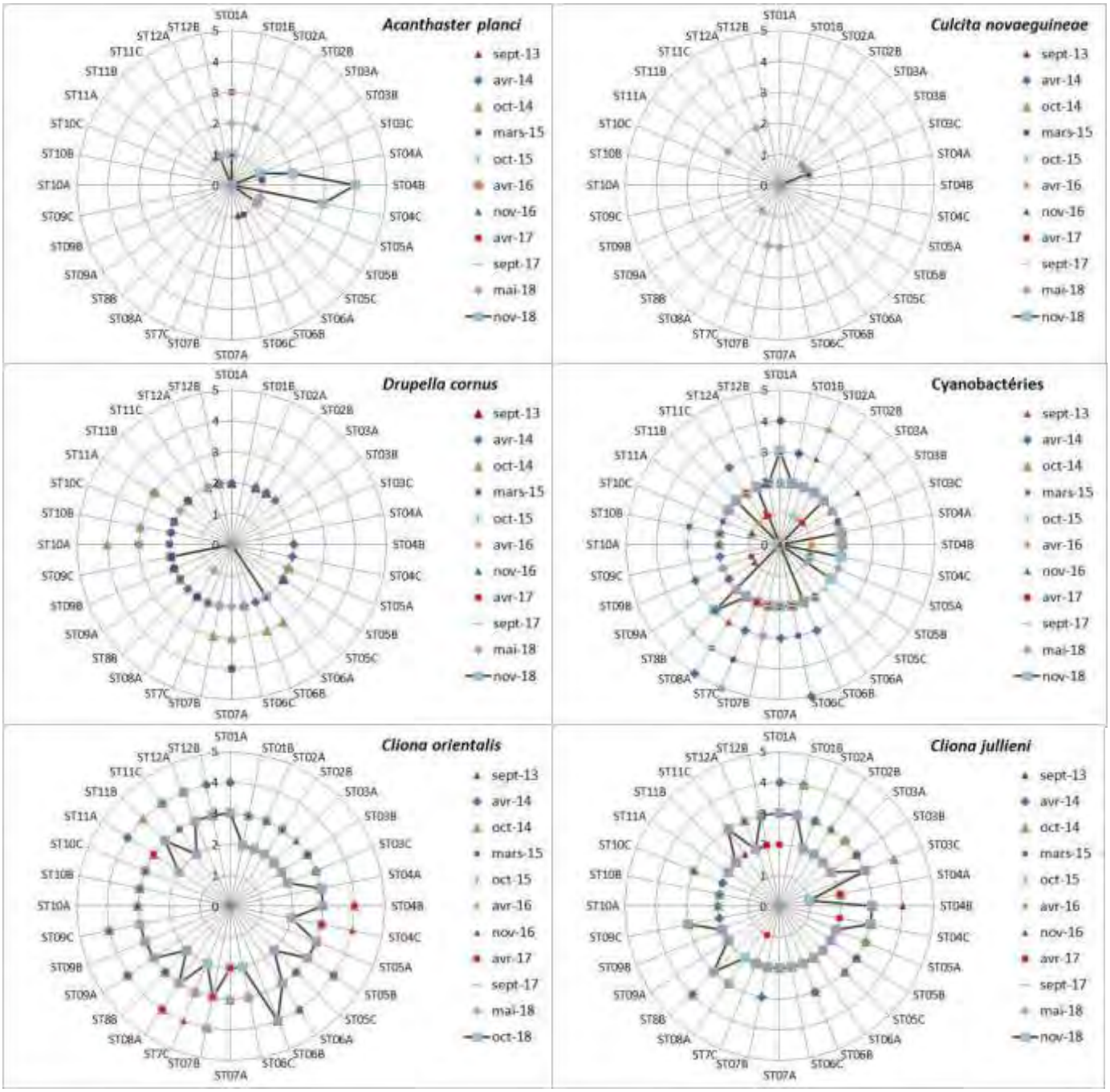


Figure n°91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013

- 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 subit des perturbations non négligeables (naturelles ou anthropiques).

→ **Les cyanobactéries** sont principalement observées sur les stations ST01, ST03, ST06, ST07 et ST08.

En avril 2013, elles se développent, sur les nouveaux débris coralliens et les colonies coralliennes retournées (grandes surfaces plurimétriques).

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

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

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

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

En mars 2015, le recouvrement des cyanobactéries a augmenté pour la plupart des transects couloirs suite aux perturbations d'origine dépressionnaire (cyclone Pam). L'évolution de leur développement est à surveiller avec une grande attention en ST01B, ST06C, ST07AC et ST10B (niveau 3) et particulièrement en ST01A, ST07C, ST08A (niveau 4). Les cyanobactéries se développent principalement sur les débris coralliens récents et sur les colonies d'*Acropora* tabulaire affectées par la maladie de la bande blanche.

En octobre 2015, le recouvrement des cyanobactéries est important pour les transects couloirs ST03A et ST08B (niveau 4) puis ST10A&B (niveau 3). Elles se développent par de grandes plaques plurimétriques sur le sédiment (ST03A, ST08B) et sur des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (ST10). Les autres transects les plus perturbés en début d'année 2015 montrent une diminution du recouvrement. Bien que le recouvrement des cyanobactéries soit important pour ces stations, les dégradations occasionnées sont mineures pour le moment.

En avril 2016, les cyanobactéries ont bien diminué pour les stations qui présentaient un recouvrement important en octobre 2015 (ST03A, ST08B, ST10A&B). Par contre, le transect ST02A présente un développement relativement conséquent (niveau 4) sur les algues vertes du genre *Halimeda* qui sont entremêlées à la base des colonies d'*Acropora* branchu. Le blanchissement des coraux pourrait être la cause de ce développement important.

En novembre 2016novembre 2018, 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 hydnoides*) se développe particulièrement sur les débris coralliens.

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

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

Par contre, leur recouvrement a fortement diminué pour les transects de la baie de Prony (ST01AB, ST02A, ST03AB ; < niveau 2) et l'îlot Ugo ST12A (< niveau 2).

En septembre 2017, le recouvrement des cyanobactéries était important pour les transects ST08A (niveau 4) et ST01A (niveau 3). Elles se développaient par de grandes plaques métriques à plurimétriques sur les débris en ST08A et sur des colonies coralliennes perturbées par les *Acanthaster planci* en ST01A.

Les autres transects montraient : une hausse de recouvrement pour ST03A, ST04B, ST05A C, ST06A, ST07A, ST08A et ST12A (≤ niveau 2) et une baisse de recouvrement pour ST02A B (niveau 1).

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

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

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

En novembre 2018, le recouvrement des cyanobactéries est en augmentation pour les niveaux bathymétriques suivants : ST04C, ST05B, ST06C, ST07A et ST12B (niveau 2) et ST01A et ST08B (niveau 3). Et en diminution pour les niveaux bathymétriques : ST03B, ST05A, ST07BC et ST09B (≤ niveau 2). **Les niveaux bathymétriques ST07BC ne présentent pas de dégradation par rapport au recouvrement important des cyanobactéries de la précédente mission.**

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

- Les astéries corallivores (prédatrices de corail)

L'accroissement important et/ou la prolifération des astéries corallivores (*Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae*) caractérisent l'affaiblissement des récifs et un dérèglement antérieur de l'écosystème. En effet, leur présence en abondance est généralement révélatrice que le récif a subi auparavant une perturbation non négligeable (naturelle ou anthropique). Ces espèces carnassières sont ainsi connues pour être localement invasive avec un fort potentiel de destruction sur les récifs coralliens. Leurs dégradations sont irréversibles car elles dévorent les polypes des colonies coralliennes sur de très grande surface et en peu de temps.
L'espèce *Culcita novaeguineae* est plutôt rencontrée dans les milieux turbides (baies) et l'espèce *Acanthaster planci* plutôt sur les récifs frangeants, intermédiaires du lagon ou externes.

Depuis le début du suivi biologique, ces espèces sont présentes de manière très occasionnelle, cependant **une prolifération d'*Acanthaster planci* est constatée depuis avril 2017 en ST01.**
En avril 2014, seul un spécimen a été observé en ST05A et ST05B (niveau 1). Cependant, la station ST10 présente régulièrement des stigmates de blanchissement corallien induit par les *Acanthaster* mais aucun spécimen n'a été observé depuis octobre 2012.
En octobre 2014, aucun spécimen d'*Acanthaster planci* n'a été observé. Concernant les *Culcita novaeguineae*, seul un spécimen par transect a été recensé pour ST03A et ST03B (Port). Les perturbations engendrées étaient très mineures.
En mars 2015, seul un spécimen juvénile d'*Acanthaster planci* a été observé en ST06B et 3 bras fraichement 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 plan*ci, 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 (1ère fois en baie de Prony).
→ Aucune colonie corallienne n'a été observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.
En avril 2017, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été observé.
Par contre, le transect supérieur de la station de Casy (**ST01A**) présentait **12 spécimens d'*Acanthaster planci*** (/ 100 m²). C'est le plus grand rassemblement de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi. Lors du dernier suivi un seul spécimen avait été observé.
En septembre 2017, 3 spécimens de *Culcita novaeguineae* ont été observés en ST03A.
La station ST01 (Casy) présentait une prolifération d'*Acanthaster planci* (respectivement 13 et 3 spécimens pour 100m² aux transects A et B). C'est le plus grand rassemblement pérenne de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi d'août 2007. De nombreuses colonies coralliennes ont été dévorées depuis le début de cette prolifération.
En mai 2018, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdure en ST01A (7 spécimens) et aucun specimen n'a été recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).
De plus, les stations ST05AB et ST12A présentent un seul spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens viennent d'arriver car la mortalité corallienne est faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentent respectivement : ST05AB : 0.3 m², 0.8m² et ST12A : 0.9m².

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

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

- Les mollusques corallivores

L'espèce *Drupella cornus* est un gastéropode corallivore dont la présence en abondance sur un récif est également un indicateur de perturbation du milieu. Ainsi lorsque le récif subi une perturbation d'origine naturelle ou anthropique, il est constaté quelques semaines à quelques mois plus tard (par réaction en chaîne), la présence de *Drupella cornus* (et potentiellement d'autres corallivores).
Une abondance supérieure au niveau 3 de l'échelle d'abondance peut être un signe de perturbation. Les individus se rassemblent sur une ou plusieurs colonies (généralement *Acropora* tabulaire/ branchu) et dévorent au fur et à mesure tous les polypes pour laisser derrière leur passage une colonie morte en place. Ces rassemblements peuvent atteindre une dizaine d'individus par colonie.

En avril 2013, les gastéropodes *Drupella cornus* étaient absents.
En septembre 2013, ils profitent de la phase de dégradation corallienne post dépression pour se développer sur les colonies perturbées (ST01, ST02, ST05, ST07, ST08 et ST11). Leur abondance est relativement modérée mais leur développement doit particulièrement être surveillé en ST08 et ST11 (niveau 3).
En avril 2014, leur abondance est modérée sur l'ensemble des stations mais et ils se développent en ST10A et ST11A (niveau 3).
En octobre 2014, leur développement augmente de manière importante pour les niveaux bathymétriques hauts et médians des récifs du canal de la Havannah (ST06AB, ST07AB, ST10AB et ST11A). Les perturbations engendrées sont relativement conséquentes, de nombreuses colonies coralliennes (majoritairement les Acroporidae) sont dévorées puis mortes en place.
Les corallivores *Drupella cornus* sont plus susceptibles de perturber les niveaux hauts et médians des récifs car les espèces d'Acroporidae se développent préférentiellement où la pénétration de la lumière est importante. A ce titre, les *Drupella* sont absents en baie de Prony et dans le canal Woodin pour cette mission d'octobre 2014.
En mars 2015, aucun *Drupella* n'a été observé en baie de Prony ni dans le canal Woodin. Par contre, leur développement est modéré (niveau 2) pour les récifs du canal de la Havannah et se concentre principalement sur les colonies d'*Acropora* tabulaire en ST07A (niveau 4).
En octobre 2015, seules deux stations présentent des perturbations dues à la prédation de Drupella cornus. Leur développement est modéré en ST12A&B (niveau 2) et important en ST10ABC (respectivement niveau 3, 3 et 2).
En avril 2016, seules trois stations présentent des perturbations dues à la prédation de *Drupella cornus* (ST07A, ST10A&B et ST12A). Les récifs des stations ST10 et ST12 étaient déjà influencés par ce gastéropode lors de la dernière mission. Leur développement est modéré en ST07A et ST12A (niveau 2) et important en ST10A&B (niveau 3).
En novembre 2016, l'espèce *Drupella cornus* n'a pas été observée avec une abondance supérieure au niveau 2 (ST06A, ST07C, ST09A et ST10AB). La station ST10 présente des dégradations constantes de *Drupella cornus* depuis avril 2014 (nombreuses colonies mortes en place, particulièrement le genre *Acropora*).
En avril 2017, aucun *Drupella* cornus n'a été observé dans l'ensemble du réseau du suivi.
En septembre 2017, seul le transect ST12A était concerné par la présence de *Drupella cornus* (9 individus ont été recensés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire).
En mai 2018, les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux. Ils ont été recensés en faible abondance sur une seule colonie du genre *Acropora* (niveau 1 à 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST07AB, ST08A, ST11A et ST12A.

En novembre 2018, les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux. Ils ont été recensés en faible abondance sur une seule colonie blanchie du genre *Acropora* (niveau 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).

- Les éponges encroûtantes

Les éponges incrustantes *Cliona orientalis* et *Cliona jullieni* sont susceptibles de bénéficier des phases de

dégradation corallienne pour se développer (plaques décimétriques à plurimétriques). Elles se déploient naturellement sur tous les substrats durs comme des débris et la dalle, mais une lutte chimique se réalise avec les coraux scléractiniaires pour le développement spatial.
Le développement des Cliones est à surveiller avec une grande attention car ces éponges sont en forte compétition spatiale avec les coraux. En effet, elles peuvent profiter de l'affaiblissement des coraux pour se développer.
De manière générale, l'espèce *Cliona orientalis* se développe plus facilement dans le niveau bathymétrique supérieur et l'espèce *C. jullieni* a un développement plus en profondeur (influence possible de la pénétration de la lumière).

Ces éponges sont abondantes dans toute la zone d'étude. Leur développement reste relativement stable mais il peut légèrement varier suite à des perturbations (mécanique ou sédimentaire).
Comme les coraux, suite aux évènements dépressionnaires, le recouvrement diminue légèrement dans les zones très exposées et turbides.

En octobre 2014, leur développement variait peu par rapport aux missions précédentes. Cependant, quelques plaques décimétriques supplémentaires de *Cliona jullieni* avaient été recensées pour les niveaux ST02B, ST03C, ST05C, ST09C, ST10C et ST12A ; et *Cliona orientalis* en ST04B, ST05A et ST11B.
En mars 2015, leur développement tendait à une légère diminution par rapport aux missions précédentes.
- *Cliona jullieni* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03A, ST03C, ST05A et une très légère augmentation pour ST11A.
- *Cliona orientalis* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03C, ST011B&C, ST05A.
En octobre 2015, le recouvrement des Cliones tendait à se stabiliser, avec une légère diminution.
- *Cliona orientalis* : le recouvrement tendait à se stabiliser, avec une légèrement diminution pour les niveaux bathymétriques supérieurs et médians (ST03B, ST05C, ST06A, ST08B, ST09A). Seule la station ST11C avait augmenté d'abondance.
- *Cliona jullieni* : le recouvrement se stabilisait également, avec une légèrement diminution pour les niveaux bathymétriques médians (ST03B, ST05B, ST06B). Seule la station ST02B avait augmenté d'abondance.
En avril 2016, le recouvrement des Cliones était relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona orientalis* : diminuait d'abondance pour ST05B et surtout ST11C et augmente d'abondance pour ST05C.
- *Cliona jullieni* : diminuait d'abondance pour ST02A, ST02B, ST05C et ST08B.
En novembre 2016, le recouvrement des Cliones était stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
En avril 2017, le recouvrement des Cliones tendait vers une diminution sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullienei :* diminution d'abondance en ST01A, ST02B, ST04C ST07C et ST12AB.
- *Cliona orientalis* : diminution d'abondance en ST01B, ST02AB, ST03C, ST05C, ST07A, ST09C.
En **septembre 2017**, le recouvrement des Cliones était +/- stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullieni* : augmentation d'abondance en ST01A, ST04C, ST07C, ST12B et diminution en ST04A.
- *Cliona orientalis* : augmentation d'abondance en ST07AB et diminution en ST04BC, ST08A, ST11A.

En **mai 2018**, le recouvrement des Cliones reste stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullieni* : stable, aucun changement de recouvrement.
- *Cliona orientalis* : stable, seulement une augmentation d'abondance pour ST03C (niveau 0 à 2).

En novembre 2018, le recouvrement des Cliones reste relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi avec cependant une diminution d'abondance généralisée en ST07.
- *Cliona jullieni :* Stable, seulement une augmentation d'abondance pour ST04A (niveau 0 à 1) et une diminution d'abondance pour ST08A (niveau 3 à 2).
- *Cliona orientalis :* Stable mais diminution d'abondance pour ST06C (niveau 3 à 2) et ST07ABC (respectivement 3/3/4 à 2/2/3).

6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à mai 2018

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission de mai 2018 et celle-ci (novembre 2018) sont présentées dans le tableau 108.

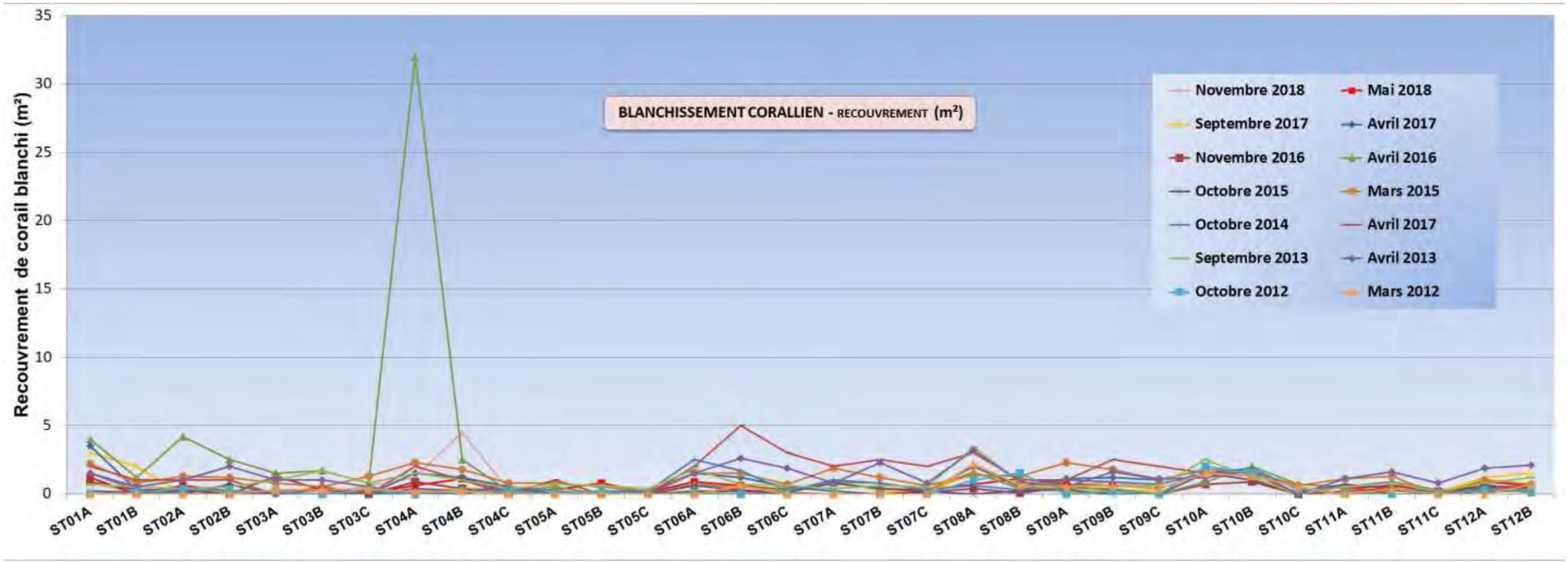


Figure n°92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012
NB : Le protocole n'a plus évolué depuis juin 2009 (cf. § 6.2.1).

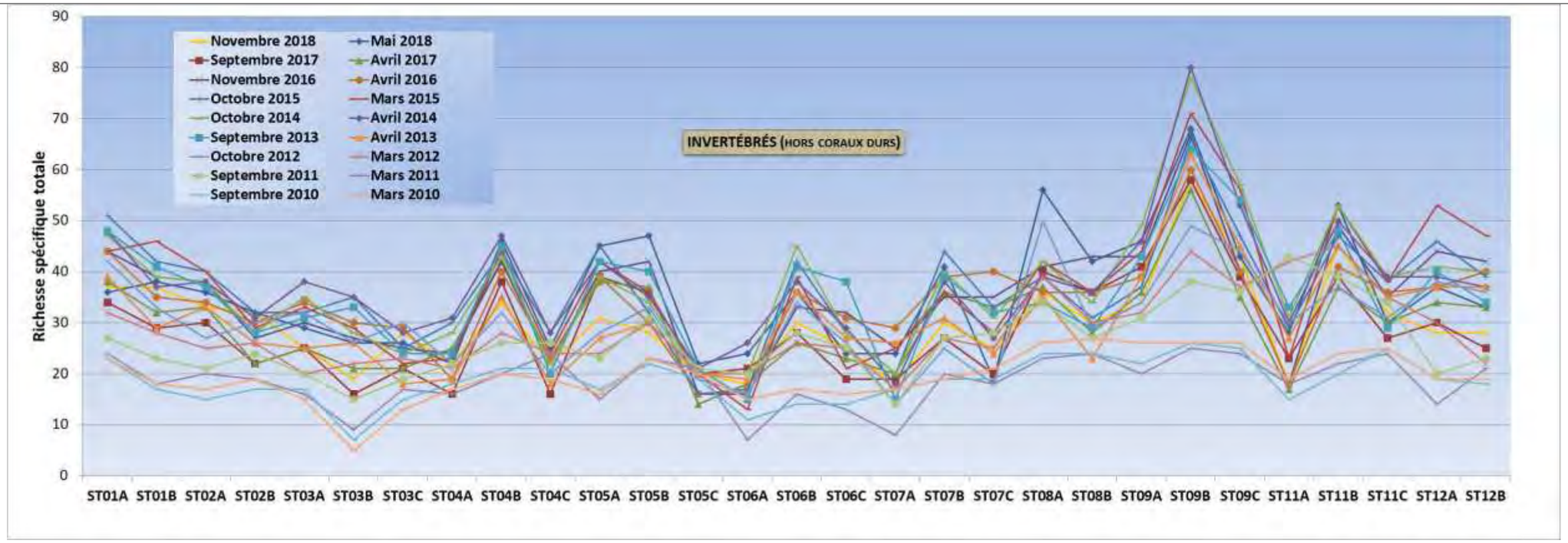


Figure n°93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a plus évolué depuis octobre 2011 (cf. § 6.2.1).

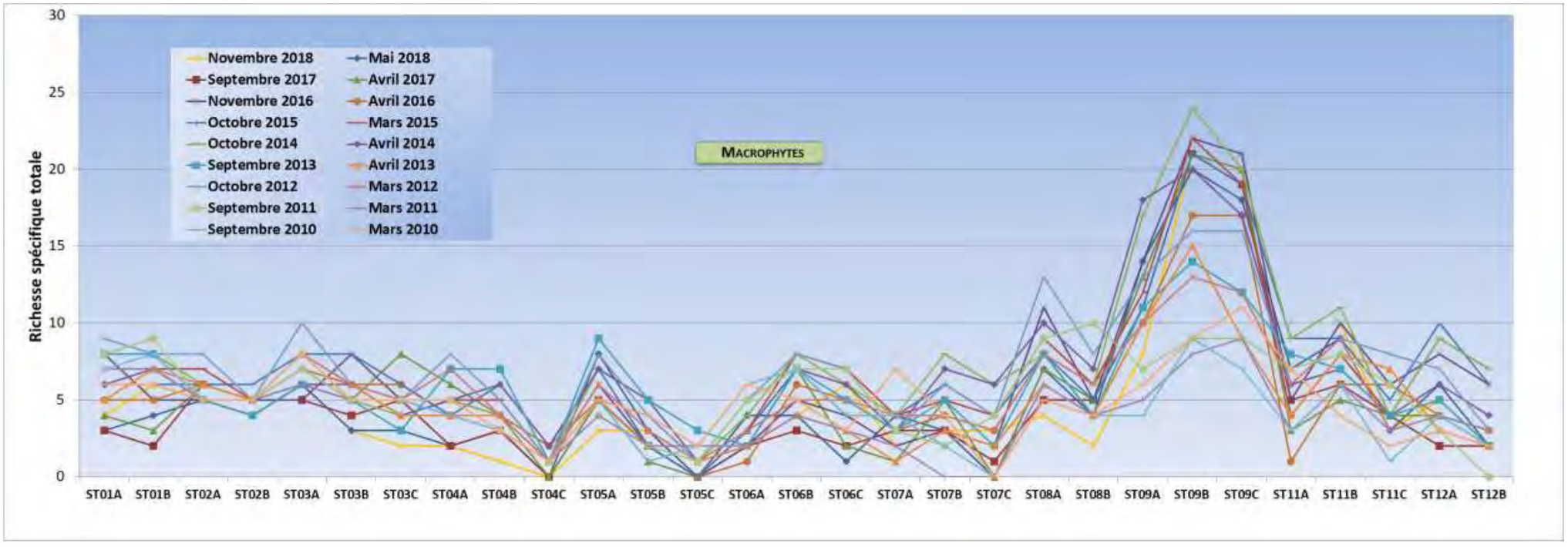


Figure n°94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a jamais évolué (cf. § 6.2.1).

Tableau n°106 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre mai et novembre 2018 (différence en %)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST11			ST12	
	Casy		B. Nord		Port			Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs Kié			Toémo			Ugo	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	0,5	-2,5	-20	19,5	-4,2	7,5	5,5	-4	1,5	-2,2	2,5	6	0	-2	0,5	0	-2	-1,5	-5,5	-10,5	7,5	-2,5	-2	-1,5	-24	-3,5	0,5	-8	-3
Coraux scléractiniaires	0	-0,5	22	1	0	0,5	-1	5	-16,5	-1	1	4,5	1	2	-1	0,5	0	-2,5	2	12,5	0,5	2,5	2	1,5	24	5,5	-0,5	4	1,5
Abiotique	-0,5	3	-2	-20,5	4,2	-8	-4,5	-1	15	3,2	-3,5	-10,5	-1	0	0,5	-0,5	2	4	3,5	-2	-8	0	0	0	0	-2	0	4	1,5

Code couleur :
- Le taux de recouvrement a augmenté en novembre 2018 par rapport à mai 2018
- Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre mai et novembre 2018
- Le taux de recouvrement a diminué en novembre 2018 par rapport à mai 2018

Tableau n°107 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre mai et novembre 2018 (gain/perte en taxa)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST11			ST12	
	Casy		B. Nord		Port			Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs Kié			Toémo			Ugo	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes	1	2	0	0	0	0	-1	-1	-2	-1	-5	0	0	0	0	5	-2	0	3	-3	-2	-6	1	1	-2	1	0	-1	0
Cyanobactéries	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1
Invertébrés	1	-1	-3	0	-4	-7	2	0	-12	-3	-14	-19	-2	-6	-6	1	-6	-11	6	-20	-12	-12	-10	0	-10	-8	2	-9	-5
Richesse taxonomique totale	2	1	-3	0	-4	-8	1	-1	-14	-3	-20	-19	-2	-6	-6	7	-7	-11	9	-23	-14	-18	-10	1	-12	-7	2	-10	-4

Code couleur :
- La richesse taxonomique a augmenté en novembre 2018 par rapport à mai 2018
- La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre mai et novembre 2018
- La richesse taxonomique a diminué en novembre 2018 par rapport à mai 2018

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°108 : *Particularités de chaque station et évolution entre mai et novembre 2018*

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
Baie de Prony	**ST01**	**Casy**	↳ Présence en fin d'*Acanthaster planci :* - Prolifération d'avril 2017 à mai 2018 en A, en septembre 2017 en B - Seulement 1 spécimen en novembre 2016 et en novembre 2018 en A → Les corallivores ne sont pas restés en B car il y a trop peu de colonies coralliennes à consommer ↳ La faune et la flore sont adaptées aux contraintes de turbidité et de sédimentation ↳ Les colonies coralliennes sont majoritairement de petites tailles (turn over important) ↳ La maladie de la bande blanche a été recensée lors de plusieurs missions sur des colonies d'*Acropora* tabulaire en A ↳ Le recouvrement des alcyonaires est très important (particulièrement le genre *Sarcophyton*) ↳ Compétition spatiale entre les alcyonaires et les coraux scléractiniaires ↳ Recouvrement modéré des éponges encroûtantes *(Cliona)* ↳ Mortalité corallienne importante en A (particulièrement les colonies du genre *Acropora*) ↳ Étude de la croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A (octobre 2008 à novembre 2016). En novembre 2016, il restait 5 colonies (colonies B et G mortes suite aux anomalies de température dues à el Niño du début d'année. La croissance diminue avec le temps, cependant elle n'est pas linéaire durant l'année (saisonnalité) et les périodes hivernales sont plus favorables au développement de l'exosquelette carbonaté *(Ce relevé d'information a été arrêté à la demande du Client)*	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 1% au transect A et B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à Acanthaster planci) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à Acanthaster planci) ;* Novembre 2018 : 0.45% De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis novembre 2016) - Lésions coralliennes : les colonies blanchies (en A : 0.8 m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci* (plus que 1 seul spécimen) Absence de la maladie de la bande blanche. En fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas être recensée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : présence en hausse en A (niveau 2 à 3) et en stable en B (niveau 2). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (*Acropora* tabulaire et branchu) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : présence en A et B (niveau 2), le recouvrement diminue en A (niveau 3 à 2) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : présence en A&B (niveau 2), le recouvrement augmente (niveau 0 à 2) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni* : stable **Les corallivores :** - Absence de *Culcita novaeguineae* - Présence d'1 seul spécimen d'*Acanthaster planci* en A. Il n'y a plus de prolifération (la densité a diminué : 7 spécimens étaient présents en mai 2018) - Absence de *Drupella cornus*
	ST02	**Creek baie nord**	Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau, par une croissance rapide, la sécrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation Richesse spécifique parmi la plus importante des coraux de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus (*Acropora* et *Anacropora*) et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens Les colonies d'*Acropora* et *Anacropora* en A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante). Hyper sédimentation en B Abondance important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*) Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 47.5% au transect A (forte augmentation, 2ème meilleur score du réseau) et 29.5% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4% ;* Novembre 2018 : 0.05% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche, quelques tâches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : recouvrement stable en A & B (niveau 2). Elles se développent sur les algues vertes *Halimeda* qui sont entremêlées dans les colonies d'*Acropora* branchus et sur quelques colonies coralliennes mortes en place - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est stable : il est important en A (niveau 4) et modéré en B (niveau 3) → caractère envahissant potentiel - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **Les corallivores :**

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
				- Absence des *Culcita novaeguineae* - Disparation des *Acanthaster planci* (2 en A en mai 2018) - Absence de *Drupella cornus*
	ST03	**Port**	Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide : - Présence de *Heliofungia actiniformis* en A - Présence *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. en B - Présence d'une colonie métrique de *Blastomussa merleti* en C (rare) ➪ La mortalité corallienne peut être induite par l'apport d'eau douce (dessalure) au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation plus en profondeur Le turn over corallien est conséquent (colonies de petite taille, surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A Abondance important des alcyonaires (*Sarcophyton*) Le *Tridacna squamosa* en A est mort en octobre 2014 Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae* et *d'Acanthaster planci* Recouvrement très important et en constante augmentation de l'algue brune (genre *Lobophora*) en B & C	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 6.5% au transect A, 29.5% en B et 11.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0% ; Mai 2018 : 0.17% ;* Novembre 2018 : 0.20% - Lésions coralliennes : RAS pour la maladie de la bande blanche Le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C) - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : recouvrement stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place - Algue brune *Lobophora* : présence aux 3 transect. Recouvrement est stable mais important sur l'ensemble de la station (respectivement niveau 3/5/4) → **caractère envahissant potentiel** - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - 1 spécimen d'*Acanthaster planci* et 1 de *Culcita novaeguineae* en C - *Drupella cornus* : absence
Canal Woodin	**ST04**	**Woodin**	Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue. Le recouvrement corallien en A est composé particulièrement par les colonies de *Millepora* sp., *Seriatopora hystrix* et *Acropora* spp. (branchu) Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante en A (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata)* Présence de nombreuses colonies de *Tubastraea micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important) Les éponges encroûtantes *(Cliona)* ont un recouvrement important en B Les crinoïdes sont nombreux et installés sur les promontoires ou les colonies de *Tubastraea* exposées aux courants de marée Les macrophytes se développent très peu Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone PAM) : formation d'un petit couloir d'effondrement en A&B et quelques grandes colonies de *Tubastraea micrantha* se sont effondrées en C mais elles continuent de s'édifier Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place en A&B. La mortalité concerne principalement les colonies *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis* et d'*Acropora* spp. Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B peuvent être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 42% au transect A, 15.5% en B et 5.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ;* Novembre 2018 : 2% De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis cette mission) - Lésions coralliennes : les colonies blanchies concernent surtout le niveau médian (en B : 4.5 m²). Elles sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci* (51 ind. / 300 m²) La maladie de la bande blanche n'a pas été recensée : en fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie - Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : présence sur les 3 transects (niveau 2) (recouvrement stable pour A & B et en augmentation pour C (niveau 0 précédemment). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (prolifération *Acanthaster*) - Le turf algal se développe en A & B sur les colonies anciennement blanchies (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata* ...) et les colonies coralliennes mortes en place. Son développement est modéré sur les débris coralliens - Algue brune *Lobophora* : absente (recouvrement en baisse donc en B) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 0 à 1) et stable en B & C **<u>Les corallivores :</u>** - Absence de *Culcita novaeguineae*

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
				- Prolifération d'*Acanthaster planci* importante aux 3 transects (respectivement 6, 33 et 12 spécimens soit 51 individus / 300m²). Ces corallivores arrivent du bas et remontent le récif. La mortalité corallienne est conséquente et concerne surtout les colonies d'*Acropora* tabulaire - Absence de *Drupella cornus*
Canal Havannah	**ST05**	**Ioro**	Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développés et colonisent les massifs et les blocs coralliens Diversité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et mobilité bathymétrique importante (recherche de nourriture) Présence très occasionnelle d'*Acanthaster planci*	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 33.5% au transect A, 33.5% en B et 1.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4%* ; Novembre 2018 : 0.07% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Très nombreuses anomalies de croissance sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B). Les lésions induites par les corallivores sont très restreintes (1 spécimen d'*Acanthaster* B, soit 0.2 m²) - Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 1 à 2) et en diminution pour A (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les débris coralliens - Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : absente, recouvrement en diminution en A & B (niveau 2 à 0) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **Les corallivores :** - Absence de *Culcita novaeguineae* - Présence d'1 spécimen d'*Acanthaster planci* en B (stable) et disparition en A (1 en mai 2018) - Absence de *Drupella cornus*
	ST06	**Ionontea**	Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A, puis remobilisation et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B&C (surtout PAM en 2015) Nombreux coraux tabulaires retournés sur l'ensemble de la station (mortalité conséquente par arrachement) Présence de grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (B) Présence de *Blastomussa wellsi* et *Physogyra lichtensteini* en C Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité) Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 32.5% au transect A, 30% en B et 11% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17% ; Mai 2018 : 0.6% ;* Novembre 2018 : 0.07% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Une colonie d'*Acropora* est colonisée en A par des *Drupella cornus* - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018) **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : présence stable en B (niveau 2) et en augmentation en C (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les algues rouges (*Asparagopsis*) - 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* : recouvrement en augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/5/4) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable en A & B et diminution en C (niveau 3 à 2) **Les corallivores :** - Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae* - Absence de *Drupella cornus* en A (niveau 2)
	ST07	**Basse Chambeyron**	Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies. Cependant présence de colonie de taille métrique d'*Acropora* tabulaire en A et de *Porites massif* en C Croissance importante des colonies d'*Acropora* tabulaire en A pour cette mission	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 26.5% au transect A, 10% en B et 3.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.47% ; Avril 2016 : 0.67% ; Novembre 2016 : 0.03% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0.43% ; Mai 2018 : 0.5% ;* Novembre 2018 : 0% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées en A

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
			Présence de *Blastomussa wellsi* en B Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et blocs coralliens pour les autres transects B&C. La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaires retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles) : → Couloirs d'effondrement de part et d'autre des transects → Bas de pente récifale (par gravité) Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions) Les crinoïdes également privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité)	& B sont mortes en place - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018) **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : présence aux 3 transects (niveau 2) : augmentation en A (niveau 0 à 2) et forte diminution en B & C (respectivement niveau 3/5 à 2/2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les algues rouges (*Asparagopsis*) - 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 en augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/5/5) - *Cliona orientalis* : diminution aux 3 transects (respectivement 3/4/3 à 2/3/2) - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae* - Absence de *Drupella cornus* : diminution en A & B (niveau2 à 0)
	ST08	**Puka**	Cette station est située en bordure du récif frangeant du canal de la Havannah entre les baies de Port Boisé et de Kwé. Ainsi l'influence terrigène est très importante (dépôts de particules fines) mais l'hydrodynamisme peut être également soutenu (houle et ressac) Présence de grandes colonies de *Porites lobata* dans la zone (anomalies de croissance en B) Présence de *Tubipora musica* en B Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *Cliona jullieni*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes encore vivantes (compétition spatiale) - **Dégradations importantes depuis la mission de mars 2011 :** → Accentuées par de nombreuses dépressions tropicales, - baisse recouvrement et diversité corallienne : mortalité importante, coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens - maladies coralliennes affectant un grand nombre d'espèce depuis mars 2011 - développement des spongiaires *(Cliona)* - développement des corallivores (*Drupella cornus*) - développement de turf algal et de cyanobactéries Les colonies coralliennes malades sont pour la plupart mortes en place en octobre 2014 (maladie de la bande blanche et perte de tissu) → Suite à ces épisodes, la richesse corallienne augmente avec la présence de colonies juvéniles. Les nouvelles espèces sont adaptées à la turbidité → Les dépôts sédimentaires peuvent être soutenus selon les missions. Ils entrainent des nécroses sur les colonies coralliennes (source particulaire : baie Kwé) La diversité corallienne n'est plus étudiée (dernier recensement novembre 2016). Il n'est plus possible d'évaluer les variations spécifiques dans les assemblages de ce groupe. **Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A & B**	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 33% au transect A et 2.5% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ;* Novembre 2018 : 0 % - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées en A & B sont mortes en place La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur quelques Fungiidae et colonies encroûtantes (A > B). En B, les anomalies de croissance de la colonie de *Porites* plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent très peu - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, bonne visibilité et absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Les nécroses sur les colonies coralliennes en B sont surtout induites par les dépôts sédimentaires successifs **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : recouvrement en stable en A (niveau 2) et en augmentation en B (niveau 2 à 3). Elles colonisent principalement les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens les débris coralliens et les algues rouges (*Asparagopsis*) - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place - Algue brune *Lobophora* : disparition en A & B (niveau 2 à 0) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation en A & B (niveau 2 à 4) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* diminution en A (niveau 3 à 2) et stable en B **<u>Les corallivores :</u>** - Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae* - Disparition des *Drupella cornus* en A (niveau 1 à 0)
	ST09	**Bancs Kié**	- Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) - Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) : - Développement des gorgones depuis avril 2016 - Développement des alcyonaires, macrophytes et ascidies (recouvrement et richesse spécifique élevée) - Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)* - Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 22% au transect A, 17% en B et 18.5 % en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1% ; Septembre 2017 : 0.2% ; Mai 2018 : 0.63% ;* Novembre 2018 : 0.63% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche est recensée en A & B (respectivement 0.6m² et 0.9m²). Elle affecte les colonies d'*Acropora* tabulaires. Le blanchissement en C est induit par les *Drupella cornus* (0.4m²) - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
			métrique de *Turbinaria stellulata* en B - La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle - Le développement des coraux est restreint par la contrainte hydrodynamique. De nombreuses colonies coralliennes ont été retournées par les agents hydrodynamiques sur l'ensemble de la station lors de la dépression Fréda (début d'année 2013) et le passage plus ou moins éloigné du cyclone Pam. Ces colonies désolidarisées de leur substrat, dévalent progressivement la pente récifale - Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) (diversité et abondance) - Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée - Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A	**Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : absentes aux 3 transects - Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune *Lobophora* : absente - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 2 à 2/3/4) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **Les corallivores :** - Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae* - Présence de *Drupella cornus* en C (niveau 2)
	ST11	**Toémo**	Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) Ce récif a subi des dégradations durant les évènements cycloniques du début d'année 2011 (Vania-Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure le cyclone Pam en mars 2015 et Winston en février 2016. → Dégradations des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B&C Les scléractiniaires développent des morphologies robustes La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A) Le recouvrement corallien est important en A Saisonnalité des macrophytes : les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis*) présentent un développement saisonnier qui peut être très important sur l'ensemble de la station Les ascidies sont variées et abondantes Les spongiaires sont relativement abondantes (*Cliona*) Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 72.5% au transect A (toujours plus fort recouvrement de tous les transects + forte augmentation), 39% en B et 6% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1%* ; *Mai 2018 : 0.4% ;* Novembre 2018 : 0% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies précédemment affectées aux 3 transects sont mortes en place - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux cyclones (Gita : février 2018 et Hola : mars 2018) **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : recouvrement stable en A & B (niveau 2). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place, les débris coralliens et les algues rouges (*Asparagopsis*) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C - Algue brune *Lobophora :* absente (stable) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/5/4) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **Les corallivores :** - Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae* - Disparition de *Drupella cornus* en A (niveau 2 à 0)
	ST12	**Ugo**	Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs de *Goniopora* sp. et *Acropora* spp. Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique à métrique (turn over important) Grande diversité et abondance des coraux libres (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique (couloir d'effondrement de débris) Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large lors des périodes dépressionnaires) Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire) Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires) Recouvrement algal très faible Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs et les blocs coralliens	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A et 19.5% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.5% ; Avril 2016 : 0.25% ; Novembre 2016 : 0.5% ; Avril 2017 : 0.2% ; Septembre 2017 : 1.35% ; Mai 2018 : 0.75% ;* Novembre 2018 : 0.40% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche Il y a quelques anomalies de croissance sur des colonies de *Porites* en A. Les lésions induites par les corallivores sont très restreintes (1 spécimen d'*Acanthaster* en A : 0.8 m² de corail blanchi) - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les débris du couloir d'effondrement sont régulièrement remobilisés par la houle **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en B (niveau 0 à 2) et stable en A (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrements - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est stable en A & B (niveau 2) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente (stable) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2018
				<u>Les corallivores :</u> - Absence de *Culcita novaeguineae* - Présence d'1 spécimen d'*Acanthaster planci* en A (stable) - Disparation de *Drupella cornus* en A (niveau 2 à 0)

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en novembre 2018 sur le peuplement de poissons et les compare aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables à savoir celles réalisées depuis 2007.
Les données 2005 ne sont pas reprises ici, mais elles sont disponibles toutefois dans un des rapports précédents (de 2008 [21]).

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 (Bα) est le nombre d'espèces n présentes sur une station i : Bαi = ni
- La biodiversité β (Bβ) est la diversité des valeurs de diversités α ; soit en d'autres termes la diversité des stations qui caractérisent la zone étudiée
- La biodiversité γ (Bγ) est la biodiversité totale de la zone, en d'autres termes, la réunion des biodiversités α obtenues sur l'ensemble p des stations choisies pour caractériser la zone : Bγ = ∪Bαii

Du fait des limites imposées par le Cahier des Charges, les biodiversités β et γ ne peuvent être calculées et la biodiversité α est donc tronquée. Cependant, pour certains calculs et comparaisons, la liste « totale » est parfois reprise :
- Biodiversité 1 : ne prend en compte que les espèces de la liste du 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 Bα).

Dans tous les paragraphes qui suivent, sauf mention contraire, ce sont les poissons de la liste restreinte et présents sur les transects (biodiversité 1) qui ont été pris en compte.

Les données quantitatives par station de la partie précédente sont des données conjoncturelles uniques, donc non statistiques et de plus affectées d'une forte variabilité et de nombreux biais, dus aux comportements des poissons. Cela obère toute comparaison spatiale annuelle signifiante.
En revanche, la prise en considération de l'ensemble des stations de la zone donne une série statistique exploitable permettant une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR)

Les tableaux de données se présentent avec les stations en lignes et les années (missions) en colonnes. L'ANOVAR est un test paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'un tel tableau, en effet, c'est un test sur les moyennes qui confronte la variance globale du tableau dite « variance factorielle » à la variance entre les colonnes dudit tableau, dite « variance résiduelle ».
L'ANOVAR des tableaux de densité, de biomasse et de biodiversité peut être réalisée en confrontant la variance du tableau aux variances annuelles, donc en colonnes : c'est alors l'homogénéité temporelle qui est testée, ou en confrontant la variance globale aux variances des stations, donc en lignes : c'est alors l'homogénéité spatiale qui est testée.
Pour l'ensemble des tests, l'hypothèse Ho testée est « l'homogénéité (ou égalité) des variances ». Si l'hypothèse nulle est vérifiée, cela correspond à une probabilité forte de « similarité des colonnes ».

Rappel sur le cadre d'utilisation de l'ANOVA.
Lors du passage des membres de la mission INERIS, ils nous ont fait la remarque que l'utilisation de l'ANOVA sur nos données n'était pas pertinente, compte tenu du fait que « l'hypothèse de normalité » n'était

pas respectée et que l'homoscédasticité des données n'était pas vérifiée.
En théorie, une ANOVA est performante si les données analysées sont normales[16] *et si la prise de données est conforme aux règles d'homoscédasticité*[17]*. 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 [22 à 28]. De plus, ces études montrent aussi que l'hypothèse d'homoscédasticité est très secondaire dans le modèle fixe lorsque les effectifs sont égaux. Or, c'est également le cas de nos données puisque le nombre de stations est toujours le même et que le nombre de visites aux stations est le même pour toutes les stations depuis le début du suivi en 2007.
Par ailleurs, compte tenu de la nature des données poissons, la vérification de l'homoscédasticité du tirage des données serait sans doute d'un coût prohibitif et de plus probablement infructueuse.
Des explications plus complètes sont développées en annexe 03 du rapport de novembre 2016 [10].

Les données brutes pour chaque paramètre (densité, biomasse, biodiversité 1 et 3) sont données dans les tableaux 111 à 114.
Les graphiques des figures 95 à 98 permettent une approche synoptique. Ils montrent d'un coup d'œil, les différences entre missions, donc au cours du temps et les différences dans l'espace, c'est-à-dire entre stations.
Cette nouvelle présentation montre aussi l'écart considérable qui existe entre la baie de Prony et le canal de la Havannah.

6.3.1.1 Variance temporelle : comparaison entre les missions

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

6.3.1.1.1 En baie de Prony

L'analyse des variances des 4 paramètres suivis pour les différentes campagnes (cf. tableau 104) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des missions pour la densité et la biomasse et une **hétérogénéité** pour les 2 biodiversités.

Tableau n°109 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{obs.}$			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Prony	20	42	1,83	**1,64**	**1,47**	**2,81**	**4,24**

[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)

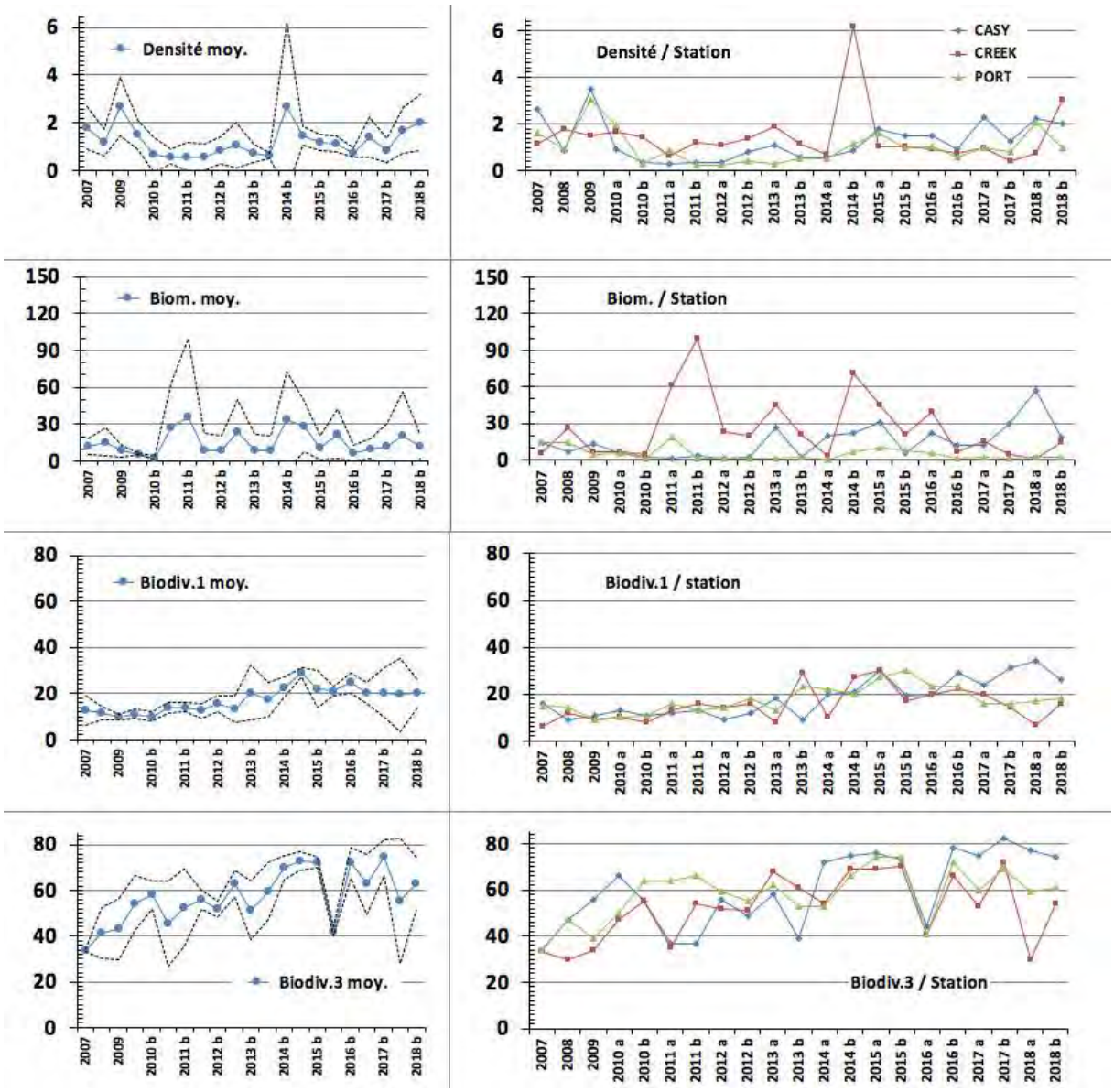


Figure n°95 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony)

6.3.1.1.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres suivis pour les différentes campagnes (cf. tableau 110) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des missions pour tous.

Tableau n°110 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{obs.}$			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Havannah	19	160	1,73	1,77	2,95	3,69	6,36

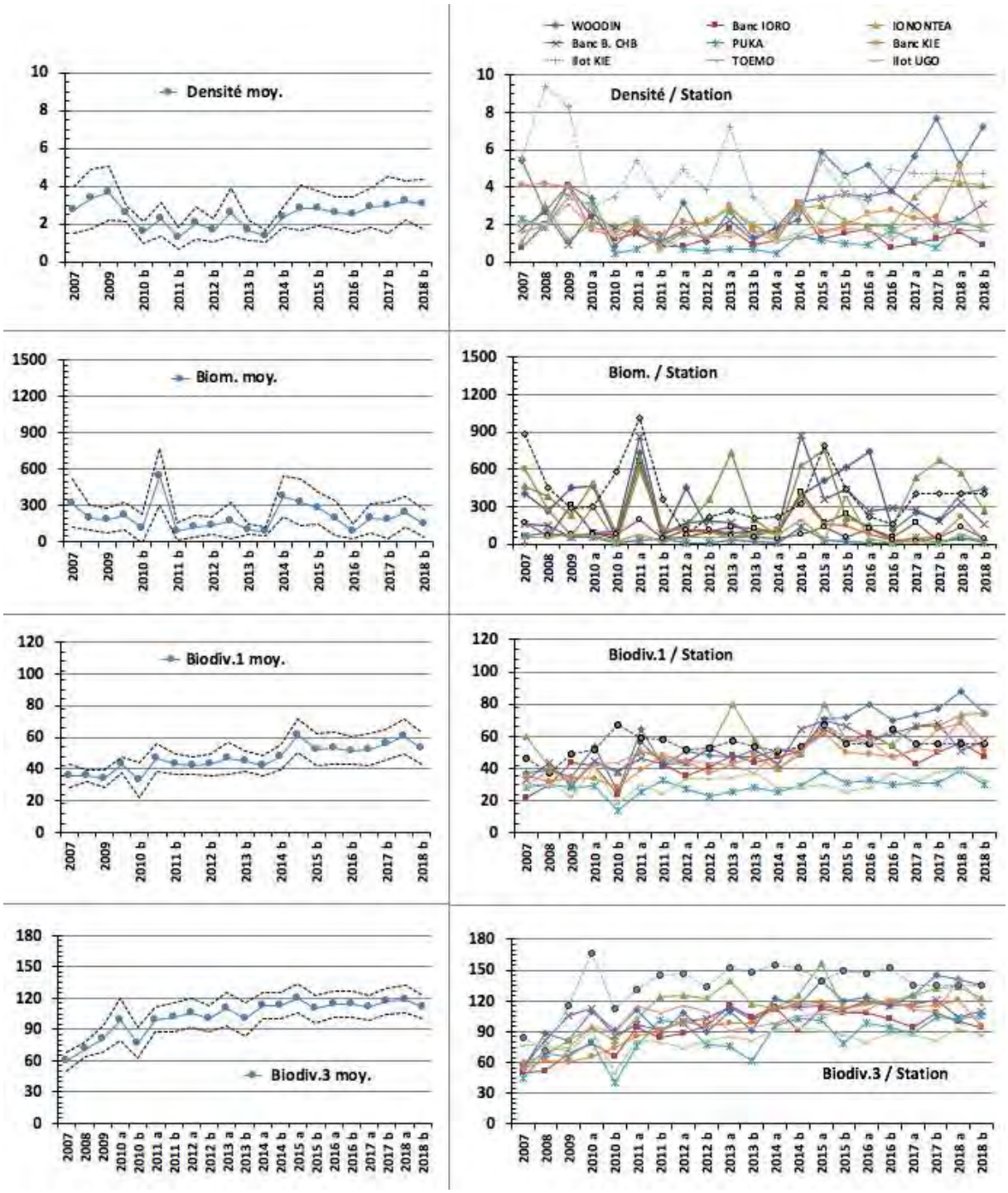


Figure n°96 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin)

Tableau n°111 : Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	2,63	1,12	1,59	5,45	0,73	2,45	1,78	2,32	4,13	5,57	1,64	*2,08*
2008	0,87	1,76	0,92	2,71	2,02	2,99	2,73	1,84	4,21	9,37	1,90	*2,08*
2009	3,50	1,49	3,03	4,07	4,09	1,17	0,91	3,50	4,01	8,30	3,12	3,49
2010 a	0,93	1,68	1,95	3,38	2,37	2,05	2,66	3,05	1,66	2,94	1,86	3,01
2010 b	0,33	1,41	0,31	0,84	1,23	1,91	1,79	0,46	1,35	3,46	1,59	1,44
2011 a	0,30	0,61	0,86	2,11	1,56	2,23	1,62	0,68	1,81	5,47	2,50	2,36
2011 b	0,36	1,18	0,22	0,95	0,81	0,75	1,05	1,30	1,42	3,48	0,90	0,60
2012 a	0,33	1,10	0,24	3,20	0,87	1,64	1,70	0,70	2,18	4,93	1,70	1,40
2012 b	0,78	1,36	0,41	1,09	1,22	2,25	1,24	0,63	1,96	3,85	1,27	1,46
2013 a	1,09	1,91	0,28	2,71	1,80	2,80	2,26	0,68	3,04	7,23	1,35	1,60
2013 b	0,56	1,14	0,51	1,32	0,94	1,98	1,18	0,64	1,71	3,00	1,64	2,13
2014 a	0,60	0,71	0,52	1,86	1,12	1,19	1,82	0,47	1,44	2,01	1,08	1,13
2014 b	0,85	6,17	1,12	2,21	3,00	2,87	3,21	1,40	3,20	2,56	1,27	1,54
2015 a	1,75	1,06	1,58	5,90	1,19	3,00	3,37	1,17	1,65	5,44	1,64	2,15
2015 b	1,50	1,03	0,99	4,64	1,53	2,27	3,65	0,99	1,95	3,61	1,78	4,65
2016 a	1,47	0,89	1,02	5,18	1,80	1,89	3,51	0,94	2,64	3,24	1,67	2,59
2016 b	0,91	0,74	0,57	3,56	0,72	1,89	3,81	1,68	2,75	4,95	1,20	1,44
2017 a	2,27	0,98	1,00	5,65	0,96	3,48	2,91	1,15	2,35	*4,70*	1,84	2,82
2017 b	1,28	0,43	0,82	7,68	1,20	4,47	2,00	0,78	2,42	*4,70*	2,26	1,50
2018 a	2,25	0,74	2,07	5,20	1,58	4,23	*2,27*	2,16	5,09	*4,70*	1,68	2,15
2018 b	1,98	3,03	0,99	7,21	0,93	4,11	3,08	1,79	1,88	*4,70*	1,66	1,94

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

Tableau n°112 : Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	14,9	5,5	14,7	408,3	47,7	1322,4	155,2	67,4	607,7	881,8	174,5	*74,7*
2008	6,7	26,1	14,1	267,8	58,0	385,7	146,8	87,5	273,9	452,0	61,9	*74,7*
2009	13,1	6,7	4,6	456,3	316,0	226,5	57,4	53,2	62,7	291,1	79,6	73,0
2010 a	5,8	6,7	5,1	460,9	93,8	487,8	85,0	57,6	303,4	298,4	75,4	63,6

2010 b	2,3	4,2	1,3	38,6	37,9	93,0	103,5	11,7	10,6	576,5	75,1	13,9
2011 a	1,0	61,0	19,1	730,7	661,5	687,7	855,0	28,3	593,1	1014,9	188,4	79,9
2011 b	4,0	100,2	1,5	65,4	41,0	76,9	71,3	39,8	118,9	357,3	38,6	14,1
2012 a	0,8	23,2	0,8	446,9	51,1	151,8	175,8	4,9	96,3	73,3	110,9	52,1
2012 b	2,7	20,1	1,6	105,5	99,7	353,1	179,2	7,0	99,5	220,1	108,1	49,3
2013 a	26,8	45,1	1,1	87,5	130,4	730,0	175,1	27,3	40,6	259,1	60,5	57,9
2013 b	2,4	21,2	2,5	97,5	125,5	191,6	62,1	12,9	79,1	207,0	52,1	94,6
2014 a	20,2	3,6	0,6	85,6	83,8	68,6	110,6	9,3	108,7	213,6	45,0	71,9
2014 b	21,6	71,5	6,2	392,3	416,0	622,2	874,0	135,2	376,6	325,0	74,0	189,2
2015 a	30,4	45,1	9,6	510,2	173,9	750,0	358,9	27,6	158,3	795,2	134,5	46,4
2015 b	5,2	20,7	7,5	609,7	240,8	210,7	439,4	20,4	149,2	435,3	57,2	382,9
2016 a	21,8	39,3	5,2	747,4	126,8	150,7	260,2	12,4	75,4	219,1	121,8	42,4
2016 b	12,1	6,6	1,1	108,0	52,5	150,7	283,5	10,1	31,3	155,8	31,5	7,0
2017 a	12,0	15,7	2,0	250,0	169,6	527,3	274,6	56,9	39,6	*399,0*	19,5	20,2
2017 b	29,9	4,3	1,3	196,0	24,0	667,0	181,0	10,0	64,0	*399,0*	51,0	11,0
2018 a	12,0	15,7	2,0	405,1	36,6	567,1	*255,2*	56,6	218,0	*399,0*	129,7	75,4
2018 b	19,2	14,1	2, 6	438,1	31,1	269,2	152,9	30	13,76	*399,0*	40,1	15,3

Tableau n°113 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne et station

	ST01	**ST02**	**ST03**	**ST04**	**ST05**	**ST06**	**ST07**	**ST08**	**ST09**	**ST10**	**ST11**	**ST12**
	Casy	**Baie nord**	**Port**	**Woodin**	**Ioro**	**Ionontea**	**B. Chamb.**	**Puka**	**B. Kié**	**I. Kié**	**Toémo**	**Ugo**
2007	16	6	15	37	22	45	33	28	36	46	29	*31*
2008	9	12	14	39	30	41	44	30	32	37	39	*31*
2009	11	9	9	35	44	31	29	28	35	49	31	23
2010 a	13	10	10	54	42	44	45	29	34	52	43	41
2010 b	11	8	11	26	24	37	38	14	28	67	44	18
2011 a	12	13	16	64	56	51	46	26	39	59	51	30
2011 b	13	16	13	42	43	46	43	33	48	58	48	25
2012 a	9	14	14	51	36	44	44	27	45	52	45	34
2012 b	12	16	18	48	41	53	53	23	37	53	44	34
2013 a	18	8	13	47	48	80	46	26	43	57	42	35
2013 b	9	29	23	47	44	58	52	28	48	54	37	37
2014 a	20	10	22	52	47	40	43	26	39	51	53	28
2014 b	21	27	20	50	51	49	64	29	52	54	**51**	28

2015 a	30	30	27	71	64	80	70	38	62	67	**67**	30
2015 b	19	17	30	72	56	58	66	31	50	55	59	26
2016 a	20	20	23	80	62	55	58	33	49	55	57	28
2016 b	29	22	23	70	54	55	62	30	47	64	46	37
2017 a	24	20	16	73	43	66	66	31	52	*55*	53	31
2017 b	31	14	16	77	50	66	68	31	64	*55*	51	38
2018 a	34	7	17	88	56	73	*51*	39	68	*55*	72	39
2018 bv	26	16	18	74	47	74	57	80	51	*55*	56	33

Tableau n°114 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne et station

	ST01	**ST02**	**ST03**	**ST04**	**ST05**	**ST06**	**ST07**	**ST08**	**ST09**	**ST10**	**ST11**	**ST12**
	Casy	**Baie nord**	**Port**	**Woodin**	**Ioro**	**Ionontea**	**B. Chamb.**	**Puka**	**B. Kié**	**I. Kié**	**Toémo**	**Ugo**
2007	34	33	34	54	50	60	56	44	55	84	53	*83*
2008	47	30	47	89	52	67	82	68	62	71	71	*83*
2009	56	34	39	81	69	81	106	66	60	116	74	70
2010 a	66	47	50	110	79	94	113	80	66	167	95	92
2010 b	55	55	64	92	66	81	86	41	75	113	88	50
2011 a	37	35	64	111	94	102	97	76	86	131	116	81
2011 b	37	54	66	88	84	124	91	101	91	145	109	80
2012 a	56	52	59	108	88	125	100	98	100	146	116	75
2012 b	49	51	55	90	96	123	102	77	95	134	110	81
2013 a	58	68	62	110	115	140	114	76	98	153	92	86
2013 b	39	61	53	92	104	117	101	61	98	148	94	82
2014 a	72	54	53	122	114	113	112	95	113	155	98	91
2014 b	75	69	66	115	91	126	114	103	117	152	105	94
2015 a	76	69	74	140	113	156	116	101	118	139	107	91
2015 b	73	70	74	120	109	112	111	79	113	149	109	87
2016 a	44	41	41	124	108	119	120	98	117	147	111	80
2016 b	78	66	72	116	103	119	115	94	119	152	122	89
2017 a	75	53	60	126	94	125	117	88	114	*135*	111	87
2017 b	82	72	69	145	109	132	121	104	116	*135*	110	82
2018 a	77	30	59	141	100	134	*104*	102	121	*135*	141	93
2018 b	74	54	61	135	94	123	110	105	96	*135*	117	87

6.3.1.2 Variance spatiale : comparaison entre les stations

Ho : Homogénéité des stations. En d'autres termes : Pour un même paramètre, existe-t-il lors d'une mission un schéma temporel (dispersion des valeurs du paramètre) similaire entre toutes les stations ?

6.3.1.2.1 En baie de Prony

Tableau n°115 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{obs.}$			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Prony	2	60	3,15	3,79	7,63	1,03	1,93

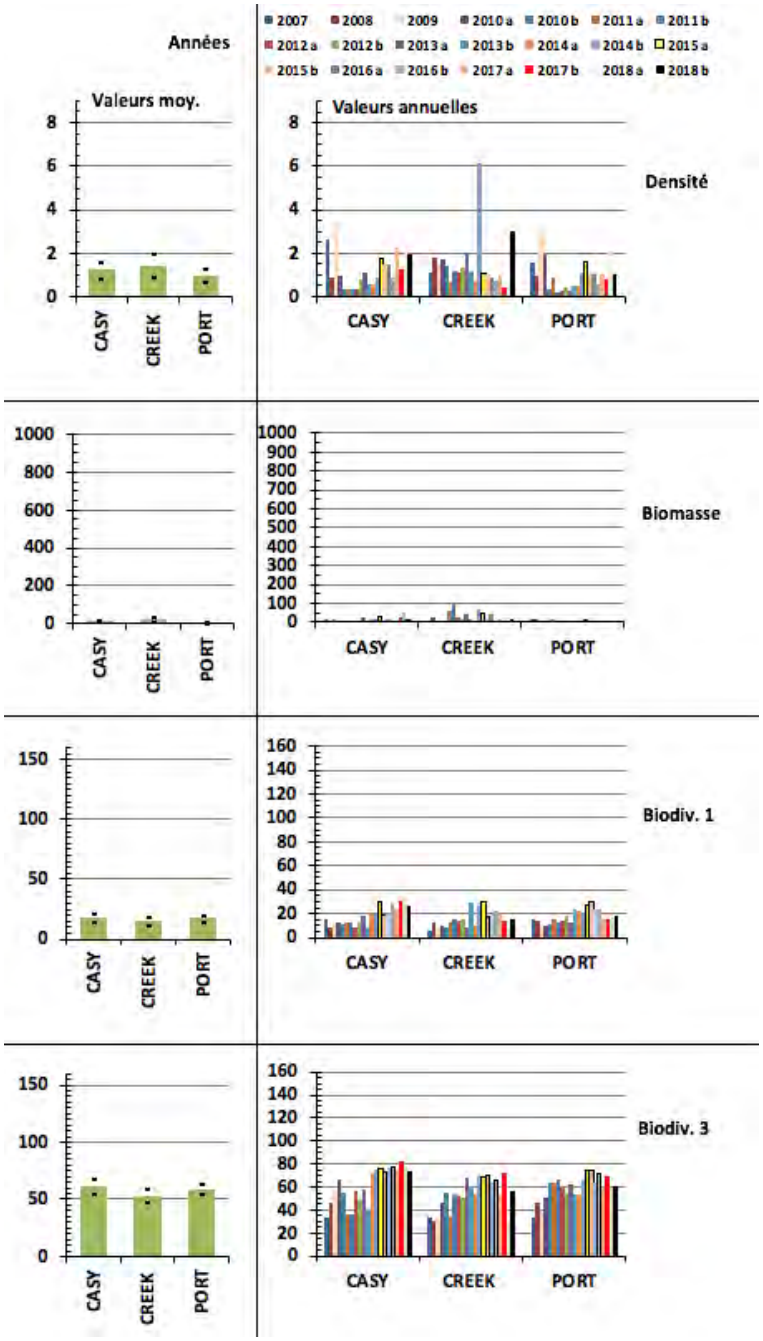


Figure n°97 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony)

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. tableau 115) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des stations pour les 2 biodiversités et une **hétérogénéité** pour la biomasse et la densité.

6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. tableau 116) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des stations pour tous.

Tableau n°116 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{obs.}$			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Havannah	8	180	2,09	17,2	12,3	15,8	14,2

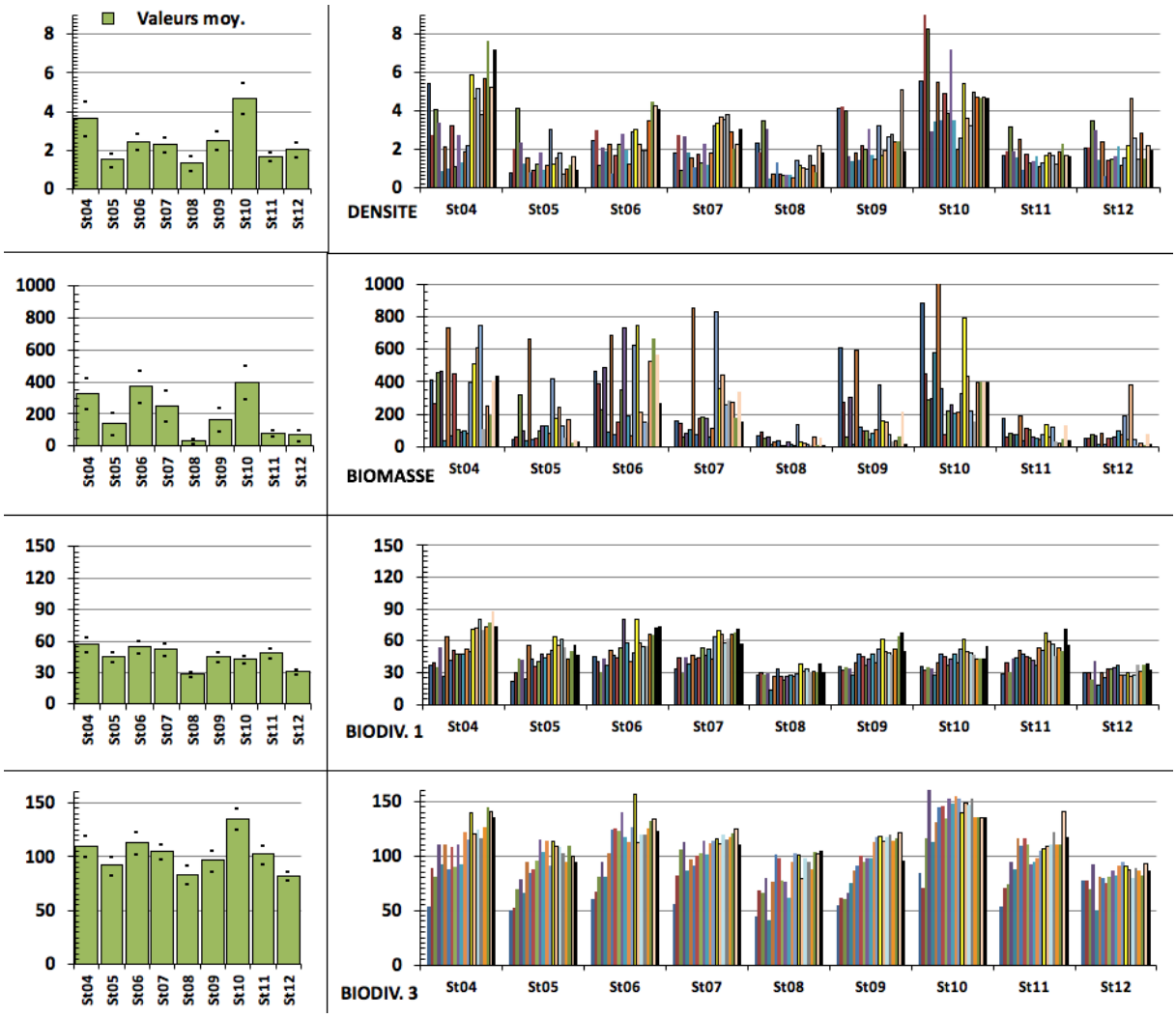


Figure n°98 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin)

6.3.1.3 Ls structures de peuplement – Présence / absence des espèces

Dans la perspective de futurs amendements au protocole de suivi, nous avions montré dans le rapport de septembre 2017 [29], puis dans celui de mai 2018 [30], d'une part la très grande variabilité des paramètres de densité et de biomasse et d'autre part la plasticité de la biodiversité ichtyologique par l'analyse qualitative des biodiversités 1 et 3.

Il s'agissait des commentaires n°1 à 3 du § 6.3.1.3.
Nous reprenons encore dans ce dernier rapport ces mêmes thèmes, pour insister sur l'aptitude médiocre des paramètres de densité et de biomasse à répondre aux questions que l'on se pose sur l'implication des l'activités humaines dans les changements observés.

Ces analyses mettent en exergue un autre point déjà abordé dans les 18 derniers rapports, point qui montre en substance que seulement 10% des espèces sont résidentes sur une station. Les autres sont nomades sur des territoires plus ou moins vastes. Près de 30% sont exceptionnellement vues, du fait sans doute de la faible fréquence de nos visites, mais surtout, du fait de la trop petite taille des stations par rapport à la surface de leur domaine de vie (cf. tableau 117).

Tableau n°117 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichtyologiques

Nb moyen d'espèces vues	$B\gamma_{i\ moy.}$	1 fois	Au plus 3 fois	Au plus 10 fois	Au plus 16 fois	Au plus 21 fois
	280	76	84	90	25	5

Depuis le rapport de mai 2018 [30], la présentation des structures dans les fiches-stations a été changée et les résultats sont repris dans le tableau 118 suivant. Il présente donc de manière synoptique les données de structures des peuplements observés.

Tableau n°118 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007)

	Casy	B. nord	Port	Woodin	Ioro	Ionont.	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
$\chi 2_{tab95\%}$	16,9	18,3	18,3	19,7	19,7	19,7	19,7	18,3	19,7	19,7	18,3	19,7
2007	24,6	16,6	53,1	23,9	28,8	13,3	26,7	23,2	28,0	20,5	13,4	
2008	30,5	37,5	16,6	70,7	18,6	21,1	24,0	59,0	24,1	29,3	23,3	
2009	61,7	25,6	25,2	38,6	30,0	46,2	28,4	16,0	18,0	23,2	28,5	38,5
2010a	35,5	14,2	51,3	20,3	13,3	16,0	24,2	4,2	44,4	34,8	7,6	154,2
2010b	16,6	12,1	42,3	60,5	25,8	73,2	19,7	26,8	19,9	48,9	13,0	173,0
2011a	43,7	28,3	28,4	68,0	18,0	92,2	34,2	27,9	69,0	17,5	14,0	56,2
2011b	25,0	19,8	7,7	23,9	50,5	15,2	24,8	33,2	42,1	10,2	17,0	52,8
2012a	24,9	20,2	18,6	15,3	14,4	35,3	30,9	10,2	20,9	33,6	10,3	71,8
2012b	18,4	35,2	9,8	19,2	15,9	28,8	94,5	13,2	22,8	17,8	12,4	82,1
2013a	19,8	14,3	26,6	34,6	22,9	37,3	28,8	32,9	34,8	29,8	19,9	111,1
2013b	31,3	30,9	78,6	25,8	41,5	19,4	11,8	28,9	14,3	34,3	34,6	54,3
2014 a	25,0	14,7	29,8	23,9	36,0	14,5	29,7	55,7	10,4	15,7	117,7	58,2
2014 b	13,8	18,4	18,2	13,7	20,2	38,2	27,3	14,8	13,6	25,3	7,0	57,3
2015 a	21,1	32,6	13,6	37,0	35,1	4,2	19,6	27,1	32,9	16,8	19,0	44,9
2015 b	14,4	43,3	14,5	52,5	19,9	44,9	35,6	46,6	9,9	11,0	11,0	104,3
2016 a	23,8	31,4	5,0	10,3	20,9	30,2	49,8	12,1	125,3	17,4	17,9	52,9
2016 b	25,8	54,3	8,9	8,2	58,8	30,2	21,6	12,8	21,7	33,1	26,7	45,4
2017 a	29,0	60,5	12,9	20,4	17,5	16,9	29,9	31,8	18,0		17,4	35,1
2017 b	26,2	23,9	15,3	5,8	33,2	23,3	14,7	27,4	22,8		130,9	34,3
2018 a	19,3	31,8	65,2	11,0	21,0	50,0		29,6	18,0		237,7	24,5
2018 b	42,0	29,4	19,9	12,3	28,1	42,4	43,8	31,4	18,1		103,8	17,1
							$\chi 2_{tab\ 95\%}$ = **19.7**					

Les cases ocres (167) correspondent aux structures de peuplements qui diffèrent significativement (i.e. au risque de 0,05) de la structure moyenne établie à partir des observations faites sur cette station depuis 2007.
A l'inverse, les cases vertes (78) présentent des écarts significativement proches de la valeur moyenne.
Et les cases blanches (7), celles pour lesquelles nous n'avons pas de donnée.

Dans l'ensemble, les cases vertes peu nombreuses (<1/3) apparaissent de façon aléatoire, sans rythme et sans

modèle. En d'autres termes, il n'existe pas de structure type pour une station ni de variation unanime. Le peuplement d'une station est changeant.

Toutefois, quelques remarques peuvent être émises :
- A chaque station, les cases vertes n'excèdent pas la moitié des cas. Pour la plupart les cases ocres représentent plus des 2/3 des cas
- Ugo ne possèdait aucune case verte jusqu'à cette mision… et l aliste d'espèces montre que la part résidente du peuplement y est très faible.

En ce qui concerne l'étude du peuplement de poissons, la taille des stations est trop petite au regard de la taille des zones d'errances trophiques de la plupart des espèces choisies dans la liste DENV.
Comme un grand nombre d'espèces de poissons passe l'essentiel de leur temps à divaguer pour se nourrir sur des domaines plus vastes que notre zone d'observation, l'augmentation du rythme des visites ne changerait rien au manque d'heuristicité de l'étude des poissons, alors que l'augmentation de la taille des stations améliorerait très sensiblement l'intérêt de ce groupe zoologique dans le cadre de cette surveillance.

6.3.2 Test non paramétrique

L'importance de la variance des paramètres de densité et de biomasse obère l'interprétation des tests, que ce soit au niveau spatial ou temporel. Ces deux paramètres sont donc de médiocres indicateurs pour suivre l'état de l'ichtyofaune. Le paramètre de biodiversité (biodiversité 1), parce qu'il est limité car encadré par le cahier des charges, perd également de l'intérêt. Il en perdrait cependant moins si les espèces retenues étaient des espèces indicatrices ou si la restriction se limitait à la famille.

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

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

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

Le classement spatial (des stations) et temporel (des missions) est fait par un « Test de Rangs ».
Le but est :
- de classer toutes les stations les unes par rapport aux autres, lors de cette mission ;
- de classer toutes les missions les unes par rapport aux autres.

C'est un test de rangs dérivés de Wilcoxon [31], qui est utilisé ici : le test de Friedman.
Le **test de Friedman** suppose *a priori* une structure en lignes ou en colonnes des données. Pour le tester on procède au classement des valeurs en colonnes ou en lignes et les sommes faites en lignes ou en colonnes sont testées.
Le choix du test est étayé par le fait qu'il doit respecter le positionnement des valeurs dans les lignes ou les colonnes du tableau. Dans notre problématique celles-ci ne sont pas interchangeables[18]. Le test de Friedman est donc particulièrement adapté.

Le test de Friedman [32] est un $\chi 2$ adapté aux cas de plusieurs échantillons non-indépendants.
- On peut considérer en effet, que les échantillons « stations » (test sur les lignes des tableaux) ne sont pas indépendants, dans la mesure où ils sont issus d'un dispositif expérimental faisant un

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

choix aléatoire incomplet (i.e. les stations de la Havannah ont été positionnées autour de l'exutoire de l'émissaire et pas de manière indépendante).

- On peut également considérer que les échantillons « missions » (test sur les colonnes de ces mêmes tableaux) ne sont pas indépendants puisque le climat et les facteurs écologiques qui définissent l'environnement s'appliquent sur toute la zone de la même manière.

Ce test, appelé *«test en blocs aléatoires complets* », a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc préétablis. Dans notre cas, nous considèrerons :

1. **L'approche spatiale** qui suppose que les « traitements » sont les conditions environnementales de toute nature qui s'appliquent à la zone entre deux missions propres à chaque mission de la série temporelle et que les « blocs » sont les stations visitées chaque mission. Dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes. Le classement des années par stations gomme les différences quantitatives entre stations puisque le classement va de 1 à 11, si bien que la somme en colonne correspond à un classement des années. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites, le tableau est homogène.
2. **L'approche temporelle** prend le tableau dans l'autre sens : les « traitements » sont les stations et les « blocs » sont les années. Le classement des stations par année gomme les différences entre années puisque le classement va de 1 à 19, si bien que la somme en ligne correspond à un classement des stations. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

Formule du χ2 de Friedman : $\chi^2_{obs} = 12/pq(p+1).\sum Y_i^2 - 3q(p+1)$

Où :

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

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

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

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

Tableau n°119 : *Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichtyologiques suivis*

(A)	**Toutes *STATIONS* (ddl = 10)**			
(11 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi2_{obs}$	**101,7**	**153,4**	**168,1**	**165,9**
$\chi2_{tab\ 0,95}$ = 18,3 $\chi2_{tab\ 0,999}$ = 31,4				

(D)	**Toutes *MISSIONS* depuis 2007 (ddl = 20)**			
2007—2018	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi2_{obs}$	**84,17**	**82,09**	**123,61**	**122,25**
$\chi2_{tab\ 0,95}$ = 28,9. $\chi2_{tab\ 0,999}$ = 44,4				

(B)	**STATIONS de la baie de Prony (ddl = 2)**			
(3 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi2_{obs}$	**2,95**	**13,17**	**2,60**	**9,24**
$\chi2_{tab\ 0,95}$ = 5,99 $\chi2_{tab\ 0,999}$ = 15,2				

(C)	**STATIONS du canal de la Havannah (ddl = 7)**			
(8 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi2_{obs}$	**50,39**	**82,72**	**81,27**	**78,13**
$\chi2_{tab\ 0,95}$ = 14,1 $\chi2_{tab\ 0,999}$ = 26,0				

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

Le tableau 119 montre que toutes les valeurs des parties A, C et D rejettent l'Ho bien au-delà de la probabilité P(0,999) voire même P(0,9995). En B (Prony) en revanche, l'Ho est acceptée pour les 4 paramètres. Un classement des stations en baie de Prony n'est donc pas validé par le test et quel que soit le paramètre choisi, les trois stations de la baie sont, sous cet angle de vue, identiques.

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 120).

Tableau n°120 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)

A - Stations	Classement des Stations						
	D	B	Bα1	Note	Rang 2017b	Rang 2018a	Rang 2018b
CASY	5	7	9	7,50	7	8	8
CREEK	4	9	11	8,75	10	11	11
PORT	10	11	10	10,25	11	10	10
WOODIN	1	1	3	2,00	1	1	1
IORO	11	5	7	7,50	8	9	6
IONONTEA	2	2	2	2,00	2	2	2
B. CHBEY	3	3	4	3,50	3	3	3
PUKA	8	6	1	4,00	4	6	9
Bancs KIE	7	10	6	7,25	6	4	4
~~Ilot KIE~~							
TOEMO	9	4	5	5,75	5	5	5
UGO	6	8	8	7,50	9	7	7

Rappel : Note = (Densité + Biomasse + 2 * Bα.1)/4

B - Missions	Classement des Missions						
	D	B	Bα1	Note	Rang 2017b	Rang 2018a	Rang 2018b
2007	5	3	19	11,5	19	9	10
2008	11	9	18	14,0	17	11	16
2009	1	12	20	13,3	18	14	14
2010 a	9	7	16	12,0	16	13	12
2010 b	19	21	21	20,5	14	20	21
2011 a	15	1	12	10,0	15	8	9
2011 b	21	20	15	17,8	5	19	20
2012 a	16	14	17	16,0	12	17	18
2012 b	18	16	14	15,5	6	16	17
2013 a	13	11	11	11,5	9	12	10
2013 b	17	17	10	13,5	8	15	15
2014 a	20	19	13	16,3	3	18	19
2014 b	4	2	9	6,0	13	5	3
2015 a	10	4	1	4,0	6	1	2
2015 b	7	5	6	6,0	9	3	3
2016 a	12	8	5	7,5	2	6	7
2016 b	14	18	8	12,0	1	10	12
2017 a	6	10	8	8,0	11	7	8
2017 b	8	13	4	7,3	3	4	6
2018 a	2	6	2	3,0	-	1	1
2018 b	3	15	3	6,0	-	-	3

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

Le classement des stations diffère assez sensiblement des classements précédents, notamment pour la Pointe Puka et le Ioro.
Le classement des missions diffère sensiblement du classement précédent. Cette dernière mission partage la troisième place avec la mission 2015 b et 2014 b du fait notamment du paramètre de biodiversité
L'aspect global du classement n'a pas beaucoup changé : les premières missions, de 2007 à 2014 a, sont plutôt en queue de classement et les missions plus récentes en tête de classement.
Cela amène à s'interroger sur l'influence d'un possible rythme saisonnier (cf. figure 99) qui défavoriserait, dans le cadre d'un classement, les missions a ou b, les unes par rapport aux autres.

Pour représenter sur un même graphique les 4 paramètres alors qu'ils sont exprimés dans des unités différentes nous avons transformé les valeurs X_i de chacun des paramètres de la mission i, en une valeur Y_{i2}.
Et cela de la manière suivante :

$$Y_{i2} = 100*Y_{i1}/Y_{i1max}$$

avec

$$Y_{i1} = (X_i - X_{moy.})/X_{moy.}$$

Où i est une mission.

Bien que ce graphique semble confus et ne pas montrer de sens aux changement saisonniers, nous analyserons, par « un test des signes », les couples de données d'une même année. Ainsi, depuis 2010, année où nous avons commencé à faire deux visites par an, nous disposons de deux données, l'une en automne (mars-avril) l'autre au printemps (septembre-octobre).
Le tableau 121 donne le sens de la variation pour chaque paramètre de la mission a à la b.

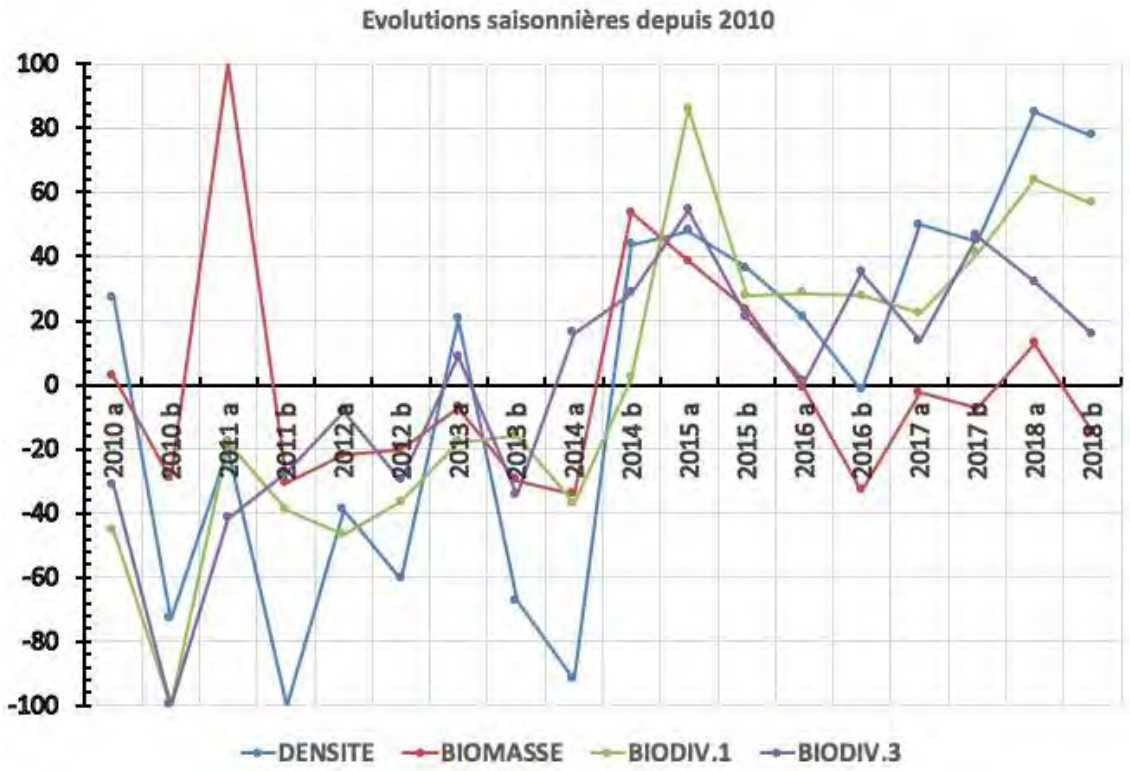


Figure n°99 : Représentation des valeurs moyennes par mission (données transformées)

Tableau n°121 : Sens de la variation automne vs printemps de 2010 à 2018

Années		Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
2010		< 0	< 0	< 0	< 0
2011		< 0	< 0	< 0	> 0
2012		< 0	< 0	> 0	< 0
2013		< 0	< 0	> 0	< 0
2014		> 0	> 0	> 0	> 0
2015		< 0	< 0	< 0	< 0
2016		< 0	< 0	< 0	> 0
2017		< 0	< 0	> 0	> 0
2018		< 0	< 0	< 0	< 0
nb	positifs	1	1	4	4
	négatifs	8	8	5	5

L'Ho du « test du signe » est : les valeurs saisonnières sont identiques. En d'autres termes que les écarts de valeurs entre les mesures faites en automne (a) ou au printemps (b) sont fortuits. Si c'est le cas, il devrait y avoir idéalement autant de hausses que de baisses en passant de a à b. Or dans le cas de la densité et de la biomasse il y a 1 valeur positive pour 8 valeurs négatives, tandis que qu'il y 4 valeurs positives et 5 négatives dans le cas des biodiversités.
Dans le tableau 121 le test du signe pour la densité et la biomasse donne P(1) = 0,0195 ce qui amène à rejeter l'Ho, alors que le test pour les biodiversités 1 et 3 donne P(4) = 3,535 ce qui ne permet pas d'écarter l'Ho.

Il est donc possible de conclure que les fluctuations saisonnières entre missions d'automne (a) et missions de printemps (b) traduisent une réalité pour les paramètres de densité et de biomasse, alors qu'elles ne dépendent pas des dates de mission pour la biodiversité.

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

Les classements précédents suggèrent la création d'indices synoptiques permettant d'apprécier l'« état » du milieu marin au niveau de chacune des stations (IAS) pour l'un, et celui de l'ensemble de la zone durant le semestre écoulé (IGm) pour l'autre.
Ces indices utilisent les mesures des paramètres demandés au cahier des charges (densité, biomasse et biodiversité 1) et tiennent compte des ordres de grandeur attendues dans chacune des deux zones : la baie de Prony et le Canal de la Havannah séparément, puisqu'elles sont par nature différentes.

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

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

Ils sont ensuite associés à une échelle de cotation allant de 1 à 4 à laquelle est associé un code couleur (tableau 122).
Mais il faut deux grilles de cotation. L'une est propre aux stations de la baie de Prony et l'autre aux stations du canal de la Havannah.
En effet, par nature, les valeurs des 3 paramètres ne peuvent atteindre en baie de Prony, l'ordre de grandeur des valeurs atteintes dans le canal de la Havannah. Si l'on appliquait la même grille, les stations de la baie Prony seraient toujours en rouge et cette grille ne serait pas informative.

Tableau n°122 : Clé de cotation des Indices ichtyologiques

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

Les cotations obtenues pour la présente mission, avec un rappel des missions précédentes sont présentées : pour les stations tableau 123 et pour les missions tableau 124.

Tableau n°123 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (ichtyologie)

Stations		ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 11	ST 12
Densité.		4	2	4	4	2	4	3	3	4	2	3
Biomasse		4	1	1	4	1	4	3	1	3	2	1
Biod. 1		4	1	3	4	4	4	4	3	4	4	3
IAS	**2018b**	3,5	2,5	2,25	4	2	3,75	3,5	2,75	2,25	2,75	1,75
	2018a	4	1,25	2,75	4	2,75	4	3,5	2,5	3,75	3	2,5
	2017b	**3,5**	1,5	2,25	3,5	2,25	4	3,25	2	3	2,5	2,25
	2017a	**3**	**2,5**	**2,25**	**3,75**	**2,25**	**4**	**3,5**	**2,25**	**2,5**	**2,25**	**2,75**
	2016b	**3**	**2,25**	**2,25**	**3,5**	**2**	**3**	**3,75**	**2,25**	**2,5**	**2,25**	**2,25**
	2016a	3,5	3,5	3	4	3	3	4	2	3	3	2
	2015b	2,5	2,25	2,25	4	3,25	3,5	4	2	3	2,75	2,75
	2015a	3,75	3,5	3	4	3	4	3,75	2,25	3	3	2
	2014b	2,75	3,5	2,5	3,5	4	3,75	4	3	3,75	2,75	2
	2014a	3,25	1,25	2,75	2,75	2,75	2,75	3	1,5	2,5	2,75	1,75
	2013b	1,75	3,5	2,75	3,5	2,75	3	3,75	1,5	2,75	2,25	2,5
	2013a	3,25	3	2	3	3	3,75	3,25	1,5	3,25	2,75	2,25
	2012b	1,75	2,75	2,5	3,5	2,5	3,5	3,25	1,75	3	3	1,75

Tableau n°124 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie)

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm	
2007	3	3	2	2,50	bon
2008	3	2	2	2,25	médiocre
2009	3	2	2	2,25	médiocre
2010 a	3	2	3	2,75	bon
2010 b	2	1	2	1,75	médiocre
2011 a	2	4	3	3,00	bon
2011 b	2	1	3	2,25	médiocre
2012 a	2	1	3	2,25	médiocre
2012 b	2	2	3	2,50	bon
2013 a	3	2	3	2,75	bon
2013 b	2	3	3	2,75	bon

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm	
2014 a	2	1	3	2,25	médiocre
2014 b	3	3	3	3,00	bon
2015 a	3	3	4	3,50	Très bon
2015 b	3	3	3	3,00	bon
2016 a	2	2	4	3,00	bon
2016 b	3	2	3	2,75	bon
2017 a	3	2	3	2,75	bon
2017 b	3	2	3	2,75	bon
2018 a	4	3	4	3,75	Très bon
2018 b	**3**	**2**	**3**	2,75	bon

Les stations du Port, de Ioro, de Toémo et d'Ugo sont descendues dans le classement, alors que celles du Creek (surtout) et de la pointe Puka sont remontées. Les autres sont quasi stables.

Les valeurs moyennes des 3 paramètres ont sensiblement baissées.
La valeur de l'Indice Global (2,75) revient donc aux valeurs habituelles.

- Densité : Toutes les stations perdent un peu sauf le Creekbaie nord (ST02) et Woodin (ST04)
- Biomasse : Toutes les stations perdent, un peu pour la plupart, mais cette chute est assez spectaculaire sur les 3 bancs, Ionontéa (ST06), Basse Chambeyron (ST07) et Bansc Kié (ST09), ceci sans doute à cause des conditions hydrodynamiques
- Biodiversité 1 : Toutes les stations - sauf Basse Chambeyron (ST07) - ont une biodiversité en baisse de façon plus ou moins marquée.

6.3.4 Résumé

6.3.4.1 Synopsis des résultats par station

Le positionnement de chaque station par rapport à la moyenne de la mission du semestre est illustré sur la figure 100.

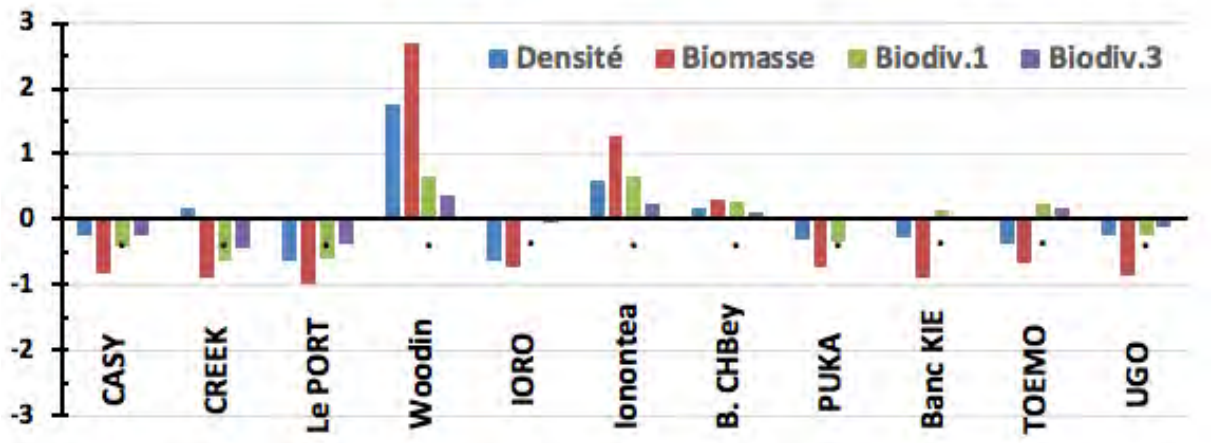


Figure n°100 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne
Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

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

de 1 à 6 pour les stations de la Baie de Prony.

6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission

Le positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne sur l apériode de suivi est illustré sur la figure 101.

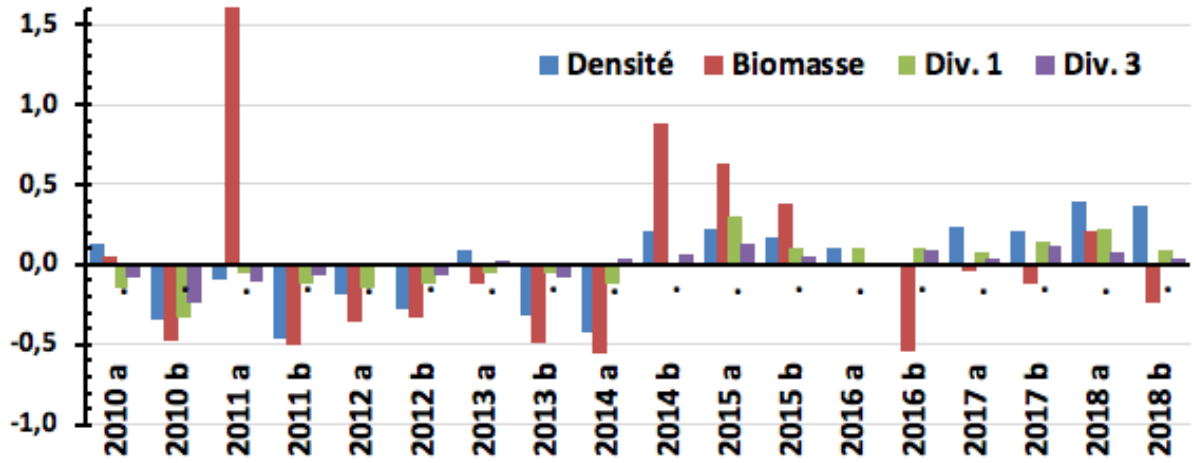


Figure n°101 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne
Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

Les biomasses fluctuent énormément, les densités un peu moins. Seule la biodiversité est demeurée stable.

6.3.4.3 Le peuplement de poissons

- Structure

L'examen des listes d'espèces montre que :

- Le peuplement total inventorié depuis 2007 approche les 700 espèces
- Sur cet ensemble Bγ, près de 300 espèces sont vues à chaque mission
- L'ubiquité[19] spatiale des espèces (entre stations) est faible. Au cours d'une même mission seulement 10% à 15% de ces espèces sont vues sur les différentes stations et un bon tiers n'étaient pas sur la station à la mission précédente
- L'ubiquité temporelle des espèces (entre missions sur une même station) est également faible. Au cours des 21 missions réalisées, moins de 15% des espèces ont été vues plus de 13 fois et 55% ont été vues au plus 3 fois. Près de 190 soit 27%, n'ont été vues qu'une seule fois.

- Dynamique

Quantitativement, le nombre d'espèces sur une station (Bα) change peu d'une mission à l'autre.
Mais **qualitativement**, les espèces présentes changent : beaucoup d'espèces disparaissent, pour réapparaitre une ou plusieurs missions plus tard ou pas.
Plus de la moitié sont remplacées ce qui maintient leur nombre stable et laisse croire à la stabilité. En réalité, cette stabilité n'est vrai que pour une petit nombre d'espèces. Les abondances par espèce fluctuent également et se compensent ce qui tamponne en partie les fluctuations réelles. Ces fluctuations n'affectent pas que les espèces rares de familles confidentielles, c'est aussi vrai pour des familles très communes et diversifiées comme les Labridés, les Scaridés, les Acanthuridés, etc., et même les Pomacentridae qui sont si souvent supposés sédentaires. Dans cette famille, c'est aussi vrai pour les espèces non grégaires : *Pomacentrus simsiang, Stegastes albifasciatus,* etc., que pour des espèces grégaires comme beaucoup de *Chromis* (*C. iomelas, C. margaritifer, C. viridis, C. fumea,* etc.).
Et même au niveau des « Familles » la structure des peuplements change d'une mission à l'autre.

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

Classement (qualité du peuplement de poissons)

Une appréciation synthétique globale de la qualité du peuplement des poissons peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total :

1, 2, 3 mauvaise	**4, 5, 6 médiocre**	**7, 8, 9 bonne**	**10, 11, 12 excellente**

Ainsi, le peuplement de poissons peut être considéré comme stable depuis 2007 (cf. tableau 125). Sa note (sur 12) a régulièrement fluctué entre 6 et 9 depuis cette date, avec une exceptionnelle valeur basse de 4 en octobre 2010 et une exceptionnelle valeur haute de 11 en mars 2015 (du fait des stations Casy, Woodin, Toémo et Ionontea) et de 12 en mai 2018.

Selon ce calcul, le peuplement de poissons de novembre 2018 a la note de **8** sur **12**.

Pour cette mission, malgré l'excellente qualité des stations Woodin et Ionontea, la note générale est revenue à son niveau habituel (bon).

A noter que Woodin subit une attaque d'*Acanthaster planci* qu'il conviendra de surveiller, mais qui ne semble pas avoir encore affecté l'état du peuplement ichtyologique de la station.

Tableau n°125 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

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

7 Synthèse bibliographique

Lors du rapport de la **mission d'octobre 2008** [21], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- La biogéographie et les complexes récifaux de la zone
- Les particularités des baies calédoniennes
- Les causes de dégradations de ces récifs
- Le recrutement et les taux de croissance corallien
- Les proliférations de cyanobactéries.

Lors des différentes missions de « **suivi du Creek baie nord** », plusieurs missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique a été réalisée sur ces sujets :
Pour la 1ère mission (avril 2009, rapport [33]) :

- L'acide sulfurique et ses principales caractéristiques
- Les accidents historiques liés à de l'acide sulfurique, avec des simulations de scénarios d'accident et les résultats de l'étude environnementales du « Bahamas »
- Le blanchissement corallien : les zooxanthelles, la physiologie corallienne et les paramètres influant sur le blanchissement.

Puis, pour la 2ème mission (juin 2009, rapport [34]) :

- Des explications sur deux phénomènes pouvant influer sur la couverture corallienne, que nous avons observés lors de la mission : les cyanobactéries et les étoiles de mer *Culcita*
- Un relevé des données pluviométriques de la zone.

Et enfin, lors des 3ème et 4ème missions (décembre 2009 et avril 2010, rapports [35, 36]) :

- 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 [37], 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 [38], 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 [39] puis en mars 2011 [40], 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 [21, 37 à 50, 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 [47 à 51, 10, 29], deux paragraphes sont présents et actualisés à chaque mission :

- Une synthèse des grands événements climatiques qui ont pu marquer la période étudiée (§ 7.1)
- Le contexte réglementaire (§ 7.2).

7.1 Synthèse des événements climatologiques sur la période d'étude

La plupart des informations de ce chapitre sont issues du site de Météo NC [52].

7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année

La Nouvelle-Calédonie est soumise très régulièrement aux assauts de perturbations tropicales. Le tableau 126 indique les phénomènes dépressionnaires qui ont eu une influence (non négligeable) sur les paramètres environnementaux dans la zone d'étude depuis 2003 (ils ne sont donc pas tous listés).

Tableau n°126 : Principaux phénomènes dépressionnaires en Nouvelle-Calédonie depuis 2003

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE	DEGATS [52]
2003	13 au 14 mars	Erika	Cyclone	2 morts / Dégâts considérables sur l'ensemble des infrastructures : réseaux électriques et de télécommunications, routes et bâtiments, agriculture, bâteaux, etc. / Plus de 3 milliards CFP de dégâts déclarés
2004	27 février	Ivy	Cyclone	Fortes houles (vagues de 7 mètres) sur les côtes des îles Loyauté
2007	25 au 29 mars	Becky	Dépression tropicale forte	Grosse mer et fortes pluies
2009	22 au 26 mars	Jasper	Dépression tropicale forte	
2011	11 au 16 janvier	Vania	Dépression tropicale forte	Fortes précipitations et inondations / Dommages agricoles importants
	14 au 17 janvier	Zelia	Cyclone tropical	
2013	27 décembre 2012 au 4 janvier 2013	Fréda	Cyclone tropical	Dégâts essentiellement dus aux pluies diluviennes qui ont provoqué un grand nombre de débordements de rivière avec des coupures de routes et des dégâts aux ouvrages d'art, des glissements de terrains et de nombreuses habitations inondées (par exemple 400 personnes sans abri à Thio)
2015	7 au 16 mars	Pam	Cyclone tropical	
2016	9 au 25 février	Winston	Cyclone tropical très intense puis dépression tropicale forte (en NC)	
2017	7 au 14 avril	Cook	Cyclone tropical	1 personne décédée (Kouaoua) / 4 blessés / 23 communes touchées / 1 milliard de XPF de dégâts estimés
	2 au 10 mai	Donna	Cyclone tropical intense puis cyclone tropical (en NC)	Aucune victime à déplorer / 325 habitations détruites (5 à Maré, 50 à Ouvéa et 270 à Lifou)
2018	25 au 30 janvier	Fehi	Dépression tropicale modérée	
	07 au 18 février	Gita	Cyclone tropical très intense	
	03 au 11 mars	Hola	Cyclone tropical intense	
	10 au 15 mars	Linda	Dépression tropicale modérée	
	21 au 30 mars	Iris	Dépression tropicale forte	
	26 au 30 septembre	Liua	Dépression tropicale modérée	*A fait annuler la mission … recalée en novembre (coefficients de marée adéquats)*

7.1.1.1 2011

Les évènements dépressionnaires du début d'année 2011 se sont superposés au phénomène climatique « La Niña » (cf. § 7.1.2.3).
C'étaient principalement la dépression tropicale forte **Vania** qui a touché le sud du Territoire le 14 et 15 janvier 2011, puis dans une moindre mesure le cyclone **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 entrainé une dégradation mécanique sans conteste sur le sommet des récifs, arasant les biocénoses benthiques les plus fragiles, arrachant des colonies coralliennes et créant des effondrements de blocs et de débris le long des pentes récifales et du blanchissement corallien sur les colonies dégradées et/ou perturbées.
D'autre part, les précipitations induites par les dépressions étaient également bien au dessus des normales saisonnières et très abondantes sur une courte période. Ceci a généré une dessalure importante des eaux de surface à proximité des creeks et des rivières en baie de Prony (milieu par ailleurs très protégé des vents et des agents hydrodynamiques).

7.1.1.2 2013

L'évènement dépressionnaire du début d'année 2013 : le cyclone tropical 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 entrainé un blanchissement corallien massif et une mortalité des mollusques et échinodermes sur toute la bordure littorale de la baie de Prony (et ailleurs : [53]). 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 [54] afin de compiler les différentes sources d'informations et de donner un avis pour expliquer ce phénomène :
« Les conditions météorologiques et pluviométriques observées les 2 et 3 juillet 2013 d'une intensité rare [55] ont engendrées un déferlement massif d'eaux douces chargées sur l'ensemble des bassins versants de la zone. Cela s'est traduit par la présence de nombreux panaches turbides d'eaux dessalées (9‰ en baie du Prony le 5 juillet) au droit des exutoires naturels (Baie des Anglais, Baie de la Somme, Baie de Carénage, Rade Nord, Bonne Anse, Port Boisé, Baie Kwé, Baie N'GO). Les observations réalisées par Vale NC et par l'ŒIL montrent que ce phénomène de dessalure était persistant dans la couche d'eau superficielle une semaine après les pluies [56]. 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., 53, 57].
A la différence de Fréda, ce phénomène de mortalité a touché un spectre plus large influençant à la fois l'ichtyofaune et certains taxons des communautés macro benthiques avec des mortalités d'holothuries, de crabes et de poulpes. Il apparait que le phénomène a aussi bien touché des espèces mobiles que sédentaires et semble avoir touché uniquement des espèces côtières présentes à proximité des embouchures. »

7.1.1.3 2015

Le cyclone tropical Pam est passé non loin de la zone d'étude le 14 mars 2015. Il a engendré une forte houle, du ressac et sur le site de l'usine : des vents atteignant 89.6km/h et des précipitations importantes (72.2 mm).

Le cyclone Pam a été baptisé le lundi 9 mars 2015 dans le Pacifique sud-ouest à près de 1 000 km à l'est/nord-est des îles Salomon. Cette tempête tropicale s'est renforcée rapidement pour atteindre le stade de cyclone tropical dès mardi 10 mars 2015.
Puis le jeudi 12 mars, ce cyclone a été classé en 5e catégorie sur l'échelle d'intensité cyclonique australienne[20]. Selon le centre météorologique régional de Nandi (Fidji), responsable de la prévision

[20] Il existe plusieurs échelles selon les pays / zones géographiques, mais Pam était au niveau maximum quelle que soit l'échelle

cyclonique dans le Pacifique sud-ouest, la pression en son centre était estimée à 920 hPa et les vents moyens à 220 km/h (rafales à 320 km/h).
Le cyclone Pam s'est ensuite déplacé vers le sud sud-ouest puis vers le sud. Sa trajectoire a touché directement les îles du sud de l'archipel du Vanuatu vendredi 13 mars après-midi avant de passer à environ 170 km à l'est de Maré dans la matinée de samedi 14 mars.

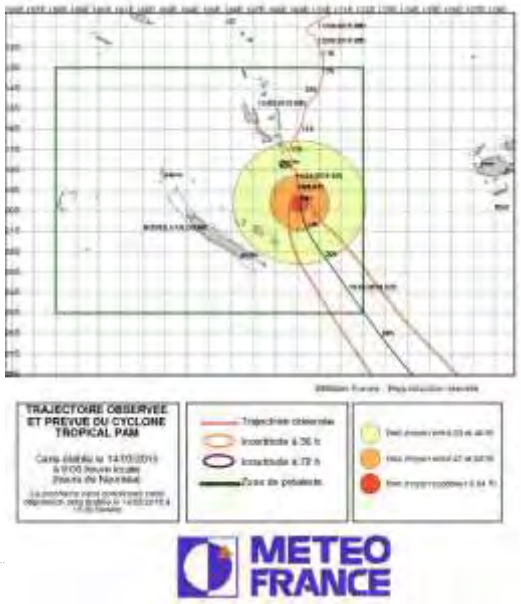
Les dégâts au Vanuatu ont été considérables. L'Unicef Nouvelle-Zélande a évoqué ce qui pourrait être « l'une des pires (catastrophes naturelles) de l'histoire du Pacifique ».

Les zones de Nouvelle-Calédonie qui ont été les plus exposées sont les iles Loyautés (particulièrement Maré et Lifou) et l'ile des Pins où ont sévi de violentes rafales de vent et de fortes précipitations. La gendarmerie de Maré a indiqué qu'une houle avec des creux de 5 à 7 mètres, des trombes d'eau et des rafales de vent à plus de 100 km/h avaient été observés. Cependant, selon la sécurité civile de l'archipel, le puissant cyclone Pam n'a pas engendré de dégâts majeurs.

Les stations météorologiques situées sur le site de Vale NC (cf. figure 102) ont enregistré un maximum d'intensité de vent et de précipitation le samedi 14 mars (selon les 3 stations : le maximum des précipitations était compris entre 34.2 et 72.2 mm et le maximum de vent entre 23.3 et 24.9 m/s soit entre 83.9 et 89.6 km/h).
La hauteur de houle n'est pas enregistrée dans la zone d'étude cependant un vent de cette intensité engendre de forte houle et du ressac sur les récifs exposés.

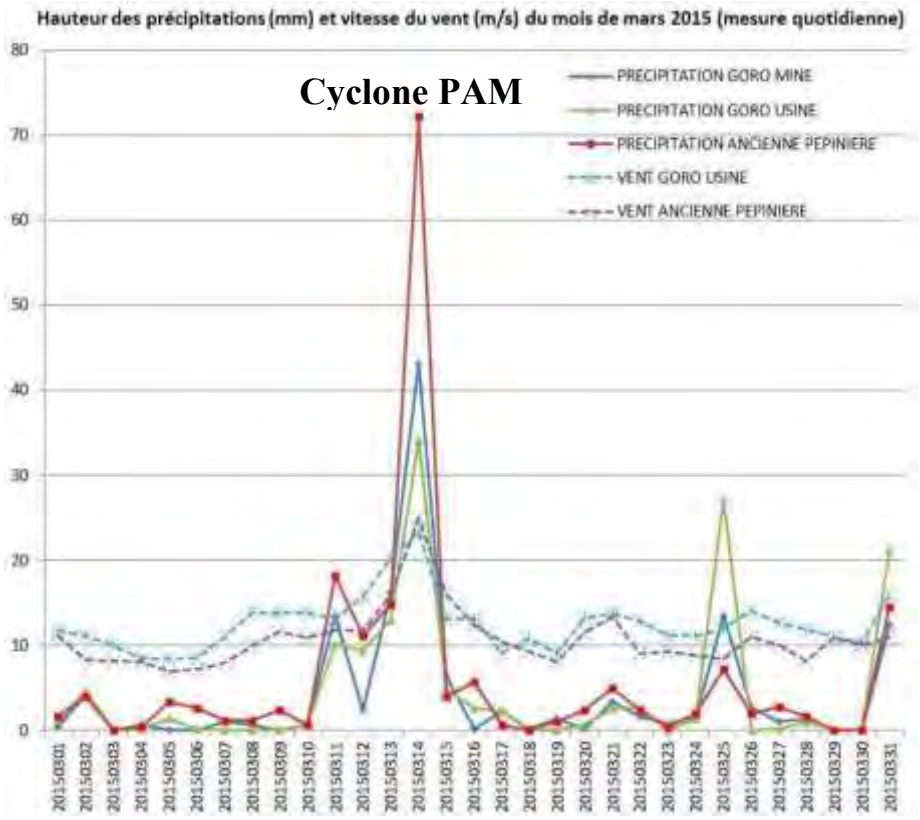
Bien que la trajectoire du cyclone Pam soit éloignée de la partie sud de la Nouvelle-Calédonie, cet évènement cyclonique extrême a engendré des perturbations mécaniques (houle et ressac) ainsi qu'une dessalure des eaux de surface sur les récifs situés dans la zone d'étude le 14 mars 2015.
Les perturbations les plus importantes sont mécaniques et elles concernant particulièrement les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin puis dans une moindre mesure les perturbations liées à la dessalure des eaux de surface sont localisées préférentiellement dans les baies et à l'embouchure des creeks et rivières.

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



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

retenue (équivalent par exemple d'un ouragan pour le système US ou d'un typhon pour le système NW Pacific)



Hauteur des précipitations (mm) et vitesse du vent (m/s) du mois de mars 2015. Ces mesures ont été réalisées quotidiennement dans trois stations Météo France localisées sur le site de Vale NC (*Sources : Météo France, Vale NC*)

Figure n°102 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015

7.1.1.4 2016

Le cyclone tropical très intense Winston est d'abord passé près de la Nouvelle-Calédonie en se dirigeant vers le sud, puis il est remonté vers les Samoa, avant de faire demi-tour et de repartir vers Fidji. Une fois situé au large du Vanuatu il a refait un virage en direction du sud sud-est pour continuer sa progression lente vers l'ouest, en commençant à s'affaiblir en dépression tropicale et s'éloigner progressivement du Vanuatu et de la Nouvelle-Calédonie.
Le lundi 22 **février 2016**, il se situait par 17.5 sud et 172.8 est, soit à environ 500 km dans l'est de Port-Vila (Vanuatu). Sa pression au centre était estimée à 945 hPa. Il générait des vents moyens proches de 180 km/h près de son centre, avec des rafales de l'ordre de 250 km/h.
Puis il s'est affaibli en dépression tropicale forte en passant par le sud de la Nouvelle-Calédonie le 25 et 26 février 2016. L'état de vigilance orange a été appliqué pour fortes pluies sur le sud de la Grande Terre (192 mm de pluie à Goro, 135 mm à La Coulée, entre 80 et 90 mm sur Nouméa). Le vent aussi s'est manifesté avec une certaine violence. Les rafales sont montées à 80 km/h à Magenta et à l'île des Pins, à 70-80 km/h à Goro [52].
En mer, il a engendré une forte houle et du ressac.

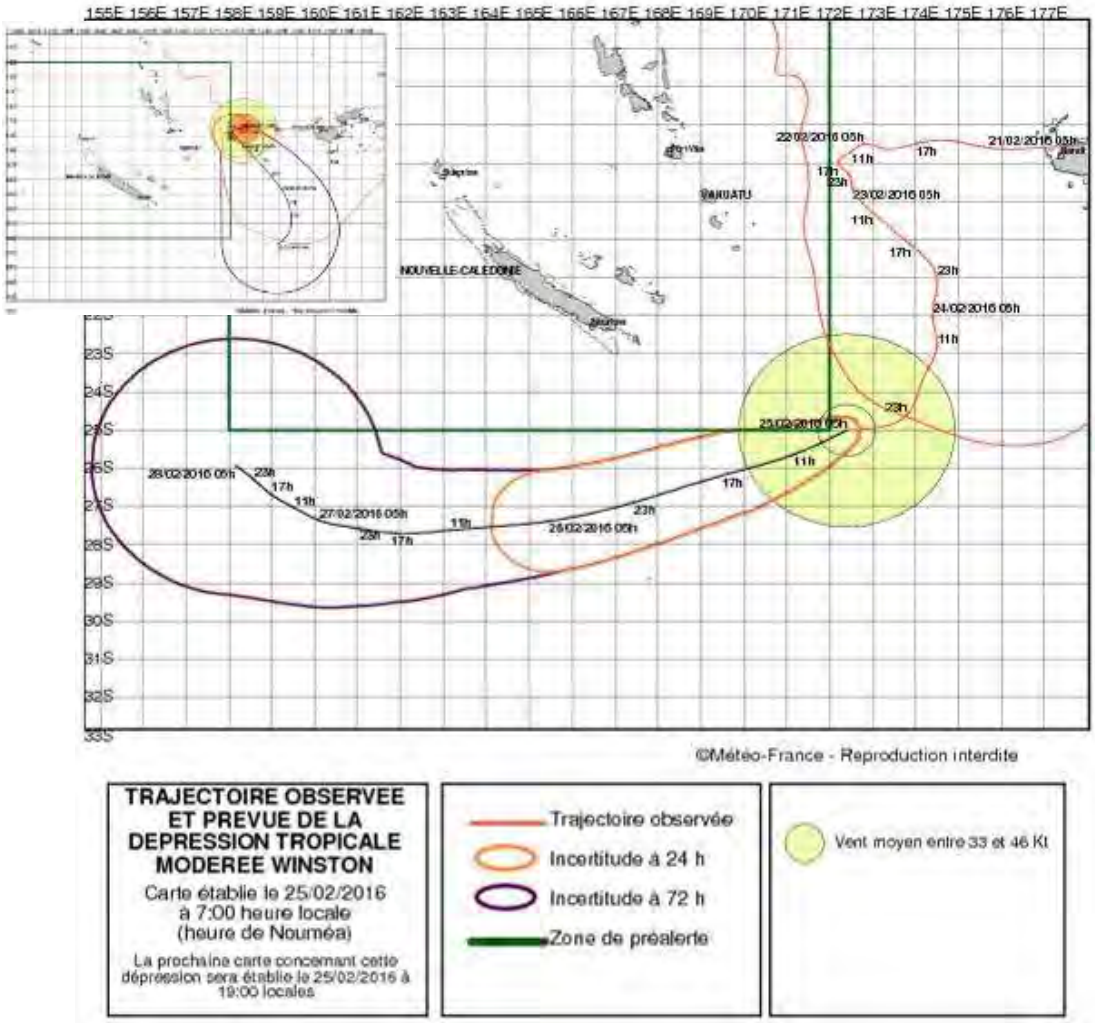


Figure n°103 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016
(Source : Météo France)

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 104 > à 2°C) ainsi que par un indice UV très élevé par rapport à la normale. Il y a eu aussi des phases de dessalure ponctuelles relatives aux précipitations. Ce phénomène encore inexpliqué (relatif à la conjugaison de multiples paramètres de l'environnement) n'a pas été lié directement au phénomène ENSO.

Les conséquences sur l'environnement marin ont été très importantes : la hausse de la température des eaux et des UV associée à une baisse de la salinité a entrainé un phénomène de blanchissement massif des récifs autour de la Nouvelle-Calédonie.
De nombreuses perturbations en chaîne dans le milieu marin en ont découlé (mortalité des coraux scléractiniaires, des alcyonaires, développement d'algues, cyanobactéries et de turf sur les colonies coralliennes…).

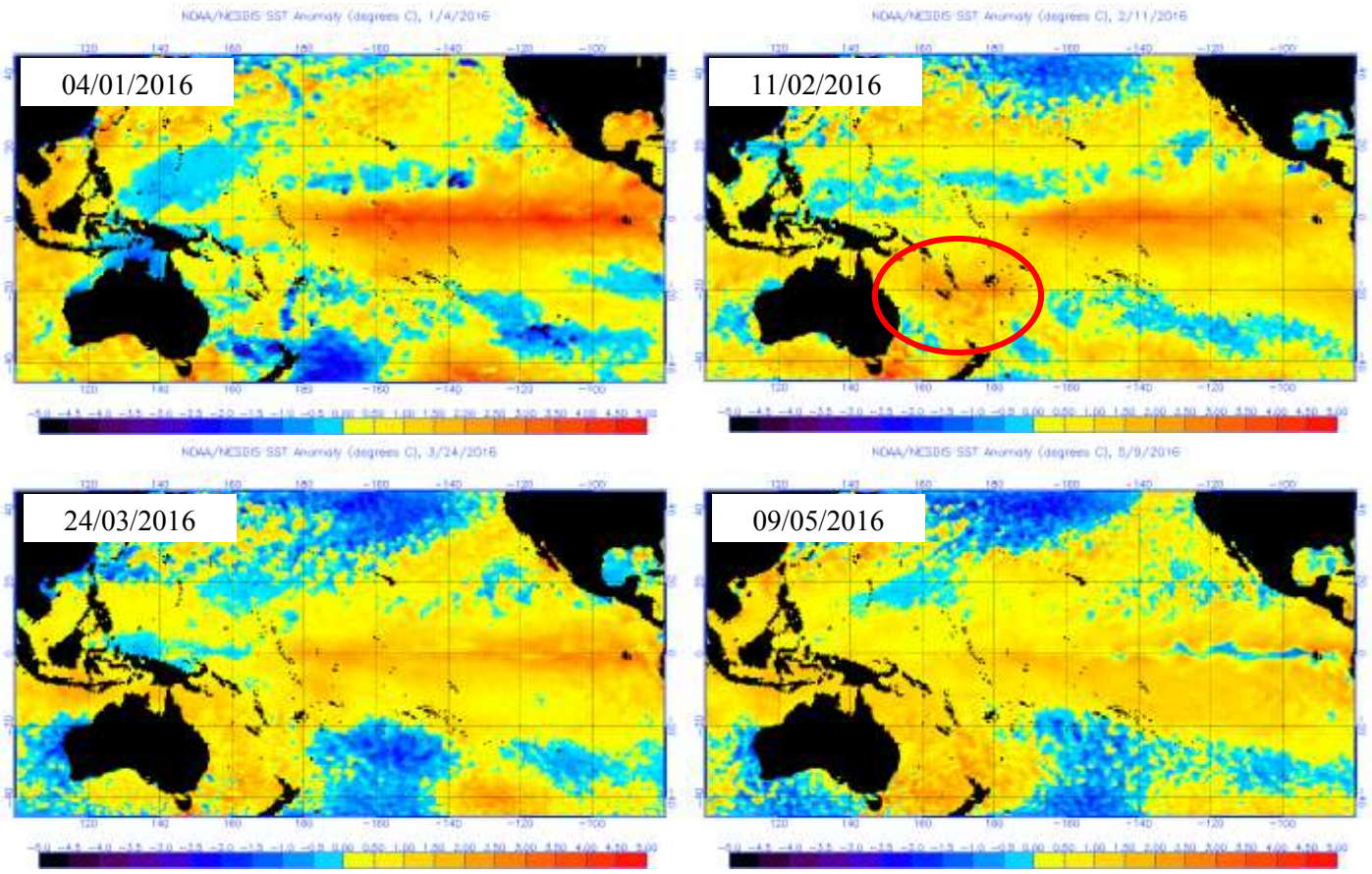


Figure n°104 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

7.1.1.5 2017

Le cyclone tropical Cook (7 au 14 avril 2017) s'est formé dans le nord du Vanuatu le 7 avril. À partir du 9, il a incurvé sa trajectoire vers la Nouvelle-Calédonie en s'intensifiant et a atteint le stade de cyclone tropical en fin de journée. Cook a traversé la Nouvelle-Calédonie le 10 avril après-midi en provoquant des rafales de vent proches de 200 km/h, de fortes pluies et une mer très mauvaise sous sa trajectoire. Il s'est affaibli ensuite et s'est éloigné vers le sud sud-est.

Le cyclone tropical intense Donna (2 au 10 mai 2017) a été baptisé le 3 mai au nord-est du Vanuatu. Il a suivi une lente trajectoire vers l'ouest puis bifurqué le 6 vers la Nouvelle-Calédonie tout en se renforçant au stade de cyclone tropical intense. Le 9 mai, redevenu cyclone tropical, il a occasionné des vents violents sur Ouvéa et Lifou. De très fortes vagues ont été observées. Les pluies étaient peu abondantes. Son intensité a rapidement décru et il s'est éloigné vers le sud le 10 mai.

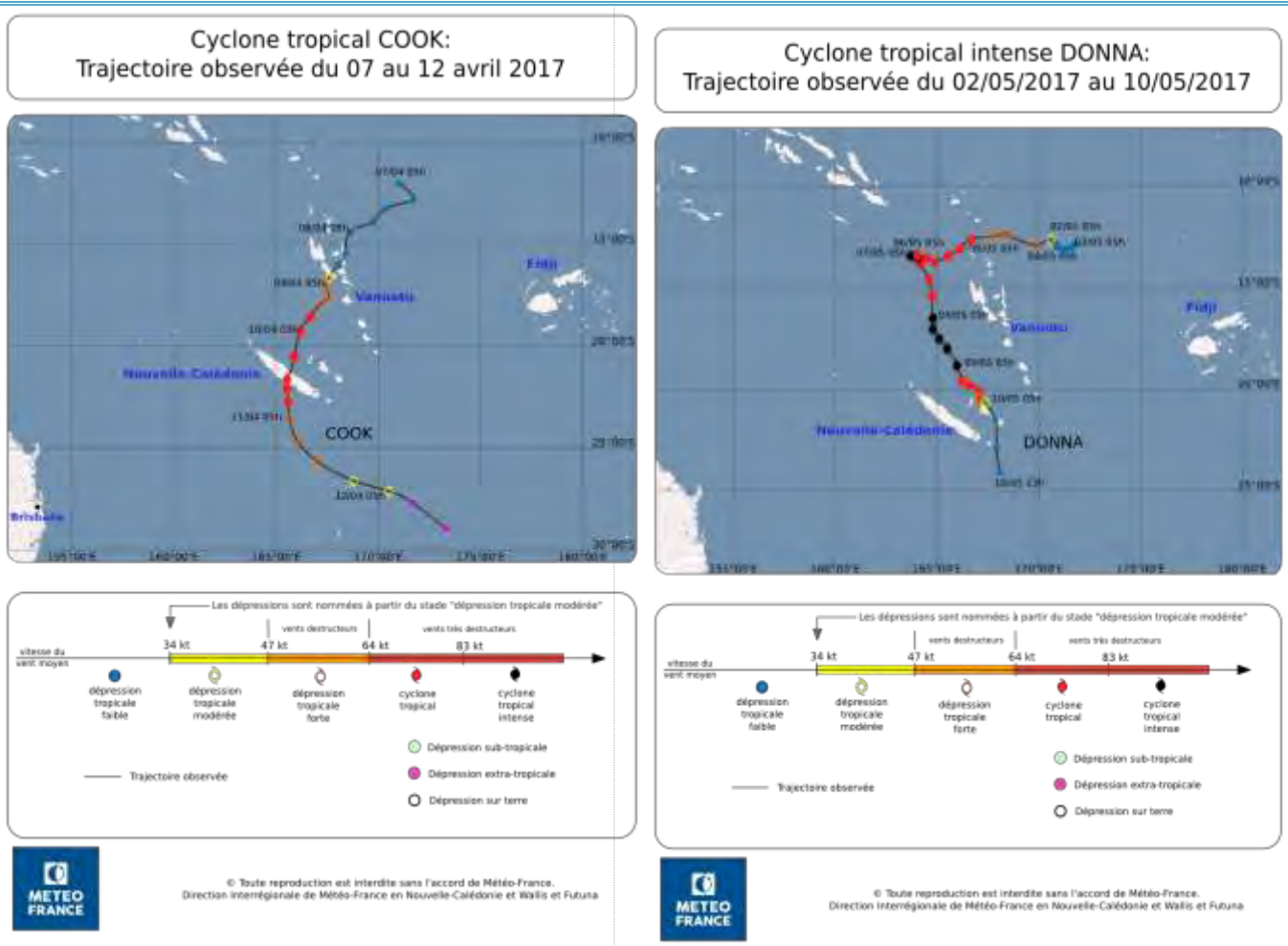


Figure n°105 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017)
(*Source : Météo France*)

7.1.1.1 2018

En début d'année 2018 plusieurs pénomènes climatologiques ont eu lieu, qui ont amené à annuler la campagne du 1er semestre prévue en mars et à la reporter alors en mai (1er créneau adéquat pour les coefficents de marée).
La dépresion de septembre a, de même, fait annuler la présente mission (2ème semestre) qui a dû être décalée en novembre.
Les caractéristiques de ces phénomènes sont résumées ci-dessous [52].

Fehi : du 25 au 30 janvier : **Dépression tropicale modérée**. Un minimum se creuse au sud des Salomon dans le talweg de mousson et se déplace ensuite vers la Nouvelle-Calédonie. Fehi est nommée au stade de dépression tropicale modérée à 150 km à l'ouest nord-ouest de Bélep le 29/01 à 8 heures. Entre le 28 et le 29/01, elle provoque des pluies importantes surtout sur le Nord, l'Est et le relief (432 mm relevés à Méa) avec des rafales à plus de 100 km/h. Elle s'éloigne ensuite vers la Nouvelle-Zélande.

Gita : du 07 au 18 février : **Cyclone tropical très intense**. Le précurseur de Gita se forme dans un talweg de mousson au nord du Vanuatu. Il passe juste au sud de Wallis-et-Futuna en provoquant de fortes pluies et de fortes rafales (130 km/h). Il est ensuite baptisé, se renforce rapidement et cause de gros dégâts aux Samoa et aux Tonga. Il passe à 100 km environ au sud-est de l'Ile des Pins au stade de cyclone tropical, avec une forte houle, de fortes rafales (140 km/h), et des pluies modérées.

Hola : du 03 au 11 mars : **Cyclone tropical intense**. Un minimum se creuse au nord-est du Vanuatu. Il est

nommé le 06/03 à 23h locale, traverse le nord du Vanuatu, puis stagne au stade de cyclone tropical intense le 08/03 à environ 300 km dans le nord-ouest d'Ouvéa. Il passe à environ 80 km des Loyauté, au stade de cyclone tropical, entre le 09 et le 10 mars, où les rafales atteignent 130 km/h. Il provoque de fortes pluies : 200 à 350 mm sur le Sud, 100 à 150 mm sur l'Est et les Loyauté.

Linda : du 10 au 15 mars : **Dépression tropicale modérée**. Un minimum se creuse sur les Salomon et se déplace vers le sud sur le 160°E jusqu'aux Chesterfield. La dépression est nommée au stade de dépression tropicale modérée à 470 km à l'ouest de Bélep le 13/03 à 18h. Des vents forts de NE sont alors mesurés à Poingam (rafales de 65 km/h), et des cumuls de pluies importants sont recueillis sur la chaine Nord (123 mm à Méa, 93 mm à Tango). Le 14/03, Linda s'éloigne vers le sud-ouest en faiblissant.

Iris : du 21 au 30 mars : **Dépression tropicale forte**. Le système tropical se forme entre les Salomon et le Vanuatu le 23. Progressant initialement vers l'ouest, il devient temporairement une dépression tropicale modérée le 24, puis se dirige vers le sud le 25. A partir du 29, il remonte vers le nord-ouest entre l'Australie et les Chesterfield. Se déplaçant lentement dans l'ouest de la Nouvelle-Calédonie, il engendre de fortes pluies entre le 24 et le 29, notamment sur la côte Est. Dans le flux de nord à est résultant sur la Nouvelle-Calédonie, de fortes pluies se sont abattues sur le pays entre le 24 et le 29 mars. C'est le 28 que les cumuls les plus importants sont mesurés, avec jusqu'à plus de 260 mm en 24 h enregistrés par la station de Méa (Kouaoua). En 48 h c'est la station de Thio plateau qui enregistre avec 489 mm, le cumul le plus élevé.
Elle est suivie par **Josie** (dépression tropicale modérée) et **Keni** (cyclone tropicale), prologeant le mauvais temps jusqu'au 11 avril.

Liua : du 26 au 30 septembre : **Dépression tropicale modérée**. Le 26/09, une dépression tropicale faible se forme aux Salomon. Elle atteint le stade de dépression tropicale modérée le 27 et est baptisée Liua. Elle se déplace lentement vers le sud, puis le sud-ouest, puis s'affaiblit le 28. Elle est reclassée dépression tropicale faible le 29 en s'évacuant vers l'ouest. Liua est la dépression tropicale modérée la plus précoce enregistrée jusque-là sur le bassin Pacifique Sud-Ouest.

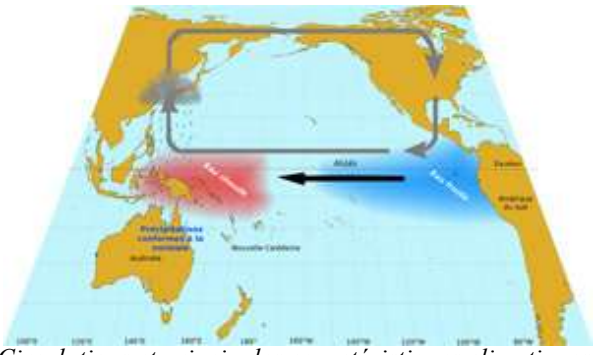
7.1.2 Le phénomène ENSO

7.1.2.1 Généralités

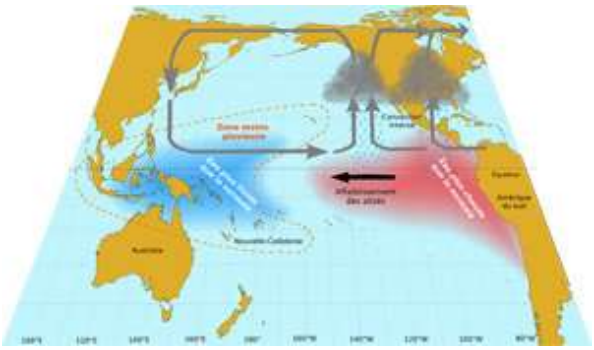
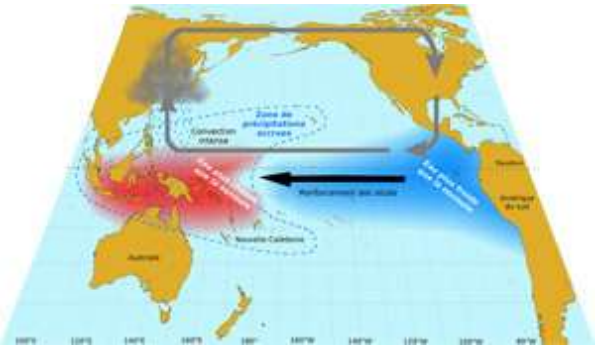
Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [5].

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

La **phase neutre** (ni El Niño, ni La Niña) : les alizés soufflent d'est en ouest sur l'océan Pacifique tropical. Ils provoquent une remontée d'eau des profondeurs au centre et à l'est de l'océan Pacifique équatorial, ce qui se matérialise par une langue d'eau froide. Ils entraînent également une accumulation d'eau « chaude » à l'ouest du bassin



Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [58]).

La **phase El Niño** : au niveau de l'équateur, les alizés s'affaiblissent si bien que la langue d'eau froide équatoriale laisse place à des eaux de surface plus chaudes que la normale. El Niño se caractérise ainsi par des températures de surface de la mer plus élevées que la normale (écarts supérieurs à +0,5 °C) dans le Pacifique central équatorial. En été, les bouleversements atmosphériques induits par ce réchauffement consistent en un déplacement des fortes précipitations de l'Indonésie vers le centre du Pacifique tropical. On constate notamment une réduction du flux de la MPO, une intensification et une migration vers l'équateur de la ZCIT, ainsi qu'un déplacement vers le nord-est de la ZCPS.	 *Principales manifestations de la phase El Niño dans le Pacifique pendant l'été austral (adaptée de [58])*
La **phase La Niña** : le long de l'équateur, les alizés s'intensifient. La remontée d'eau froide sur le bord est de l'océan Pacifique est alors accrue, tandis que des eaux plus chaudes que la normale sont observées à l'ouest du Pacifique. La Niña se caractérise ainsi par des températures de surface de la mer plus basses que la normale (écarts inférieurs à -0,5 °C) dans le Pacifique central équatorial. En été, les bouleversements atmosphériques induits par ce refroidissement consistent en une accentuation des précipitations sur l'Indonésie et un assèchement de l'atmosphère tropical au centre du Pacifique. On constate notamment un renforcement du flux de la MPO, un affaiblissement et un retrait vers le nord de la ZCIT, ainsi qu'un déplacement vers le sud-ouest de la ZCPS.	 *Principales manifestations de la phase La Niña dans le Pacifique pendant l'été austral (adaptée de [58]).*

ENSO est la principale source de variabilité interannuelle des précipitations et des températures observées en Nouvelle-Calédonie [59] :

- Les précipitations sont fortement affectées par ENSO, surtout en saison chaude et particulièrement dans le nord de la Grande Terre et sur les îles Loyauté.
- Les périodes El Niño sont caractérisées par un risque accru de sécheresse et les périodes La Niña, par un risque accru de fortes pluies.
- Les températures minimales ont tendance à être anormalement basses en période El Niño ; c'est l'opposé en période La Niña.
- El Niño augmente le nombre de tempêtes tropicales qui touchent l'est et le centre de l'océan Pacifique, alors que par ailleurs, l'apparition d'épisodes La Niña tend à coïncider avec une diminution du nombre de perturbations dans le Pacifique sud.

La relation entre ENSO et les températures maximales est moins marquée. Elle varie suivant la saison et la région considérée. L'influence d'ENSO sur les températures maximales est faible en saison chaude.

Les événements El Niño apparaissent d'une manière irrégulière, tous les 2 à 7 ans. Ces épisodes débutent en général en milieu d'année et durent de 6 à 18 mois. Ils atteignent leur intensité maximale vers Noël.
À noter que la symétrie entre les phénomènes El Niño et La Niña n'implique aucune régularité en termes de chronologie ou d'intensité. Ainsi, le passé a subi davantage d'épisodes El Niño que d'épisodes La Niña. Par ailleurs, un épisode El Niño fort n'est pas forcément suivi d'un épisode La Niña fort, et d'ailleurs, un événement El Niño n'est pas obligatoirement suivi d'une période La Niña (seul le tiers environ des cas examinés depuis plus de 130 ans mettent en évidence une telle corrélation).

7.1.2.2 El Niño

En Nouvelle-Calédonie, El Niño s'accompagne généralement d'un déficit de précipitations, particulièrement remarquable pendant la saison chaude, sur le nord de la Grande Terre et aux îles Loyauté.

Après 5 ans d'absence et une alerte lancée début 2014, c'est finalement à la **toute fin de l'année 2014** qu'El Niño s'est officiellement déclaré et a continué de se développer au premier semestre 2015 dans l'océan Pacifique équatorial pour finalement se terminer sur en **milieu d'année 2016**.
L'épisode El Niño 2015/2016 est classé parmi les 3 évènements El Niño les plus puissants de ces 50 dernières années, avec ceux de 1982-1983 et 1997-1998.
El Niño a pris fin en mai/juin 2016 et a été suivi par un épisode La Niña de faible intensité et de courte durée.
La saison cyclonique 2016-2017 s'est déroulée durant une phase « neutre » de l'oscillation australe ENSO.

7.1.2.3 La Niña

« La Niña » est caractérisée par une anomalie négative de l'eau en surface dans cette zone équatoriale du Pacifique (l'anomalie devant être au minimum de -0,5 °C). Le phénomène est plus rare et moins dangereux que El Niño (23 épisodes El Niño pour 14 épisodes La Niña depuis 1950).
En Nouvelle-Calédonie, l'évènement climatique « La Niña » modifie l'intensité des pluies (augmentation) et a pour conséquence une anomalie positive de températures des eaux de surface et une anomalie négative de salinité sur une longue période de 3 ou 4 mois.

En début d'année 2011, ces anomalies ont influencé toute la zone d'étude dans les petites profondeurs et l'anomalie de salinité était d'autant plus importante aux embouchures des creeks et des rivières. Les colonies coralliennes les plus sensibles s'édifiant aux sommets des récifs ont ainsi expulsé leurs zooxanthelles (phénomène de blanchissement très important).

Le retour en 2017 – 2018 : En septembre 2017, l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) a établi une prévision probabiliste pour les mois suivants. Après une période passée plutôt neutre, la probabilité d'entrer au sein d'un épisode La Niña était devenue importante.
En effet, les températures de surface de l'océan Pacifique étaient en baisse en fin d'année 2017 au niveau des tropiques : La carte des anomalies de température de surface de la mer entre le 9 et le 15 novembre 2017 (figure 106) montre que les températures de surface de la mer au niveau de l'équateur sur le centre et l'est de l'océan Pacifique sont inférieures à la normale (autour de -0.4 à -0.5°C).
Une prévision largement confirmée par le système de prévision climatique du centre national pour la prévision environnementale (NCEP) ainsi que par l'ensemble multi-modèles nord-américain (NMME) qui indiquent la formation de La Niña dès l'automne 2017 (anomalie de température chutant sous les -0.5°C). La probabilité d'observer ce phénomène atteignait les 62% sur la période novembre-décembre 2017 et janvier 2018.

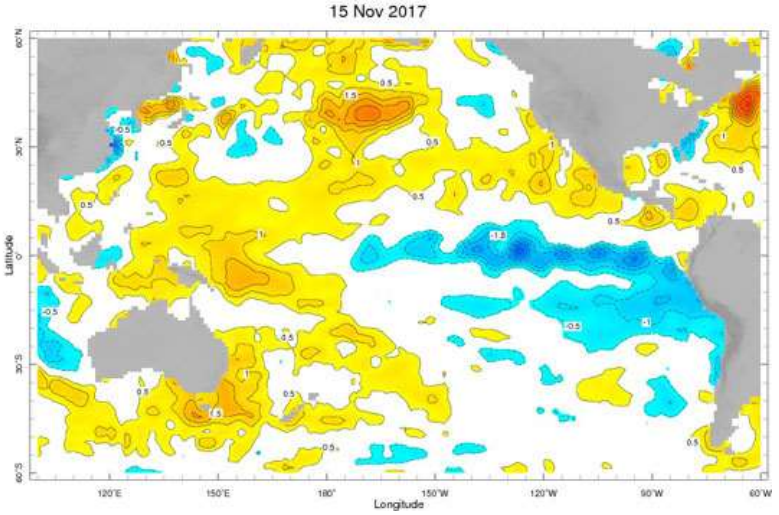


Figure n°106 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017)
(Source : NCEP, OISST v2)

La région pacifique est donc entrée en période de La Niña en octobre 2017, qui s'est achevée à la fin du premier trimestre 2018. Il s'en est suivi une phase neutre de l'ENSO (El Niño Southern Oscillation) qui a duré jusqu'en décembre.
Dans ce contexte, le bilan pluviométrique annuel en Nouvelle-Calédonie a été légèrement déficitaire tandis que les températures ont été, en moyenne annuelle, très légèrement supérieures aux normales.

7.2 Contexte réglementaire

7.2.1 Liste rouge UICN

La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon leur risque d'extinction à l'échelle mondiale (les principes et les catégories sont présentés en annexe 05).

Précautions d'application :

- *Cette liste est en constante réactualisation ;*
- *Elle est établie à un niveau mondial : cela ne reflète pas la situation de la Nouvelle-Calédonie, ni même au niveau mondial : en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme « données insuffisantes » (data deficient).*

- Les coraux scléractiniaires

Plusieurs espèces de coraux durs sont inscrites sur cette liste rouge.
Pour rappel : le cahier des charges ne prévoyant pas l'étude des coraux ceux-ci n'ont pas été échantillonnés pour cette mission et il n'y a donc pas de listing disponible. Cependant, ce travail supplémentaire, non obligatoire, avait été réalisé les missions précédentes (jusqu'en 2016) et un bilan des espèces présentes dans la zone d'étude et inscrites sur cette liste est disponible dans les rapports concernés.

- Les autres invertébrés

Concernant les autres invertébrés (hors coraux durs), les données recueillies par l'UICN ne sont pas assez détaillées et représentatives pour juger le risque d'extinction des espèces à l'échelle mondiale.
Dans la zone d'étude, auparavant, seuls les bénitiers du genre ***Tridacna*** étaient référencés et le **reste des espèces** était classé en **données insuffisantes** « DD : data déficient ».
Depuis 2016, de nouvelles espèces ont été renseignées, dont certaines ont été échantillonnées, comme détaillé dans le tableau 127 et tableaux a, b en annexe 04.
Pour cette mission, 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 les transects sont concernés à l'exception de ST04ABC, ST09C et ST12B.

Tableau n°127 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en novembre 2018

EMBRANCHEMENT	DIVISION	FAMILLE	GENRE	ESPECE	STATUT
Echinoderme	Holothuride	Holothuriidae	*Actinopyga*	*miliaris*	VU
			Actinopyga	*palauensis*	LR-lc
			Bohadschia	*argus*	LR-lc
			Holothuria	*atra*	LR-lc
			Holothuria	*edulis*	LR-lc
			Holothuria	*flavomaculata*	LR-lc
			Holothuria	*fuscopunctata*	LR-lc
			Holothuria	*whitmaei*	EN
		Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN
Mollusque	Bivalve	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc
			Tridacna	*derasa*	VU

			Tridacna	*maxima*	LR-cd
			Tridacna	*squamosa*	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 Sud[21]

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)

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.

[21] Version M32 du 29/08/2017

La liste des écosystèmes d'intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre et leur caractérisation peuvent être complétées par délibération du bureau de l'Assemblée de Province après avis de la commission intérieure en charge de l'environnement.
Les écosystèmes d'intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre sont considérés indépendamment de leur situation géographique.
La délimitation géographique des écosystèmes présentant un intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre est établie à titre indicatif par une cartographie consultable auprès des services compétents. Cette cartographie est actualisée en tant que de besoin pour tenir compte du caractère évolutif et mobile des écosystèmes.

Article 232-5
(article 6 de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)

L'herbier est une formation végétale située dans une zone marine de profondeur inférieure à 60 mètres. Il est composé de phanérogames marines appartenant à l'une des espèces listées ci-dessous :

FAMILLE	GENRE	ESPECE
Cymodoceaceae	*Cymodocea*	*serrulata*
	Cymodocea	*rotundata*
	Halodule	*uninervis*
	Halodule	*pinifolia*
	Syringodium	*isoetifolium*
Hydrocharitaceae	*Enhalus*	*acoroides*
	Halophila	*ovalis*
	Halophila	*minor*
	Halophila	*decipiens*
	Halophila	*capricorni*
	Thalassia	*hemprichii*

Article 232-6
(article 7 de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)

Le récif corallien est une structure marine bioconstruite. Il est constitué de coraux Scléractiniaires Hermatypiques et d'algues rouges calcaires encroûtantes (famille *des Corallinaceae*).

En milieu marin, 2 écosystèmes patrimoniaux sont susceptibles d'être présents : les récifs coralliens et les herbiers.

→ **Toutes les stations de suivi marin sont positionnées sur des récifs coralliens dont la surface est supérieure à 100 m² : ces zones sont donc des « Ecosystèmes d'intérêt patrimonial »** selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud.

→ **Aucune phanérogame marine n'a été observée sur les stations de la zone d'étude : il n'y a donc pas lieu de considérer ces zones comme des herbiers** (classés comme Ecosystème d'intérêt patrimonial selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud).

7.2.2.2 Espèces endémiques, rares ou menacées

Rappel de la réglementation :

TITRE IV : PROTECTION DES ESPÈCES ENDÉMIQUES, RARES OU MENACÉES

Article 240-1
25/03/2010, art.11.al. 1 et 2 ; Modifié par délib n°193-2010/BAPS/DENV du 01/04/2010, art.1, 2 et 3 ; Modifié par délib n° 933-2013/BAPS/DENV du 11/12/2013, art.2 ; Modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.8 ; Modifié par délib n° 267-2017/BAPS/DENV du 19/04/2017, art.8-1) et 2)

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 mars 2009, sont le bulime, la tortue verte et les fougères arborescentes.

Les espèces inscrites à la liste des espèces endémiques, rares ou menacées selon l'article 240-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud et potentiellement présentes dans la zone d'étude sont présentées tableau 128 (la liste a été élargie depuis fin 2017).
Les organismes listés qui peuvent être observés directement sur les stations ou dans la zone d'études sont :

- Le triton (*Charonia tritonis*) : parfois observé à la ST07 (Basse Chambeyron) (en A en mars 2015, en B en septembre 2017)
- Le napoléon (*Cheilinus undulatus*). Cette espèce emblématique est habituellement présente en ST10 (Ilot Kié) où il est un habitué qui fréquente un gros massif corallien situé à une vingtaine de mètres du transect bas
- Une tortue grosse tête (*Caretta caretta*) vient régulièrement nous « surveiller » sur le transect haut ou médian (voire de la surface) de la ST11 (Toémo)
- Des tortues vertes (*Chelonia mydas*) sont fréquemment aperçues de l'embarcation lorsqu'elles viennent respirer en surface
- Des tricots rayés (*Laticauda* sp.) sont observés régulièrement de la surface ou en plongée, patrticulièrement sur les stations des bancs du canal de la Havannah
- Les requins : plusieurs espèces ont été aperçues sur toutes les stations au fil des missions.

Tableau n°128 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude

Règne animal / milieu marin				
Groupe	**Taxon**	**Genre**	**Espèce**	**Nom commun**
Mammifères marins	Cétacés	Tous genres	Toutes espèces	Baleine, Orque, Cachalot, Globicéphale, Dauphin
	Siréniens	*Dugong*	*dugon*	Dugong
Reptiles marins	Cheloniidae	*Caretta*	*caretta*	Tortue caouanne ou grosse-tête
		Chelonia	*mydas*	Tortue verte
		Eretmochelys	*imbricata*	Tortue imbriquée
		Lepidochelys	*olivacea*	Tortue olivâtre
		Natator	*depressus*	Tortue à dos plat
	Dermochelydae	*Dermochelys*	*coriacea*	Tortue luth
	Elapidae	*Laticauda*	*laticauda*	Tricot rayé bleu
		Laticauda	*saintgironsi*	Tricot rayé jaune
Poissons marins	Labridae	*Cheilinus*	*undulatus*	Napoléon
	Sélachimorpha	Tous genres	Toutes espèces	Requins
Mollusques marins	Cassidae	*Cassis*	*cornuta*	Casque
	Céphalopodes	*Nautilus*	*macromphalus*	Nautile
	Draparnaudiidae	*Draparnaudiida*	*anniae*	
		Draparnaudiida	*subnectata*	
	Ranellidae	*Charonia*	*tritonis*	Toutoute ou conque
	Volutidae	*Cymbolia*	spp.	Volutes

7.2.2.3 Espèces protégées

Notion existante en Province Nord, elles n'ont pas été définies en Province Sud. Se référer au paragraphe précédent, qui est similaire.

7.2.2.4 Espèces exotiques envahissantes

Rappel de la réglementation :

Titre V : LUTTE CONTRE LES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Article 250-1
(article 1er de la délibération n° 05-2009 du 18 février 2009 relative à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes)

Le présent titre a pour objet de préserver la biodiversité néocalédonienne et de prévenir l'introduction d'espèces exotiques envahissantes dans le milieu naturel, de lutter contre leur dissémination ou de les éradiquer.
On entend par :
1° « espèce exotique », toute espèce dont l'aire de répartition naturelle est extérieure à la Nouvelle-Calédonie.
2° « espèce exotique envahissante », toute espèce exotique dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives.

Article 250-2
(article 2 de la délibération n° 05-2009 du 18 février 2009 relative à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes) ; Modifié par délib n° 47-2013/APS du 19/12/2013, art.6-I ; Modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.11 ; Modifié par délib n° 267-2017/BAPS/DENV du 19/04/2017, art.9

I. - Afin de ne porter préjudice ni au patrimoine biologique, ni aux milieux naturels, ni aux usages qui leur sont associés, ni à la faune et à la flore sauvages, sont interdits :
1° L'introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence, la production, la détention, le transport, l'utilisation, la cession à titre gratuit ou onéreux, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie d'un spécimen vivant d'une espèce animale exotique envahissante listée dans le tableau prévu au IV, ainsi que de ses produits ;
2° L'introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence, la production, le transport, l'utilisation, le colportage, la cession à titre gratuit ou onéreux, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie d'un spécimen vivant d'une espèce végétale exotique envahissante listée dans le tableau prévu au V ainsi que de ses semences.
Ces listes peuvent être modifiées par délibération du bureau de l'Assemblée de Province.
Des modalités de prévention, de lutte ou d'éradication particulières peuvent être adoptées pour une espèce exotique envahissante par délibération du bureau de l'Assemblée de Province.
NB : Les espèces concernées sont, en mars 2009, le black bass, le poisson-million, le porte-épée et la tortue de Floride.
II. - La destruction de tout spécimen doit être réalisée selon les méthodes préconisées par le président de l'Assemblée de Province. Dès que la présence dans le milieu naturel d'une des espèces listées au I est constatée, le président de l'Assemblée de Province peut procéder ou faire procéder à la capture, au prélèvement, à la garde ou à la destruction des spécimens de l'espèce.
III. - Lorsqu'une personne est condamnée pour infraction aux dispositions du présent article, le tribunal peut mettre à sa charge les frais exposés pour la capture, les prélèvements, la garde ou la destruction rendus nécessaires.
IV. - Liste des espèces animales exotiques envahissantes : [...].

Il n'y a qu'une seule espèce exotique envahissante en milieu marin selon le § IV de l'article 250-2 du Code de l'Environnement de la Province Sud : l'étoile de mer japonaise, *Asterias amurensis*.

→ Aucune espèce listée comme « exotique envahissante » au § IV de l'article 250-2 du Code de l'Environnement de la Province Sud n'a été observée lors de cette étude, ni depuis le début du suivi.

8 Conclusion

La zone d'étude est large et comprend des stations dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin. Elle est composée par de multiples biotopes bien diversifiés (récifs coralliens variés et pentes sédimentaires à massifs coralliens) tant au niveau flore que faune.
Le réseau est sous l'influence potentielle de facteurs anthropiques dont l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie Mais les suivis depuis 2007 montrent que l'ensemble de la zone est également sous influence de facteurs perturbateurs naturels (houle, ressac, courant de marée, turbidité, dessalure) ainsi que des évènements climatiques (El Niño / La Niña) et dépressionnaires exceptionnels (Erika, Vania, Zelia, Fréda, Pam, Winston, Cook, Donna, Gita, Hola, Iris ...).
La conjugaison de ces facteurs perturbateurs anthropiques et/ou naturels entraîne dans le temps des réactions en chaîne comme la remobilisation du matériel corallien le long des pentes récifales, le développement de cyanobactéries, d'algues, de turf et d'espèces prédatrices de corail (prolifération de corallivores comme les *Acanthaster planci* et les *Drupella cornus*), l'hyper sédimentation, les lésions coralliennes (maladies et nécroses) …

8.1 Le substrat

L'étude des substrats par le LIT a montré que leur composition est très variée d'une station à l'autre (ce qui est normal par rapport à la géomorphologie du récif qui diffère selon les localisations géographiques) mais aussi au sein même d'une station, avec notamment une influence certaine de la profondeur (diminution du recouvrement par les scléractiniaires et les groupes biotiques en général).

Pour cette mission, en novembre 2018 :
Globalement, aucune grande variation temporelle n'est relevable : **les pourcentages de chacune des composantes sont stables par rapport à la mission précédente.** A l'exception de 4 cas, il n'y a aucune différence notable : les deltas sont compris entre -10.5% et +7.5% pour toutes les stations / transects.
A l'échelle de la zone, **le taux de recouvrement des coraux scléractiniaires est en très légère hausse** (22.14% *vs* 19.70%).
Le recouvrement en cyanobactéries est très bas : seuls 4 transects sont concernés avec un taux à 0.5% chacun. A noter que le bloom observé en mai 2018 sur les 2 transects inférieurs de la ST07 (Basse chambeyron) est terminé.

Il n'y a donc que 4 transects qui voient des évolutions significatives dans leur recouvrement :
- Un inversement (cyclique et parfaitement inverse de celui noté en mai 2018) de recouvrement « vase – DCA » en ST02B (Creek baie nord)
- Un gain net dans le recouvrement en scléractiniaires pour ST02A et ST11A (Toémo) (+22% et +24%)
- Une mortalité élevée des coraux au transect médian de la ST04 (Woodin) entraînant une diminution de 16.5% dans le taux de recouvrement en scléractiniaires. Cela est dû à une attaque d'*Acanthaster planci*.

La résilience globale des récifs suite aux dégradations enregistrées en avril 2016 (blanchissement du début d'année 2016, conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1) est définitivement **confirmée**. Cela permet d'estimer la période nécessaire pour retrouver un état de santé comme à l'initial de 2 à 2.5 ans, pour cet épisode, ce qui est relativement court à l'échelle de ces écosystèmes.

Par ailleurs, malgré ces résultats généraux reflétant un état de santé des récifs satisfaisant globalement, deux stations sont en déclin :
- **La ST01 (Casy)**, dont le **recouvrement en scléractiniaires est au plus bas** (1% pour les 2 tansects) du fait d'une prolifération d'*Acantahster planci* en 2017 – 2018. Celle-ci est terminée, la disparition des coarux ayant entraîné aussi celle des étoiles de mer.
- **La ST04 (Woodin) où l'attaque des étoiles de mer corallivores (*Acanthaster planci*)** commence (-15.6% de scléractiniaires au transect B) **et laisse présager d'une dégradation générale de tout ce récif.**

8.2 Les communautés benthiques

8.2.1 Etat général

- Les coraux

La diversité et l'abondance des coraux n'ont pas été étudiées depuis la mission d'avril 2017 (non demandé dans le cahier des charges).
Ce compartiment biologique a été suivi sur la période d'août 2007 à novembre 2016 et les informations recueillies ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude. En effet, les coraux 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.

Deux maladies coralliennes (hypermycose endolithique et la bande blanche) et quelques anomalies de croissance ont été recensées dans la zone d'étude. Cependant, la seule maladie ayant une influence perturbatrice sur l'état de santé des récifs dans la zone d'étude est la maladie de la bande blanche (white band disease). Elle affecte particulièrement les colonies d'*Acropora* tabulaires et branchus mais elle a également été observée sur *Stylophora pistillata*, *Montipora*, *Seriatopora caliendrum*, *Seriatopora hystrix* et *Merulina ampliata* (colonies coralliennes sans polype).
En **novembre 2018**, **très peu de colonies sont affectées par la maladie de la bande blanche (**ST09AB). Par contre, les colonies affectées de la mission précédente (ST01AB, ST02A, ST03AC, ST04C, ST05AC et ST12AB) sont toutes mortes en place et elles commencent à être recouvertes par du turf et des corallines.

- Les invertébrés

L'assemblage des espèces d'invertébrés (hors coraux durs) est toujours diversifié pour cette mission. Toutefois, cette diversité d'organismes et l'abondance des espèces qui la composent sont plus variables dans le temps que pour les coraux. En effet, de nombreux organismes benthiques sont mobiles, pour la plupart nocturnes et en constante recherche de nourriture (échinodermes, mollusques), et d'autres espèces ont une capacité de fixation au récif réduite (comme les ascidies, bryozoaires et certaines éponges).

Entre mai et novembre 2018, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évoluée de -20 à +6 espèces selon les transects.
Contrairement au semestre précédent, cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques.
Les groupes faunistiques représentant ces fluctuations sont surtout des espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles (ascidies, alcyonnaires et spongiaires).
Le canal Woodin et le canal de la Havannah enregistrent également des variations conséquentes avec les mollusques (bivalves, gastéropodes et nudibranches).

→ Les vents forts s'élevant de 30 à 45 nd des mois de septembre (Dépression tropicale modérée Liua) à novembre ont très certainement perturbés l'ensemble de la zone d'étude (contraintes hydrodynamiques intenses et répétées).

Remarque : Ce n'est pas parce que la diversité et/ou l'abondance des invertébrés (hors coraux durs) varient de manière positive entre deux missions, que les récifs n'ont pas subi de perturbation.
En effet, il faut généralement que les perturbations soient majeures (hydrodynamique et/ou sédimentaire) pour que le signal soit perceptible sur ce groupe. Des individus ou des tests morts peuvent être retrouvés et donc témoins d'une perturbation mais ces observations sont rares car les organismes sont très rapidement consommés en milieu marin.
Par ailleurs, les mollusques et les échinodermes, toujours en recherche de nourriture, peuvent se déplacer sur des zones récifales qui viennent d'être perturbées et où la nourriture est devenue disponible. Ainsi, des dégradations sur les récifs peuvent au contraire attirer ces organismes et donc les échantillonnages voient leur abondance et leur diversité augmenter (cf. § plus bas sur les perturbations d'ordre mécanique).

→ Il est donc nécessaire d'étudier la diversité et l'abondance des coraux pour détecter des perturbations et ainsi caractériser l'état de santé des récifs à court/moyen et long termes.

« Espèces cibles » et envahissantes : depuis le début du suivi en 2007, une attention particulière est portée sur l'évolution de 8 espèces pouvant nuire à l'environnement si leur développement s'avérait trop important. En effet, la compétition spatiale (*Asparagopsis taxiformis*, *Lobophora* sp., les cyanobactéries, *Cliona orientalis* et *C. jullieni*) ou la prédation (*Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae* et *Drupella cornus*) avec les coraux scléractiniaires peuvent être très importante. La prolifération à long terme de l'une de ces espèces peut avoir de lourdes conséquences sur l'état de santé des récifs.

En novembre 2018, 3 espèces cibles ont un développement anormal.

Acanthaster planci est une étoile de mer corallivore (prédatrice de corail) (cf. § 6.2.2.3).
Une prolifération d'*Acanthaster planci* est active en station ST04 (Woodin) (51 spécimens / 300 m²). Les colonies blanchies et mortes en place concernent pour le moment des *Acropora* tabulaires.
De plus, les corallivores ont été recensés (un seul spécimen) pour les transects ST01A, ST03C, ST05B et ST12A.
Elles étaient présentes en ST01 (Casy) depuis novembre 2016 (1 spécimen) puis elles ont proliféré d'avril 2017 à mai 2018. Comme précisé lors du précédent rapport (mai 2018 [51]), ces corallivores se sont déplacés car ils n'ont désormais plus rien à dévorer.

Les cyanobactéries apparaissent de manière épisodique et elles ne se sont jamais développées de manière pérenne dans la zone d'étude. Depuis août 2007, Les stations ayant présenté ces proliférations (niveaux 4 et 5) sont ST01, ST02, ST03, ST06, ST07, ST08, ST10 et ST11.
En novembre 2018, les niveaux bathymétriques ST01A et ST08B (niveau 3 maximum) ont un développement conséquent et en augmentation par rapport à la précédente mission.
Désormais les niveaux bathymétriques ST07BC ne présentent pas de dégradation par rapport au recouvrement important des cyanobactéries de la précédente mission (niveaux 2 *vs* niveau 3 et 5).

***Lobophora* sp**. : cf. § ci-dessous.

- Les macrophytes

L'assemblage des espèces de macrophytes est toujourd diversifié pour cette mission, **mais la diversité** est **anormalement basse** pour la saison pour les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés. En effet, des vents violents (30 à 45 nds) de fin 2ème – 3ème trimestre ont perturbé les récifs du canal de la Havannah.
La diversité des algues dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).
Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale (1ère mission semestrielle ; avril-mai) et suite à un évènement climatique et/ou dépressionnaire (arracahement). Par contre, elles sont les plus fortes au début de la saison estivale (2nde mission semestrielle ; septembre –octobre), les eaux plus chaudes favorisant le développement des algues rouges.

« Espèces cibles » et envahissantes : Le recouvrement des macrophytes est particulièrement important à suivre pour deux genres *Asparagopsis* et *Lobophora*, respectivement dans le canal de la Havannah et la baie de Prony.

Asparagopsis taxiformis est une algue rouge recensée dans le canal de la Havannah (milieux exposés aux agents hydrodynamiques). Son développement est saisonnier (très important durant la saison estivale) car elle peut recouvrir de très grande surface récifale (surtout les stations ST06, ST07, ST08 ST09 et ST11).
→ Lors de cette dernière mission, elle a un **recouvrement important** (jusqu'au niveau 5) dans le canal de la Havannah mais cela s'inscrit dans son développement saisonnier.

***Lobophora* sp**. est une algue brune, recensée particulièrement dans la baie de Prony (milieu calme et turbide). Son développement est plus pérenne durant l'année dans les eaux calmes où elle colonise au fur et à mesure les parties récifales affaiblies et/ou à nu (dalle, débris, base des coraux). Elle peut ainsi profiter que les coraux soient affaiblis ou perturbés par la sédimentation pour conquérir de nouvelles surfaces et avoir alors des caractéristiques d'une espèce envahissante.

→ Lors de cette dernière mission, son recouvrement est +/- stable par rapport à la mission précédente.
Les transects ST01A, ST04B, ST05AB, ST08AB enregistrent une diminution de recouvrement (surtout en ST04 et ST08 où elle est totalement absente). Ces niveaux supérieurs et médians ont certainement subi des perturbations hydrodynamiques suites aux vents intenses (30 à 45 nds) de fin d'année.
Son développement est toujours conséquent (niveau 4) en ST02A (Creek baie nord) **et particulièrement important (niveaux 5 et 4) en ST03BC** (Port) (cf. § 5.4.3). Ces stations sont fortement influencées par la sédimentation et la turbidité. Ces facteurs du milieu favorisent le développement de l'algue brune *Lobophora* à la défaveur des coraux scléractiniaires.

Aucune espèce exogène (quel que soit le groupe) n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude. Il faut noter que la bibliographie à ce sujet est très succincte en Nouvelle-Calédonie au regard des risques encourus avec la circulation des grands navires et du port international de Prony.
Au vu de la taille de l'échantillonnage, il n'apparaît **pas de phénomène d'invasion**.

8.2.2 Les perturbations

Le réseau de surveillance biologique permet de détecter des anomalies.
En effet, la zone d'étude enregistre, pour les 11 stations des trois sites (Prony, Woodin et Havannah), des dégradations qui sont en relation avec l'intensité et la durée d'exposition aux agents hydrodynamiques et météorologiques et à l'activité anthropique (principalement apport et remobilisation de particules sédimentaires terrigènes en baie Kwé, au niveau du quai vraquier du port et dans une moindre mesure au Creek de la baie nord).

Les résultats des tests ANOVAR et Friedman montrent que la diversité absolue des communautés benthiques n'est pas homogène sur la période de 2010 à 2018 pour les 2 ensembles suivants :
- Les invertébrés (hors coraux durs) (le protocole a été amélioré jusqu'en septembre 2011)
- Les macrophytes (sans évolution du protocole depuis 2007).

En écartant les artéfacts du protocole qui a été amélioré à certaines missions, les inventaires des différentes missions ont mis en valeur :
- des phases de dégradation, principalement liées aux phénomènes météorologiques (dépressions/cyclones 2011, 2013, 2015, 2016, 2017 et 2018), au phénomène climatique (El Niño 2015-2016) et des perturbations liées aux activités anthropiques (d'ordre sédimentaire depuis 2011)
- suivies par des réactions en chaîne liées (et localisées) : mortalité corallienne, développement de turf algal, de cyanobactéries et d'algues, de lésions coralliennes (maladies et nécroses), prédation des corallivores (*Acanthaster planci* et de *Drupella cornus*), instabilité du matériel corallien sur les pentes récifales (effondrement de colonies, blocs, débris et sable carbonaté) et/ou hyper sédimentation d'origine terrigène (turbidité)
- mais aussi par des phases de résilience des récifs, comprenant : recrutement, réintégration des zooxanthelles, croissance des coraux, mobilité des invertébrés à la recherche de nourriture, diversification biologique et changement des assemblages.

La saisonnalité des macrophytes apparaît aussi nettement, même si la périodicité des missions n'est pas adéquate pour les étudier. Les variations de leur diversité sont régulières durant l'année et depuis le début du suivi.

- Les perturbations d'ordre mécanique

Les perturbations d'ordre mécanique sont enregistrées principalement dans le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et dans une moindre mesure dans le canal Woodin (courants de marée).

Les phénomènes les plus intenses sont les phases dépressionnaires (cf. § 7.1.1) qui perturbent principalement les niveaux bathymétriques supérieur et médian des récifs les plus exposés : des colonies coralliennes sont retournées et arrachées de leur substrat, des accumulations de blocs et débris coralliens se forment, allant jusqu'à constituer des couloirs d'effondrement. Le recouvrement de coraux blanchis ne représente pas forcément une surface très importante mais le nombre d'espèces influencées par ce blanchissement peut être conséquent.
De plus, lorsque les récifs sont perturbés mécaniquement, les invertébrés benthiques subissent, bien évidemment, les forces d'arrachement, ils peuvent être balayés et arrachés des niveaux supérieurs et

médians. Mais la recolonisation des espèces d'invertébrés mobiles peut se faire très rapidement. Les échinodermes (astéries, échinides, ophiures et holothuries) et les mollusques (gastéropodes et nudibranches) reviennent rapidement coloniser la zone dégradée afin de se nourrir dans les débris fraîchement mobilisés.
Ainsi, ce n'est pas parce que la diversité et l'abondance des invertébrés mobiles augmentent que le récif ne subit pas de perturbation de son habitat (impacts sut les coraux scléractiniaires constructeurs de récifs).
Dans un second temps, suite à ces perturbations d'intensité extrême, au fur et à mesure du temps, les agents hydrodynamiques remobilisent les débris et les blocs sur les pentes récifales (effondrement de débris). Il s'ensuit une phase de dégradations secondaires liées à la remobilisation des débris au cours de l'année et à des réactions en chaîne sur les parties médianes et basses des tombant récifaux. Les cyanobactéries (et le turf) peuvent alors se développer, mais leur présence n'est pas obligatoirement pérenne dans le temps (comme par exemple les observations en mai et novembre 2018 pour ST07BC).

En novembre 2018, les perturbations d'ordre mécanique sont principalement localisées dans les niveaux supérieurs et médians des récifs exposés de la baie de Prony (ST03B), du canal Woodin (ST04B) et du canal de la Havannah (ST05AB, ST06AB, ST07AB, ST08AB, ST09AB, ST11AB et ST12AB).
Les vents intenses (30 à 45 nds) réguliers de fin septembre à novembre 2018 n'ont pas forcement déstabilisé le matériel corallien mais les autres invertébrés (hors coraux durs) et les macrophytes ont été arrachés de leur substrat.

- Les perturbations d'ordre sédimentaire

Une attention particulière doit être portée sur les apports de particules terrigènes charriées ou remobilisées dans le milieu marin. Les activités anthropiques dans la zone d'étude (exploitations minières, port) ont une influence sur ce paramètre. Les sources de particules se centralisent aux embouchures des creeks et rivières (particulièrement en baie Kwé et Prony) et se répartissent selon les courants et la dérive littorale sur les récifs avoisinants.
Les apports de MES ont une influence sur la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et sur la sédimentation. Ainsi, si ce facteur de l'environnement évolue, il y a des répercussions sur les organismes benthiques et sur les assemblages d'espèces de la faune et la flore.

Dans la baie de Prony, des épisodes sédimentaires relativement conséquents peuvent être observés en période humide pour les ST02 (Creek baie nord) et ST03 (Port). Ces observations sont amplifiées 1) durant les fortes précipitations et les phases dépressionnaires et 2) tout au long de l'année par la circulation des bateaux pour la station à proximité du Port (hélices et ancrages des bateaux).

En baie Kwé et de Port Boisé, l'apport de particules terrigènes proviendrait principalement de la Kwé et dans une moindre mesure de la baie de Port Boisée. Cette matière en suspension serait drainée par la rivière Kwé, transportée par les courants de marée puis par la dérive littorale à travers le récif frangeant côtier du canal de la Havannah.
Dans le réseau de suivi général, la station la plus proche de la baie Kwé est ST08 (Puka).
La station ST08 est à l'interface entre les conditions hydrodynamiques intenses du canal de la Havannah, les conditions hyper sédimentaires et les phénomènes de dessalure des eaux de surface des baies (Port Boisé et Kwé) et des pollutions liées aux eaux usées (Port Boisé). Ces paramètres de l'environnement ont été accentués par les phases dépressionnaires de 2011, 2013, 2015 et 2017 ainsi que les évènements 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.
Depuis 2017, l'inventaire des coraux n'est plus réalisé et il n'est plus possible d'évaluer des changements dans les assemblages d'espèces coralliennes.

Hypothèse : la source de particules sédimentaires perturbant les récifs de Puka et les alentours proviendrait de la baie Kwé. Cet apport de MES ne parait pas être soutenu, ni continu mais serait tout de même assez important dans le temps pour perturber les organismes benthiques depuis le début d'année 2011.

Remarques :
- Si les conditions environnementales d'un milieu évoluent de manière modérée, l'assemblage des espèces va également suivre cette évolution. Les espèces les mieux adaptées résisteront et se développeront, les espèces non adaptées diminueront peu à peu d'abondance et elles seront potentiellement remplacées par d'autres.
- Si les variations d'un ou plusieurs paramètres de l'environnement sont importantes sur une période prolongée alors le seuil critique létal des colonies peut rapidement être dépassé et elles meurent en place.
- Le réseau de suivi biologique n'a pas de station biologique d'observation en baie Kwé et en baie de Port Boisé.

En novembre 2018, la visibilité de l'eau n'a jamais été aussi importante en baie de Prony.
Des colonies coralliennes montrent encore des stigmates (lésions) en ST02B (Creek baie Nord), ST03ABC (Port), ST08AB (Puka), induit par la sédimentation mais aucun dépôt sédimentaire n'a été observé lors de cette mission
Ces dégradations se caractérisent par :
- des colonies partiellement (nécroses) ou entièrement mortes en place (même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées comme les colonies de *Porites*, *Cyphastrea japonica*, *Blastomussa merleti*)
- des colonies coralliennes présentant de l'hypermycose endolithique. Ces colonies ne meurent pas
- les cyanobactéries se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouverts de sédiment terrigène
- l'algue brune *Lobophora* a un développement alarmant en ST03 - Port (compétition spatiale importante avec les coraux).
Ces récifs sont affaiblis depuis quelques missions par de multiples perturbations (naturelles et anthropiques) et désormais les organismes sessiles (dont les coraux) ont certainement moins de résistance et d'énergie pour se dégager des dépôts sédimentaires (activité minière et portuaire). La résilience du niveau récifal ST02A reste tout de même persistante (croissance des coraux branchus *Acropora* et *Anacropora*) et celle de ST08A est toujours en dent de scie.

- Les perturbations liées aux anomalies de températures / UV (hausse) et salinité (dessalure)

Les anomalies de température et de salinité peuvent entraîner le blanchissement total ou partiel des organismes vivants en symbiose avec les zooxanthelles (coraux, alcyonaires, anémones, bénitiers), le déplacement des organismes mobiles et/ou la mort de colonies et d'organismes benthiques ne pouvant pas se déplacer (coraux, bivalves, ascidies…). Les platiers sont les zones récifales où ces anomalies sont les plus importantes puis leur influence va diminuer avec la profondeur et/ou la circulation des masses d'eau.
En période estivale et surtout La Niña, les anomalies positives de température influencent particulièrement les platiers récifaux (0 à 5 m) puis dans une moindre mesure les niveaux inférieurs (jusqu'à 15 m). Les biotopes les plus vulnérables sont généralement caractérisés par une faible circulation des masses d'eau.
En période humide (ou durant les phases dépressionnaires), les fortes précipitations peuvent engendrer la dessalure des eaux de surface sur les platiers récifaux (0 à 3 m). Les zones les plus vulnérables sont généralement situées à l'embouchure des creeks et rivières, les platiers récifaux dans les baies. L'épaisseur de la couche d'eau saumâtre va dépendre de plusieurs facteurs dont l'intensité des précipitations et la direction du vent qui peut concentrer les masses d'eau saumâtre au fond des baies (0 à 5 m).

Concernant ce suivi biologique, ces perturbations ne peuvent pas être mises en valeur de manière quantitative car aucun transect n'est installé entre 0 et 3 m de profondeur. Cependant, lors de chaque suivi biologique, des observations qualitatives sont tout de même réalisées sur les stations, leurs pourtours et les

platiers récifaux.

La période de février/mars 2016 marque le phénomène de blanchissement corallien le plus important observé autour de la Nouvelle-Calédonie depuis 1996. Les récifs ont été perturbés par des anomalies positives de température, UV et/ou de dessalure particulièrement dans les niveaux bathymétriques supérieurs. Cet 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 novembre 2018, le blanchissement corallien induit par des variations de températures, UV et/ou salinité paraît totalement absent.
Les colonies coralliennes observées blanchies n'ont plus de polype : elles ont donc été perturbées par la prédation des corallivores ou par la maladie de la bande blanche.

→ La résilience des récifs a permis de retrouver les niveaux de santé d'avant les perturbations du début d'année 2016.

8.2.3 Synthèse

De manière générale, la zone d'étude est composée par de multiples biotopes (récifs frangeants de baie, de chenaux et d'ilots ; pentes récifales et sédimentaires à massifs coralliens). La conjugaison des paramètres de l'environnement est variée et permet à de très nombreuses espèces de coloniser ces différents habitats.

Les observations sur les indicateurs coralliens et les espèces cibles s'orientent, en novembre 2018, sur **un état de santé « Moyens »** pour les stations suivantes :
- **ST01** (Casy) : ancienne prolifération d'*Acanthaster planci*, développement de cyanobactéries et mortalité corallienne importante),
- **ST03** (Port) : perturbation sédimentaire
- **ST08** (Puka) : perturbation sédimentaire et développement de cyanobactéries.

L'état de santé des récifs, des **autres stations du réseau de suivi**, peut être qualifié de **relativement « Bon »** mais la résilience parait tout de même être plus lente depuis que les évènements dépressionnaires sont de plus en plus récurrents.

L'ensemble des récifs a subi de lourdes perturbations naturelles depuis plusieurs missions consécutives. Les dégradations sur les biocénoses benthiques sont localisées et les réactions en chaîne se multiplient pour certaines stations. L'importance de ces dégradations dépend de la conjonction des sources perturbatrices (sédimentation et/ou variations de températures, UV, salinité et/ou hydrodynamisme et/ou prédation et/ou maladies…), mais aussi du degré et du temps d'explosion et de la périodicité.

Dans la zone d'étude, les perturbations anthropiques sont généralement répétitives tout au long de l'année mais elles ne sont pas forcément intenses. **En ST03** : c'est la circulation des bateaux dans le port qui entraîne la remobilisation des sédiments et **en ST08** c'est l'activité minière qui entraîne l'apport de MES charriées par la rivière Kwé, provoquant des réactions en chaîne (développement de maladies coralliennes, de turf algal, de cyanobactéries et de corallivores).

La station ST01 (Casy) (d'avril 2017 à mai 2018) et **ST04** (novembre 2018) ont subi une **prolifération d'*Acanthaster planci*.** La raison pour laquelle l'étoile épineuse envahit périodiquement les récifs demeure encore un mystère. Cette astérie toxique est ainsi connue pour être une espèce envahissante à fort potentiel de destruction sur les récifs coralliens, dont elle consomme les polypes en grande quantité. Les dégradations récifales en ST01 sont importantes et se traduisent par de nombreuses colonies coralliennes mortes en place (particulièrement au transect A). Concernant ST04, les corallivores viennent d'envahir la zone et ils dévorent actuellement les colonies *Acropora* tabulaires, particulièrement en B.

La station ST07 (Basse Chambeyron) présente, en mai 2018, une prolifération de cyanobactéries (aux 2 transects supérieurs). Les causes de ce développement n'ont pas été déterminées avec certitude mais ce

recouvrement important de cyanobactéries pourrait provenir de la déstabilisation du matériel corallien durant les phases dépressionnaires du début d'année 2018 puis de la mobilisation par les agents hydrodynamiques jusqu'en bas de pente récifale. Cette prolifération ne devrait pas perdurer dans le temps et les dégradations sur l'environnement devraient être mineures. Les cyanobactéries se développent principalement sur le sable carbonaté et les débris.

La résilience des récifs est déterminante dans l'évaluation de l'état de santé.
Hors, cette résilience parait être plus lente pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques depuis que les évènements dépressionnaires sont de plus en plus fréquents.
De plus, cette résilience est particulièrement sinueuse et affaibli pour deux stations (ST03 - Port et ST08 - Puka) du réseau de suivi. Ces récifs ayant une reprise lente et en dent de scie, sont soumis comme toutes les stations du réseau de suivi aux perturbations naturelles mais aussi et plus que les autres stations aux perturbations induites par les activités anthropiques (perturbations répétitives sans forcément être intenses : activités portuaire et apports particulaires terrigènes de la baie Kwé).

8.3 Les populations ichtyologiques

8.3.1 Résultats

Cette nouvelle mission ne présente pas de valeur ni d'événement exceptionnel.
Relativement aux Indices IAS et IGm, une appréciation de la qualité du peuplement peut être donnée par une cotation à 12 niveaux pour les stations (cf. tableau 129) et pour les missions (cf. tableau 131).

Qualité des stations

Les stations sont toujours très dissemblables. Toutefois, l'analyse de leur note (cf. tableau 129) 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 130, où les stations stables sont en noir et celles changeant de groupe, en baisse en rouge et en hausse en vert) :

- à la hausse : Creek baie nord (ST02)
- à la baisse : Port (ST03), Ioro (ST05), Bancs Kié (ST09), Ugo (ST12)
- inchangée : Casy (ST01), Woodin (ST04), Ionontea (ST06), Basse Chambeyron (ST07), Puka (ST08), Toémo (ST11)

Tableau n°129 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons

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

La station de Woodin (ST04) montre une très grande stabilité. Elle n'a jamais quitté le groupe 4, ce qui n'est pas le cas de la station Ilot Kié pourtant située dans la réserve Y. Merlet. Woodin est une station qu'il faudra suivre avec attention du fait de l'invasion d'*Acanthaster planci* qu'elle subit.
Soulignons que Casy (ST01) et Ionontéa (ST06) restent dans le groupe 4.

Tableau n°130 : Classement par groupes des stations (ichtyologie)

Groupe	2018 b	2018 a	2017 b	2017 a	2016 b	2016 a	2015 b	2015 a
1		Creek	Creek	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka
2	Port, Ioro, Bancs Kié, Ugo		Port, Ioro, Puka, Ugo	Puka, Ugo, Toémo, Ioro, Bancs Kié	Puka, Ugo, Toémo, Ioro	Bancs Kié, Toémo, Ugo	Ugo, Ioro, Bancs Kié	Ugo, Ioro, Ionontea, Bancs Kié
3	Creek, Puka, Toémo	Port, Puka, Ioro, Ugo, Toémo	Bancs Kié, Toémo	Ionontea, Chambeyron	Bancs Kié, Ionontea	Ioro, Ionontea, Chambeyron, Ilot Kié	Toémo, Ilot Kié Ionontea	Toémo, Chambeyron
4	Casy, Woodin, Ionontea, Chambeyron	Casy, Woodin, Ionontea, Chambeyron, Bancs Kié	Casy, Woodin, Ionontea, Chambeyron	Woodin	Woodin, Chambeyron, Ilot Kié	Woodin	Chambeyron, Woodin	Woodin, Ilot Kié

Notons qu'à l'issue de cette dernière mission, la ST04 (Woodin) est toujours dans le groupe 4 qu'elle n'a jamais quitté, contrairement à la station de l'Ilot Kié (avant 2017) qui est pourtant située dans la réserve Y. Merlet.
Soulignons également qu'après un saut spectaculaire, en septembre 2017, la ST01 (Casy) reste dans le groupe 4, comme Ionontea.

- Comparaison de la mission de novembre 2018 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 2018 à la moyenne de la station sur la période du suivi (depuis 2007) :

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

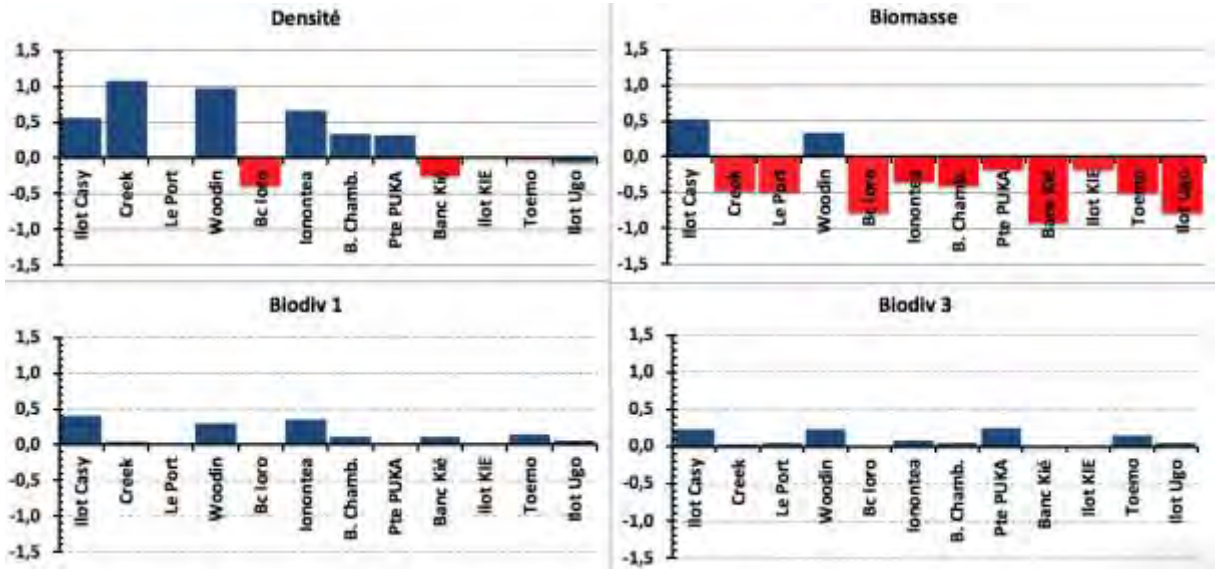


Figure n°107 : Ecarts des valeurs obtenues en novembre 2018 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

- Comparaison de la mission de novembre 2018 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 (depuis 2007) :

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

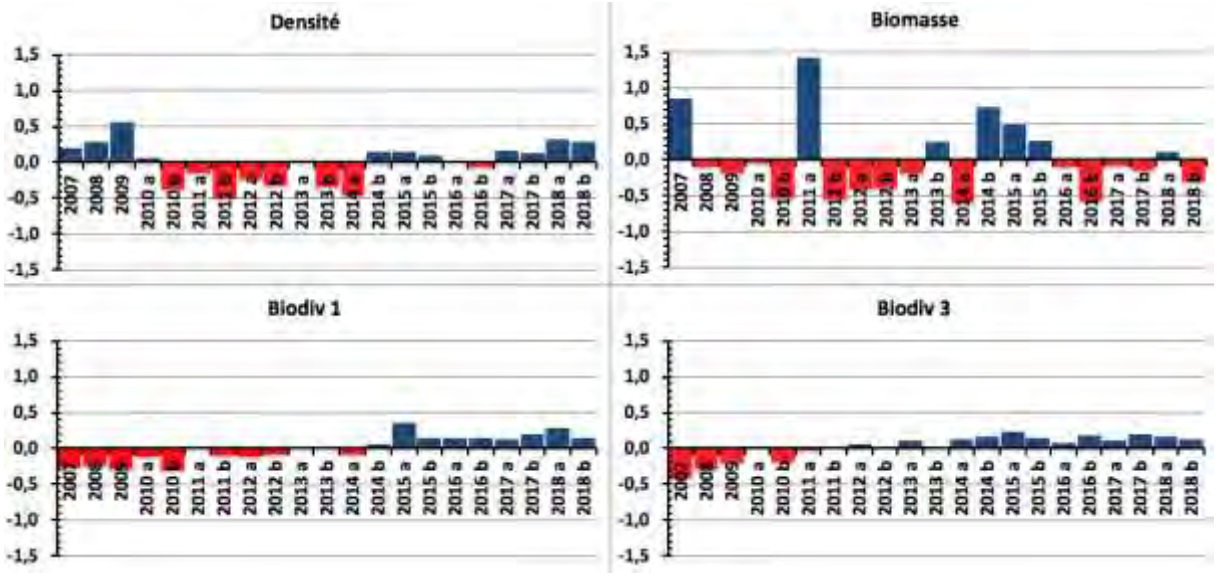


Figure n°108 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en novembre 2018 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

Il ressort de ces classements et notations que les écarts entre stations pour une même mission et entre missions sur une même station sont du même ordre de grandeur.

- Qualité des peuplements depuis 2007

Une appréciation synthétique globale de qualité peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 6.3.4).
L'application aux missions depuis 2007 est donnée dans le tableau 131.

Tableau n°131 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

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

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

8.3.2 Discussion

Ce rapport conclut une série historique de plus de 11 années, au cours desquelles ont été réalisées 21 missions de collecte de données relatives à la densité (effectifs et biomasse) et à la biodiversité des poissons. Toutes ces mesures ont été effectuées avec le même protocole et par le même opérateur.

Les analyses montrent qu'entre les stations, lors d'une même mission (approche spatiale), ou qu'à une même station, au cours du temps (approche temporelle), les valeurs de densité (nb ind./m^2) obtenues fluctuent dans une large gamme, d'un facteur 1 à 12 et celles de la biomasse (g/m^2) d'un facteur 1 à 70 !
Ces fluctuations considérables sont pour partie naturelles mais également artificielles, c'est-à-dire consubstantielles à la méthode de prise de données.
En effet, naturelles car elles sont dues aux comportements des poissons en rapport avec leurs habitudes et rythmes nycthéméraux et saisonniers, leurs divagations naturelles et leur mode de vie et artificielles car en réaction à la présence des plongeurs d'une part et induite par la méthode du TLV d'autre part. Cette méthode est inappropriée à ce suivi, thème qui a été largement démontré, développé et argumenté dans les rapports précédents.
Toutes les fluctuations observées ne traduisent donc pas de réelles variations du peuplement dues à une

quelconque pollution ou surpêche, mais des variations dans le système dual comportements-observations. Les paramètres que sont la densité des poissons et leur biomasse, sont donc de médiocres indicateurs de l'état du peuplement ichtyologique et ne sont pas fiables en tant qu'alarme de changement d'état.

Nous insistons sur le fait, que contrairement à ce qui est souvent avancé, la méthode du TLV (imposée par le cahier des charges) ne fait pas partie des méthodes de "distance sampling" [60 à 64], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin [02].
En effet, le TLV déroge aux hypothèses de base de ces méthodes d'évaluation à distance, d'une part du fait de la distribution de l'objet à dénombrer (i.e. les poissons) et d'autre part du fait que l'opérateur influence, par sa seule présence, la distribution et le positionnement de cet objet.
Ces deux points importants, sont contraires aux premières hypothèses qui encadrent impérativement et incontournablement ces méthodes. Et soulignons de plus, que le deuxième travers du TLV vis à vis de ces méthodes de "distance sampling », c'est-à-dire l'impact du plongeur sur le positionnement du poisson [65 à 67], est parfaitement démontré dans l'article de Kulbicki et Sarramegna (1999) [68] pourtant curieusement cité à l'appui de l'utilisation dudit TLV…

En revanche, il apparaît que la biodiversité est un paramètre naturellement stable si bien que ses variations sont informatives… Tout du moins, le seraient-elles, si ce paramètre (Biodiversité 1.) n'était entravé par le cahier des charges qui limite et encadre le nombre d'espèces à prendre en compte. De plus, ce cahier des charges limite dans de nombreux cas, au genre le repérage des taxons, associant ainsi dans un même item, donc sans discernement, des espèces ayant des régimes alimentaires et des modes de vie très différents. Ces restrictions grossières tamponnent et masquent les variations, tant quantitatives que qualitatives de ce paramètre et obèrent, ainsi, une bonne part de son intérêt d'indicateur.
C'est pourquoi nous avons adjoint depuis le début, un paramètre de biodiversité plus large (Biodiversité 3) qui englobe toutes les espèces d'un nombre de familles volontairement limité. Pourquoi un nombre limité ? Parce que d'un point de vue pratique, il est irréaliste de demander à un opérateur même chevronné, de reconnaitre à l'œil et dans l'instant les 1 600 espèces du lagon calédonien ! Un moyen terme pragmatique consiste donc à limiter le nombre de familles sans limiter les espèces de ces familles. Un tel encadrement du paramètre de biodiversité augmente l'intérêt des données recueilllies et ouvre leur analyse à l'utilisation d'indices biotiques heuristiques et pratiques pour la restitution des résultats, notamment dans le cadre de leur vulgarisation.
De plus, ce paramètre de biodiversité ainsi transformé permettrait une analyse comparative des peuplements ichtyologiques sous l'angle de vue de leur fonctionnement et de leur structure. Ce sont, en effet, ces deux thèmes qui sont sensibles à la qualité du milieu et qui confèrent quelques intérêts informatifs à l'ichtyofaune dans le cadre d'un tel suivi.
Ajoutons que toutes ces remarques correspondent aux conclusions du rapport INERIS [69].

8.3.3 Conclusion

Si l'on revient à la question initiale : Les activités de l'usine, du port et de la mine affectent-elles l'ichtyofaune ?

- <u>Sur le long temps</u>

Le constat sur cette période d'observation de 11 ans, donc de « temps long », est que le peuplement de poissons du canal de la Havannah et de la baie de Prony est de bonne qualité et stable.
Les 21 notes de qualité calculées à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité fluctuent pour 18 d'entre-elles entre 6/12 et 9/12
Trois missions ont des notes exceptionnelles (tableau 131) :

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

- <u>Sur le temps court</u>

En revanche, sur le « temps court », d'une mission à l'autre les peuplements ichtyologiques changent.
La biodiversité, d'un point de vue qualitatif, présente sur l'ensemble des stations une composition très plastique. Un très petit nombre d'espèces sont invariablement présentes mission après mission sur une même

station. Beaucoup disparaissent de l'inventaire puis réapparaissent quelques missions plus tard … ou pas. D'un point de vue quantitatif, la biodiversité α semble progresser depuis 11 ans, mais ce n'est sans doute qu'un artéfact dû à la meilleure connaissance des stations de l'opérateur.
Les abondances augmentent ou diminuent d'une visite à l'autre. Sur ce thème, nous avons montré dans ce rapport, grâce aux données de 2010 à 2018 qui comportent annuellement deux mesures (automne *vs* printemps), que les paramètres de densité et de biomasse sont soumis au rythme saisonnier, contrairement aux paramètres de biodiversités 1 et 3.

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

Plus concrètement, après cette large décade d'observations 2007-2018, il apparait que chaque station *i* présente une Biodiversité totale ($B\gamma_i$) qui lui est propre et constituée de 210±20 espèces en baie de Prony et de 320±30 espèces sur les stations de la Havannah ou de Woodin.
Du fait du comportement et du mode de vie des espèces, à chaque mission seule la moitié environ des taxons de cette $B\gamma_i$ sont vus par l'opérateur et forme la $B\alpha_{ij}$ de la mission *j*. Dans cet ensemble $B\alpha_{ij}$ moins de 10% (soit 20 à 25 espèces) sont présentes de manière régulière mission après mission. Et c'est le même schéma si l'ensemble de la zone surveillée est considèrée. A chaque mission, la moitié de la biodiversité totale $B\gamma$ - évaluée à 720 ± 30 espèces – est repérée par l'opérateur, soit 350 à 370 espèces et 10%, d'entre elles, soit environ 70 à 75 espèces, forment un lot ubiquiste commun à l'ensemble des stations.

Ainsi malgré des variations semestrielles et annuelles importantes, le peuplement ichtyologique du sud considéré sur la décade écoulée, est resté stable, et les activités humaines ne l'ont à ce jour, pas – encore - affecté.

9 Discussion

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

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

L'équipe qui a effectué ce travail possède de solides connaissances dans le domaine de l'échantillonnage et en particulier sur la résolution des problèmes sur le terrain, qui peuvent entacher les résultats finaux.
Pour faciliter tant le travail terrain qu'ensuite le traitement des données et surtout la précision des résultats un certain nombre de recommandations est donné dans ce paragraphe.

9.1 Améliorations propres à ce suivi

- Marquage des piquets

La méthode de suivi temporel statistique retenue par Vale Nouvelle-Calédonie, exige que les échantillonnages soient toujours réalisés sur les mêmes zones.
Cette précision implique la matérialisation physique de la station sous l'eau.
Or, les conditions en mer ne sont pas toujours favorables et de plus, de nombreuses études ont été réalisées dans la zone, ce qui laisse plusieurs autres piquets de marquage, en sus de ceux devant être trouvés (exemple : photographie 31).

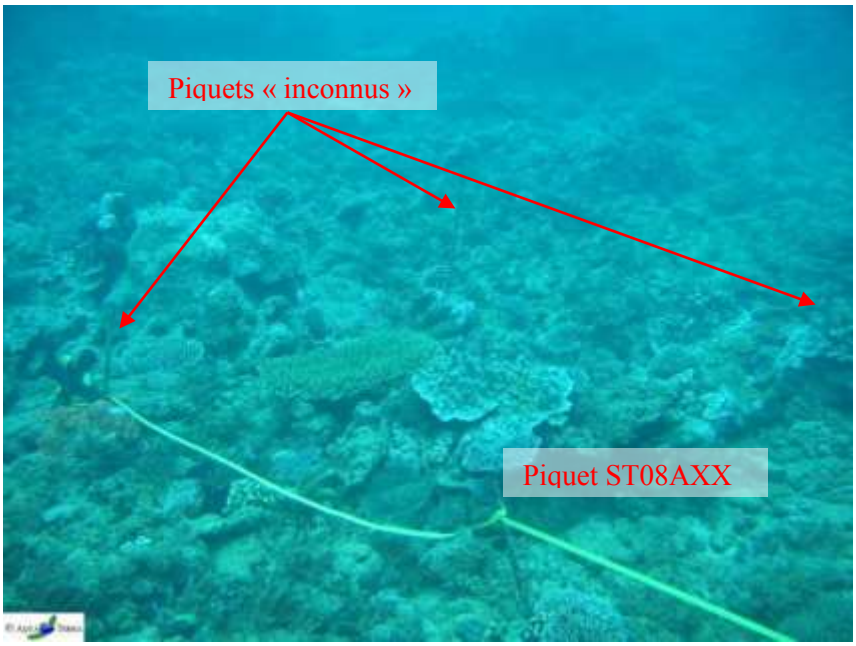


Photo n°31 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat

Pour mieux retrouver les stations devant être étudiées et donc les bons piquets (pour éviter notamment la perte de temps et diminuer les risques de dérouler le ruban sur un mauvais piquet), ces derniers devraient être marqués.
Cette identification pourrait être une étiquette (métallique, plastique) poinçonnée, avec un code correspondant à chaque piquet, du type : numéro de la station, lettre du transect, métrage 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 plut 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 1er piquet est trouvé (surtout s'il est identifié), de savoir exactement où on se positionne sur la station et d'aller alors directement à la bonne profondeur et dans la bonne direction pour dérouler les rubans métrés.

Ce type de schéma doit comporter : la disposition des transects, des piquets, des points remarquables du paysage, le sens de déroulement des rubans, les profondeurs, etc. avec un métré le plus précis possible et les orientations.

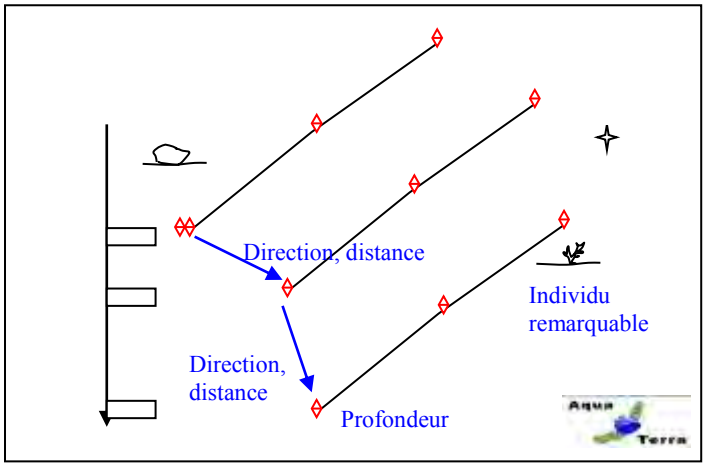


Figure n°109 : Exemple de schéma descriptif d'une station

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 échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospecté).
La diversité entre les trois sites est très contrastée mais le plan d'échantillonnage est également très disparate dans la zone d'étude car 7 à 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

Par ailleurs, la baie de Prony et le canal Woodin renferme une multitude de biotopes très vulnérables qui ne sont pas explorés dans le cadre de cette étude. Il faudrait donc compléter l'échantillonnage en positionnant des stations supplémentaires dans ces deux sites.

Il faudrait donc élargir le réseau de suivi biologique, en installant des stations :

- en Rade nord (augmenter le poids de la baie de Prony et mieux suivre cette zone où les risques sont élevés (embouchure du Creek baie nord, port)),

- autour et dans les baies de Port Boisé et Kwé (pour mieux cibler les impacts de ces baies révélés par la station actuelle Puka),
- en Grande Rade (Bonne Anse, Carénage : comme témoins).

Les récifs littoraux de la baie de Prony ne sont pas considérés dans le réseau de suivi : il apparait un autre problème dans le plan l'échantillonnage de la baie de Prony. Les récifs de cette baie sont régulièrement influencés/dégradés par la dessalure des eaux de surface et les panaches turbides sur des gradients d'éloignement des embouchures, des creeks, des rivières et des résurgences.

Lors de cyclones, ces anomalies sont d'autant plus accentuées. Le cyclone Fréda a entrainé 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 a été gravement perturbé par le phénomène de blanchissement corallien et de mortalité des invertébrés [53].
Il en a été de même lors des anomalies climatiques du début d'année 2016, qui ont entraîné un phénomène de blanchissement massif.

Malheureusement ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique car les transects sont tous implantés sous 5 m de profondeur (en dehors de la zone d'influence de l'eau douce de surface 0 à 3 m). A ce jour, les quelques colonies concernées par le blanchissement dans les stations de suivi général de la baie de Prony sont perturbées par la sédimentation ou la prédation des corallivores.

Cas particulier de la station Puka (ST08) : Compte tenu des dégradations relevées sur cette station en 2011 / 2013 liées aux apports particulaires provenant de la baie Kwé et de la pollution organique de la baie de Port boisé [70], la mise en place d'un suivi périodique de cette zone semble être primordiale. Le réseau de 14 stations mis en place en décembre 2013 devrait faire l'objet d'un suivi régulier.

=> Afin de suivre les activités anthropiques :
- Nécessité d'installer des stations supplémentaires en : baie Kwé, baie de Port boisé, autour du Port et le long du récif frangeant du canal de la Havannah
- Nécessité d'installer des transects supplémentaires à 2-3 m de profondeur en baie de Prony pour étudier les phénomènes de variations de températures, salinité, UV et les panaches de MES charriées par les creeks et rivières
- Suivi régulier du réseau Puka.

- La périodicité d'échantillonnage des macrophytes

Les relevés semestriels de suivi biologique ne sont pas adaptés aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement des macrophytes.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

De plus, une étude plus détaillée du genre *Asparagopsis* (dans le canal de la Havannah) et du genre *Lobophora* (dans la baie de Prony) serait pertinente pour une meilleure surveillance des risques potentiels d'envahissement, d'invasion, de prolifération et de dégradations sur les communautés coralliennes. Ces investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.

- Taxons cibles

Dans le cahier des charges, un certain nombre de taxons cibles ont été listés, car ils sont identifiés comme indicateurs biologiques de l'état du milieu naturel.
Ils doivent donc être échantillonnés.
Nous proposons de rajouter :

- Les **scléractiniaires** qui constituent l'habitat essentiel d'un écosystème récifal et regroupe la majorité des ressources marine tropical. Ils constituent une information capitale en terme de suivi car ils sont très sensibles aux variations de l'environnement marin et sont sessiles (fixes). Une étude comparative peut ainsi aisément être réalisée en prenant en compte la richesse spécifique, l'abondance, le recrutement, la mortalité et le blanchissement **(sentinelle avancée semestrielle)** ;
- Les **alcyonaires** qui représentent un recouvrement biotique conséquent dans les stations d'études et qui sont en compétition territoriale constante avec les macrophytes et les scléractiniaires ;
- Les **cyanobactéries**, qui sont les marqueurs d'un déséquilibre du milieu (eutrophisation) et qui sont directement alors en compétition avec les coraux ;
- Les espèces particulières qui sont **prédatrices du corail** : *Acanthaster*, *Culcita*, *Drupella*, etc. ;
- Les **espèces exogènes**.

Une liste d'inventaire très détaillée des biocénoses benthiques avec de nombreuses espèces cibles comprenant tous ces taxons, même s'ils ne sont pas inscrits au cahier des charges imposé par le suivi règlementaire, a été réalisé de façon volontaire de notre part ainsi que de celle de Vale Nouvelle-Calédonie de 2007 à 2016.

Cependant, au vu du coût engendré, depuis 2017 Vale NC n'a pas maintenu ces études et a strictement commandé en échantillonnage les exigences du cahier des charges provincial.
La diversité et l'abondance des coraux n'ont donc pas été étudiées depuis la mission d'avril 2017. Hors, l'étude de ce compartiment biologique de 2007 à 2016 et les informations recueillies sur cette période (9 ans) ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude.
En effet, les coraux sont des **sentinelles avancées** car ils sont fixes et très sensibles aux variations de l'environnement. Ainsi ils sont considérés comme le meilleur indicateur pour décrire l'état de santé des récifs et pour détecter des perturbations à court et moyen terme.
Désormais il n'est plus possible de constater s'il y a des variations dans les assemblages d'espèces et si ce compartiment biologique varie dans le temps et l'espace.

Hors, la question posée, est : l'usine et la mine affectent-elles le milieu marin ?
Ce que nous enseignent ces années de suivi est que, dans le cadre de ce questionnement, le suivi du corail est primordial (biodiversité, épidémiologie et dynamique des populations : recrutement, croissance et mortalité). La conséquence en est que l'agencement d'une station pour un suivi environnemental, doit être fait en regard de l'étude du corail.
Le LIT, la faune et flore benthiques doivent venir en appoint et sont aussi nécessaires pour leurs apports de données quantitatives.
L'ichtyofaune, quant à elle, ne doit son intérêt qu'au fait de sa très grande biodiversité. Si bien que, même si l'on savait estimer avec précision et fiabilité la densité et la biomasse des poissons, cela n'aurait qu'un intérêt mineur au regard de la problématique posée. Il sera donc tiré partie des poissons par le truchement du fonctionnement de cette exceptionnelle diversité, c'est-à-dire par la prise en compte des régimes alimentaires spécifiques et donc des réseaux et des liens avec le benthos et le pélagos.

Il est donc primordial de revoir la liste des thèmes d'études du Cahier des charges :
- maintenir le LIT (avec des réplicats (cf. § plus bas))
- étudier les coraux scléractiniaires
- étudier l'ichtyofaune par sa diversité (biodiversités, régimes alimentaires, juvéniles).

Choix efficient des stations

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes (le substrat, le benthos et les poissons), de taxons cibles et de paramètres biologiques clés.

L'un de ces paramètres est le recouvrement et l'abondance/biodiversité en scléractiniaires. En effet ces coraux sont :
- les constructeurs des récifs et donc à la base de l'écosystème corallien (habitat, nourriture, …),
- sensibles aux perturbations du milieu.

Or, pour pouvoir suivre l'évolution des colonies de coraux (par le LIT ou la méthode du couloir), les stations doivent donc « naturellement » (c'est-à-dire pendant la phase de référence) posséder des taux moyens de recouvrement corallien (pouvant varier, dans les deux sens).
En effet, une station possédant un taux de recouvrement proche de « 0 » ne pourra voir ses pourcentages qu'augmenter, et ne pourra pas servir de marqueur si une dégradation se produit. A l'inverse, des taux trop élevés ne pourront que diminuer.

Il est donc recommandé de choisir pour ce type d'étude des stations possédant entre 30 et 60% de recouvrement corallien.

Sur le réseau de suivi actuel, la moyenne de recouvrement des scléractiniaires a varié de 14% à 22% selon les missions. Et cela est très fluctuant selon les stations et encore plus les transects, les valeurs extrêmes étant de 0% (ST05C) pour la plus faible à 72.5% (ST11A) 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 novembre 2018. 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 servie à la rédaction du rapport sont présentées ci-dessous, avec, le cas échéant, les numéros qui rappellent les références citées dans le texte de cette étude.

	Aeby G.S., Tribollet A., Lasne G., Work T.M., 2015. Assessing threats from coral and CCA disease on the reefs of New Caledonia. Journal of Marine and Freshwater Research. http://dx.doi.org/10.1071/MF14151
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche n° 19 : Abondance des colonies coralliennes. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 152-153
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche 20 : Recouvrement corallien. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 154-155
56	AEL / LEA, 2013. Rapport d'analyses du 16/07/13, 2p
	Andréfouët S., Torres-Pulliza D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26p + 22 planches
	Aqua Terra, 2007. Suivi de l'état biologique du milieu marin, avant à la pose de l'émissaire de l'effluent liquide, Projet Goro Nickel. Septembre 2007 Affaire 012-07 C1499-StationPlatier-Ver E (23 p) & Doc C1499-Stations00à05-Ver D (53 p)
21	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
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 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
34	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
37	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
35	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
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 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
36	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
39	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
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 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)
41	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 mileu marin. Massif minier de Cap Bocage, SMCB : Campagne décembre 2011. Rapport 072-11 Ver01 : 129p
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 mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_006-12_V01. 436p
	Aqua Terra, 2012. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-12_V01. 234p
	Aqua Terra, 2012. Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 5, avril 2012. PO E45335. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 210p
	Aqua Terra, 2012. Atlas photographique pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2012. PO E453350. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 205p
43	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 mileu 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
53	Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 6, janvier 2013. PO E54932. Document : AquaTerra_Rap_004-13_V00. 183p
	Aqua Terra, 2013. Atlas photographique pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission janvier 2013. PO E549320. Document : AquaTerra_AtlasPho_004-13_V01. 180p
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 mars 2013. Contrat C2415 PO E53799. Document : AquaTerra_Rap_003-13_V01. 441p
45	Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission septembre 2013. Contrat C2415 PO E53799. Document : AquaTerra_Rap_061-13_V01. 431p
	Aqua Terra, 2013 : Compte-rendu de mission, novembre 2013 : Etat initial du milieu marin sous le quai vraquier. Document : AquaTerra_CR084-13_V00 16 pages
	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
70	Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, Suivi spécifique Puka » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission décembre 2013. PO E62786 et E64977, Document : AquaTerra_Rap_068-13_V02. 246p
	Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Herbier de la Baie Kwé : Première approche : Descriptif général, Cartographie, Etat des lieux initial » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2014. PO E66764, Document : AquaTerra_Rap_008-14_V00. 53p
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 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
47	Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2014. Contrat C2415 PO E53801. Document : AquaTerra_Rap_058-14_V00. 329p
	Aqua Terra, 2014. Suivi quantitatif pour "Etat des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya" NMC. Mission octobre 2014. Document : AquaTerra_Rap_012-14_V01. 105p
	Aqua Terra, 2014. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2014. Document : AquaTerra_Rap_078-13_V01. 105p
	Aqua Terra, 2014. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi quantitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2014. Document : AquaTerra_Rap_078-13_V01. 164p
	Aqua Terra, 2015. Programme de suivi du milieu marin concerné par les activités minières du Centre de Ouaco NMC / Étude

	bibliographique - Proposition d'un programme de suivi. Document : AquaTerra_Rap_072-14_V03. 33p
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 mars 2015. Contrat C2415 PO E53801. Document : AquaTerra_Rap_028-15_V00. 348p
	Aqua Terra, 2015. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage, SMCB: Résultats de la campagne 2015. Rapport 099-15 Ver02 : 108p
	Aqua Terra, 2015. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi qualitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2015. Document : AquaTerra_Rap_070-14_V01. 112p
49	Aqua Terra, 2015. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2015. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_071-15_V00. 367p
	Aqua Terra, 2016. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakety. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission décembre 2015. Document : AquaTerra_Rap_026-15_V01. 106p
	Aqua Terra, 2016 : Rapport pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés au port de Prony. Avant / après travaux de dragage » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission novembre 2014 / août 2015. Contrat E73528. Document : AquaTerra_Rap_065-14_V00. 85p
	Aqua Terra, 2016. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif. NMC. Mission décembre 2015. Document : AquaTerra_Rap_096-15_V01. 63p
50	Aqua Terra, 2016. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2016. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_028-16_V00. 374p
	Aqua Terra, 2016. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2016. Document : AquaTerra_Rap_085-16_V02. 108p
	Aqua Terra, 2016. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi qualitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2016. Document : AquaTerra_Rap_063-16_V01. 91p
10	Aqua Terra, 2016. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission novembre 2016. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_090-16_V00. 371p
	Aqua Terra, 2017. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakety. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission décembre 2016. Document : AquaTerra_Rap_094-16_V01. 93p
	Aqua Terra, 2017. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif. NMC. Mission janvier 2017 (Suivi 2016). Document : AquaTerra_Rap_092-17_V01. 58p
	Aqua Terra, 2017. Etat des lieux du milieu marin, baie de Kûrö, centre minier de Kouaoua, Recherche de stations. NMC. Mission mai 2017. Document : AquaTerra_Rap_011-17_V01. 52p
	Aqua Terra, 2017. Etat des lieux du milieu marin, Anse Pörö, centre minier de Bogota. NMC. Mission août 2017. Document : AquaTerra_Rap_028-17_V01. 100p
51	Aqua Terra, 2017. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril-mai 2017. Contrat E98083. Document : AquaTerra_Rap_003-17_V00. 284p
	Aqua Terra, 2018. Programme de suivi du milieu marin, centre minier de Kouaoua. NMC. Document : AquaTerra_Rap_082-17_V00. 28p
29	Aqua Terra, 2018. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission septembre 2017. Contrat E98083. Document : AquaTerra_Rap_047-17_V00. 294p
	Aqua Terra, 2018. Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés: biologique qualitatif et physico-chimique, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2017. Document : AquaTerra_Rap_045-17_V01. 100p
	Aqua Terra, 2018. Suivi de la qualité des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2017. Document : AquaTerra_Rap_070-16_V01. 105p
	Aqua Terra, 2018. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakety. Suivi biologique qualitatif et physico-chimique. NMC, SMN et SMT. Mission novembre 2017. Document : AquaTerra_Rap_068-17_V01. 99p
	Aqua Terra, 2018. Etat des lieux du milieu marin & Validation des stations de suivi du programme, baie de Gomen, Centre minier de Ouaco NMC. Document : AquaTerra_Rap_029-17_V01. 31p
	Aqua Terra, 2018. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif + Physico-chimique. NMC. Mission décembre 2017. Document : AquaTerra_Rap_069-17_V01. 61p
	Aqua Terra, 2018. DAODPM - Notice d'Impact : Travaux de curage, bord de mer de Porwi, centre de Poya. NMC. Document : AquaTerra_Rap_026-18_V00. 43p
30	Aqua Terra, 2018. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mai 2018. PO n°L06374. Document : AquaTerra_Rap_014-18_V00. 297p
	Aqua Terra, 2019. Etat des peuplements récifaux et organismes associés. Suivi biologique qualitatif. Site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2018. Document : AquaTerra_Rap_073-18_V01. 96p
	Atiqullah M., 1962. On the effect of non-normality on the estimation of components of variance. J. Roy. Statist. Soc., Ser. B 24, 140-147
	Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géo. Fr, 7è série, t.I, p 424-430
22	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
65	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
	Bellwood D.R., Hughes T.P., 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292, 1532–1534
	Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J., 2005. Environmental and geometric constraints on Indo_Pacific coral reef biodiversity. Ecology Letters 8, 643–651
	Benzoni F., Lasne G., Pichon M., Payri C., 2008. Patterns of zooxanthellate scleractinia biodiversity in New Caledonia Biodiversity and Diversification of Reef Organisms. Coral reef symposium 2008
	Biocenose marine, 2014. CR de mission du 08 mai 2014 (Partenariat Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM). Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (7ème mission / 08 mai 2014). PO E68 779. Document : BIOCENOSE MARINE CR_135_15052014 (23 diapos)
	Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM, 2014. Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (7ème mission / 08 mai 2014). Rapport d'étude n°135_2014_V03. 146 p
	Biocenose marine, 2014. CR de mission du 21 mai 2014 (Partenariat Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM). Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (8ème mission / 21 mai 2014). PO E68 779. CR_136_109062014 (29 diapos)
	Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM, 2014. Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (8ème mission / 21 mai 2014). PO E68 779. Rapport d'étude n°135_2014_V03. 146 p
60	Buckland S. T., 1992. Fitting density functions with polynomials. *Applied Statistics* ,41, 63:76
61	Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. *The Auk*,123, (2), 345-345
62	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
63	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
23	Box et Andersen, 1955. Permutation theory in the derivationof robust criteria and the study of departures from assumption. J. Roy. Statist. Soc., Ser. B 26, 211-252 B 17, 1-26
	Cabioch G., 1988. Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. Publications de l'Université de Provence (ed.), Aix en Provence : 291 p. + 25 planches-photos
	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'Ilot Bayes sur le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle-Calédonie) du 7 septembre au 27 octobre 2001. Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p. + annexes
	Catala R., 1950. Contribution à l'étude écologique des îlots coralliens du Pacifique Sud. Bull. Biol. France, Belgique, t. 84, p.234- 310, pl. 1-2, 11 fig. Paris
	Chakravorti S., 1967. Effect of the inequality of variances in analysis of variance ratio. *Biometrika* 16, 103-120
66	Chapman C. J., Johnstone A. D. F., Dunn J. R. and Creasy D. J., 1974. Reactions of fish to sound generated by divers' open-circuit underwater breathing apparatus. Marine Biology 27 : 357-366
	Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
	Chevalier J.P., 1975. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p
	Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22
	Chorus I. & Bartram J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water : A guide to their public health consequences, monitoring and management. Geneva : World Health Organization, 416
	Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Galzin,R., 2006. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 333(2), 219–230
24	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
	Condit R., Pitman N., Leigh Jr. E.G., Chave J., Terborgh J., Foster R.B., Núñe, P., Aguilar S., Valencia R., Villa G., Muller-Landau H.C., Losos E., Hubbell S.P., 2001. Beta-diversity in tropical forest trees. Science 295, 666–669
	Cyrus P., 1984. The influence of turbidity on fish distribution in Natal estuaries. Ph. D. Thesis : University of Natal, Pietermaritzburg (Afrique du Sud) : 202p
	Dagnelie P., 1980. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
	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
25	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
1	English S. and *al.*, 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science. 390p
	Faure G., Thomassin B., Vasseur P., 1981. Reef coral assemblages on the windward slopes in the Noumea Lagoon (New Caledonia). Proc. 4th int. Coral Reef Symp., Manila, 18-22 May 1981. 293-301
	Fernandez J-M., Chevillon C., Belhandouz A., Di Matéo A., 2006. Etude des apports sédimentaires à l'embouchure cu creek de la rade Nord (Baie de Prony). UR-103 CAMELIA, IRD-Noumé Nouvelle-Calédonie
57	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
17	Fisk D., 2009. Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28

32	Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. J. Amer. Statist. Ass. (32) 675-701p
	Gabrié C., Cros A., Chevillon C., Downer A. 2005. Analyse Eco-régionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaire. 112p
	Gabrié C., Garrigue C., Kulbicki M., Laboute P., Lebigre J.M., Lasne G., Payri C., Pichon M., Richer de Forges B., Spaggiari J., Renoux R., Dec 2008. Analyse Ecorégionale Marine de la Nouvelle-Calédonie
	Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesico, 21, 53-70
	Garrigue C. & Di Matteo A., 1991. La biomasse végétale benthique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Résultats bruts : liste taxonomique, biomasses, pigments chlorophylliens. Arch. Sci. Mer, Biol. iiiur., ORSTOM, Nouniea, 1, 143 pp
26	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
54	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
27	Hack, 1958. An empirical investigation into the distribution of the F-ratio in samples from two non-normal populations. Biometrika 45, 260-265
11	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
	Hawkins Sigrid V., 2006. "Feeding Preference of the Cushion Star, Culcita Novaeguineae in Mo'orea" (December 1, 2006). Water Resources Center Archives. Biology and Geomorphology of Tropical Islands (ESPM 107/IB 158)
	Horsnell G., 1953. The effect of unequal group variances on the F-test for homogeneity of group means. *Biometrika* 40, 128-136
69	Ineris, 2016. Rapport principal "Optimisation du plan de suivi environnemental du milieu marin autour des installations industrielles, minières et portuaires de VALE NC". Rapport d'étude N° DSC-15-148566-12273A. 04 février 2016 72p
	Kelleher T., Robinson H.F., et Comstock R.E., 1958. Precision of estimates of variance components. Biometrics 14, 69-77
	Keuls M., 1952. The use of the studentized range in connection with an amalysis of variance. *Euphytica* 1, 112+122
19	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
20	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
15	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
68	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
12	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
	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
59	Leroy A., 2006, Utilisation des prévisions saisonnières en Nouvelle-Caldonie. 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
67	Lobel PS., 2005. Scuba Bubble Noise and Fish Behavior : A Rationale for Silent Diving Technology. American Academy of Underwater Sciences
55	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
16	Mundy C., 1985. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville
	Newman D., 1939. The distribution of range in samples from a normal population expressed in terms of an independent estimate of standard deviation. Biometrika 31, 20-30
	Norton A. C., Mathieson A. C. and Neushul M., 1982. A review of some aspects of form and function in seaweeds; Bot. Mar. 25 501–510
	Œil, 2012. Communautés récifales dans le périmètre d'influence de Vale Nouvelle Calédonie : Etat de référence en 2011. 4 Parties
	Ormond R.F.G., Roberts C., 1997. The biodiversity of coral reef fishes. In: Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V. (Eds.), Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, pp. 216–257
	Parrish J. D., 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58 : 143-160
	Payri C.E., 1988. *Halimeda* contribution to organic and inorganic production in a Tahitian reef system. Coral Reefs, 6,251-262
	Payri C., N'Yeurt A.R. & Orempüller J., 2001. Algae of french Polynesia -Algues de Polynésie Française. Edition Au Vent des îles -

	tahiti, 320pp
9	Payri C. et Richer de Forges B., 2006. Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD
	Payri C., Petek S., Menou J.L., Lasne G., Butscher J., 2007. Biodiversité et substances marines des îles Fidji (Algues, Eponges, Ascidies, Echinodermes)
	Pearson E.S. et Hartley H.O., 1966. Biometrika tables for statisticians (Vol I) University Press, Cambridge, 264p
	Pichon M., 2006. Biodiversité des coraux 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
13	Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p
8	Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
18	Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474.
	Sato M., 1984. Mortality and growth of juvenile coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) Univ. Ryukyus, dep. marine sci., Okinawa 903 01, JAPON
28	Srivastava, 1959. Effect of non-normality on the power of the analysis of variance test. Biometrika 46, 114-122
64	Thomas L., Laake J., Rexstad E., Strindberg S., Marques F., Buckland S., Borchers D., Anderson D., Burnham K., Burt M., Hedley S., Pollard J., Bishop J. and Marques T., 2009. Distance 6.0. release 1. Research *Unit for Wildlife Population Assessment*, University of St. Andrews, UK. (http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/)
	UICN, 2001. Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge : Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. ii + 32pp
	Veron J.E.N., 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
4	Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus Acropora. (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
	Whittaker R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs 30, 279–338
	Whittaker, R. H., 1972. Evolution and measurement of species diversity taxon. 21 : 213-251
	Whittaker R.H., 1977. Species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10, 1–67
	Wijsman-Best M., 1972. Systematics and ecology of New Caledonia Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). Bijdr. Dierk., 42 (1) : 1-90
	Wijsman-Best M., 1973. A new species of the Pacific coral genus *Blastomussa* from New Caledonia. Pac. Sci., 27 (2) : 154-155
31	Wilcoxon F., 1945. Individual comprarisons by ranking methods. Biometrics Bulletin 1 (6): 80–83
	Work T.M., Aeby G.S., Lasne G., Tribollet A., 2014. Gross and microscopic pathology of hard and soft corals in New Caledonia. Journal of Invertebrate Pathology 120: 50-8
58	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
14	http://www.fishbase.org/search.php?lang=french
	www.ird.fr
	http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance
52	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
	http://www.sgnis.org/
	www.wikipedia.org

A n n e x e s

Annexe n°01	Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés benthiques
Annexe n°02	Caratéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de novembre 2018
Annexe n°03	Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de novembre 2018
Annexe n°04	Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de novembre 2018
Annexe n°05	Nomenclature UICN

Annexe n° 01

Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés récifales

Les classes retenues pour la détermination du substrat sont celles préconisées par English et al. 1994 [01] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms ») et présentées dans le tableau a ci-dessous.

Annexe 01 : Tableau a : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
Biotique	Coraux scléractiniaires	*Acropora* Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		Acropora Encroûtant	ACE	
		Acropora Submassif	ACS	
		Acropora Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		Acropora Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non-*Acropora* Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches *NB : les non acropora digité ont été placés ici*
		Non-*Acropora* Encroûtant	CE	
		Non-*Acropora* Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non-*Acropora* Massif	CM	
		Non-*Acropora* Submassif	CS	
		Fungia	CMR	Corail solitaire
	Autres coraux	*Millepora*	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Éponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
		Filamenteuse	F	*NB : les cyanobactéries ont été placées ici*
	Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues
Abiotique	Corail mort	Corail mort	DC	Couleur blanche
	Sable	Sable	S	Particules < 2 cm
	Débris	Débris	R	Particules > 2 cm
	Vase	Vase	SI	
	Eau	Eau	W	Crevasse de plus de 50 cm
	Dalle - Roche	Dalle - Roche	RC	

Les cellules grisées correspondent à ce qui est noté « macrophytes et invertébrés » pour le suivi du benthos.

Tous les poissons seront comptabilisés avec un traitement particulier pour ceux qui sont listés dans le tableau 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	*Anthias* et *Pseudanthias*	spp	Autres loches	spp
	Cromileptes	*altivelis*	*Plectropomus*	spp
	Epinephelus	*cyanopodus*		
Pseudchromidae	*Pictichromis*	*coralensis*		
Carangidae		spp		
Lutjanidae	*Aphareus*	*furca*	*Lutjanus*	*sebae*
	Aprion	*virescens*	*Lutjanus*	spp
	Lutjanus	*adetii*	*Symphorus*	*nematophorus*
Caesionidae		spp		
Haemulidae	*Diagramma*	*pictum*	*Plectorhinchus*	spp
Lethrinidae	*Lethrinus*	*nebulosus*	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	*Scolopsis*	*bilineatus*		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	*Platax*	spp		
Chaetodontidae	*Chaetodon*	*auriga*	*Chaetodon*	*speculum*
	Chaetodon	*baronessa*	*Chaetodon*	*semeion*
	Chaetodon	*bennetti*	*Chaetodon*	*trifascialis*
	Chaetodon	*citrinellus*	*Chaetodon*	*lunulatus*
	Chaetodon	*ephippium*	*Chaetodon*	*ulietensis*
	Chaetodon	*flavirostris*	*Chaetodon*	*unimaculatus*
	Chaetodon	*kleinii*	*Chaetodon*	*vagabundus*
	Chaetodon	*lineolatus*	*Coradion*	*altivelis*
	Chaetodon	*lunula*	*Forcipiger*	*flavissumus*
	Chaetodon	*melannotus*	*Forcipiger*	*longirostris*
	Chaetodon	*mertensii*	*Hemitaurichthys*	*polylepis*
	Chaetodon	*ornatissimus*	*Heniochus*	*acuminatus*
	Chaetodon	*pelewensis*	*Heniochus*	*chrysostomus*
	Chaetodon	*plebeius*	*Heniochus*	*monoceros*
	Chaetodon	*rafflesi*	*Heniochus*	*singularis*
	Chaetodon	*reticulatus*	*Heniochus*	*varius*
Pomacanthidae	*Centropyge*	*bicolor*	*Chaetodontoplus*	*conspicillatus*
	Centropyge	*bispinosus*	*Pomacanthus*	*imperator*
	Centropyge	*flavissima*	*Pomacanthus*	*semicirculatus*
	Centropyge	*heraldi*	*Pomacanthus*	*sextriatus*
	Centropyge	*tibicen*	*Pygoplites*	*diacanthus*
	Centropyge	*vroliki*		
Pomacentridae	*Abudefduf*	spp	*Dascyllus*	*reticulatus*
	Amphiprion	*perideraion*	*Dascyllus*	*trimaculatus*
	Amphiprion	spp	*Neopomacentrus*	*azysron*
	Chromis	*viridis*	*Neopomacentrus*	*violascens*
	Chromis	*fumea*	*Pomacentrus*	*coelestis*
	Chrysiptera	*taupou*	*Pomacentrus*	*moluccensis*
	Chrysiptera	*rollandi*	*Pomacentrus*	*aurifrons*
	Dascyllus	*aruanus*	*Stegastes*	spp

Labridae	*Bodianus*	*loxozonus*	*Halichoeres*	*trimaculatus*
	Bodianus	*perditio*	*Hemigymnus*	*melapterus*
	Cheilinus	*chlorourous*	*Labroides*	*dimidiatus*
	Cheilinus	*trilobatus*	*Novaculichthys*	*taeniourus*
	Cheilinus	*undulatus*	*Stethojulis*	*bandanensis*
	Choerodon	*graphicus*	*Stethojulis*	*strigiventer*
	Coris	*aygula*	*Thalassoma*	*amblycephalum*
	Coris	*gaimard*	*Thalassoma*	*hardwicke*
	Gomphosus	*varius*	*Thalassoma*	*lunare*
	Halichoeres	*hortulanus*	*Thalassoma*	*lutescens*
	Halichoeres	*margaritaceus*		
Scaridae	*Bolbometopon*	*muricatum*	*Chlorurus*	*microrhinos*
	Scarus	*ghobban*	Scaridae	spp
Blennidae	*Ecsenius*	*bicolor*	*Meicanthus*	*atrodorsalis*
Gobbidae	*Amblygobius*	*phalaena*		
Ptereleotridae	*Ptereleotris*	*evides*	*Ptereleotris*	*microlepis*
Acanthuridae	*Acanthurus*	*dussumieri*	*Ctenochaetus*	spp
	Acanthurus	*blochii*	*Naso*	*unicornis*
	Acanthurus	*triostegus*	*Naso*	spp
	Acanthurus	spp	*Zebrasoma*	spp
Siganidae	*Siganus*	*argenteus*	*Siganus*	spp
Zanclidae	*Zanclus*	*cornutus*		
Scombridae	*Scomberomorus*	*commerson*		
Balistidae	*Balistoides*	*conspicillum*	*Rhinecanthus*	*aculeatus*
	Oxymonacanthus	*longirostris*	*Rhinecanthus*	*rectangulus*
Tetraodontidae	*Canthigaster*	spp		

A n n e x e n ° 0 2

Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de novembre 2018

Annexe 02 : Tableau a : Rapport de plongée

Date	Heure *	Marée **	Station	Etat station / maintenance	Météo			Sous eau		
	début/fin		Nom		soleil/pluie	vent (dir, force)	courant (dir/force), h vagues	courant (force/dir)	visibilité (m)	température (°C, Prof)
24/11/2016	10h/12h	Début flot	Casy	OK	Beau, couvert 50%	ENE 14 nds	Clapot ENE 0,3 m	Nul	8 à 12 m	24,4°C à 8,2 m
24/11/2016	14h/16h	Etal flot	Creek baie nord	OK	Beau, couvert 50%	NEE 10 nds	Clapot NEE 0,1 m	Nul	6-7 m	24,9°C à 10,6 m
29/11/2016	13h/15h	Etal / Début flot	Port	OK	Couvert	SSO 5 nds	Clapot SSO 0,1 m	Nul	4 à 8 m	25,2°C à 8,7 m
29/11/2016	10h/12h	Fin jusant	Woodin	OK	Beau, couvert 50%	ENE 14 nds	Clapot ENE 0,3 m	Moyen à fort	8 à 10 m	24,7°C à 12,2 m
28/11/2016	09h/11h	Jusant	Ioro	OK	Couvert 100% pluie	ESE 18 nds	Clapot ESE 0,1 m	Faible	8 à 11 m	25°C à 10,9 m
25/11/2016	8h/10h	Fin jusant	Ionontea	OK	Nuageux 30%	ENE 12 nds	Clapot ENE 0,3 m, houle résiduelle 0,5 m	Faible	20 m	18,4°C à 14,6 m
28/11/2016	12h/14h	Fin jusant	Basse Chambeyron	OK	Nuageux 30%	N 12 nds	Houle	Faible	15 à 20 m	24,9°C à 14,6 m
27/11/2016	14h/16h	Flot	Puka	OK	Couvert 100% pluie	ESE 15 nds	Clapot ESE 0,1 m	Faible à moyen	13 à 14 m	25,1°C à 4,5 m
25/11/2016	12h/14h	Flot	Bancs Kié	OK	Nuageux 30%	N 15 nds	Houle	Faible à moyen	16 à 20 m	24,9°C à 15,5 m
27/11/2016	9h30/11h30	Fin jusant	Ilot Kié	OK	Couvert 100% pluie	SSE 12 nds	Clapot ESE 0,2 m	Faible	15 à 17 m	224,9°C à 13,5 m
26/11/2016	8h30/10h30	Fin jusant	Toémo	OK	Couvert 40%	ENE 10 nds	Clapot ENE 0,1 m + grosse houle	Faible à moyen	16 à 20 m	25,5°C à 12,5 m
26/11/2016	14h/16h	Flot	Ugo	OK	Couvert 90%	ENE 5 nds	Clapot E 0,1 m	Nul	9-10 m	24,5°C à 9,5 m

* cela comprend le temps sur site, sans les trajets
** par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Annexe 02 : Tableau b : Corrections des marées

	Heure		Hauteur (m)		Niveau moyen
	PM	BM	PM	BM	(m)
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

A n n e x e n ° 0 3

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de novembre 2018

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	0,5		44	18,5	2,5	23,5	2	16			5,5	1		11	4		7,5	2,5	1	11	1	6	4		22,5	6,5		15,5	6,5
ACE	*Acropora* encroûtant																													
ACS	*Acropora* submassif																													
ACD	*Acropora* digité																													
ACT	*Acropora* tabulaire									2		3	4		2,5			6			3,5		5,5	2,5	3	14,5	5		1,5	
CB	Corail branchu					0,5	0,5	1	20	12	5,5		1,5	0,5	2,5	8	4	6	4	0,5	7,5		4	4,5	6,5	16,5	3,5		1,5	
CE	Corail encroûtant	0,5			0,5		1,5	3	1,5	0,5		12,5	8,5	1	9,5	2	4,5	4	1	1	8	0,5	4	1,5	8	7,5	17	0,5	4	2
CF	Corail foliaire			1,5	5,5			3,5					0,5						0,5					1			2,5		2	0,5
CM	Corail massif		0,5	1,5	5	3,5	3,5	2		1		11,5	18		7	16	2,5	3	1	1	2,5	1	2,5	3,5	1	2,5	2,5	5,5	9,5	9,5
CS	Corail submassif		0,5						2			1							0,5		0,5					8,5	2		2,5	
CMR	*Fungia*			0,5			0,5		2,5										0,5							0,5			4	1
CME	*Millepora*			1	0,5				9,5	6		1,5												1						
SC	Coraux mous	7,5	3,5	7	6	1	1,5	1				1,5			2,5			0,5	1		2,5	3	10,5	8,5	3,5		1,5	1	0,5	4
SP	Éponges	1	1		0,5	1	0,5			2,5	3	2,5	1,5	1,5	2	2,5	0,5	0,5	2	3	0,5	7		0,5	2,5		0,5	3	1,5	4
ZO	Zoanthaires																													
OT	Autres organismes									1	1,5			0,5										1	1,5		1	1		
AA	Assemblages algales			4,5	1		18	2,5											4				6	2,5	7,5	2				
CA	Algue calcaire			3,5	0,5		1,5		0,5						6,0		7,5	7	7	9			6	6,5	6,5	2,5	4,5	7,5		
HA	*Halimeda*			4,5		2,5			0,5																					
MA	Macroalgue														4	11,5	4			1	7	9					10	7		
F	Algue filamenteuse	0,5				0,5																0,5						0,5		
DCA	Corail mort avec algues	14,5	7	32	24	35,4	41,5	7,5	47,5	52	18	23,5	26,5	4,5	53,0	54,5	69,0	63,5	65	65	56	15,5	55,5	60	57	23	42,5	70	43,5	60
DC	Corail mort									1																			0,5	
S	Sable	75,5	87,5							15	72	37,5	38,5	92		1,5	6,5	2	11	18,5	1	62,5		3	3		0,5	4	8,5	10
R	Débris									7							1,5										0,5		5	2,5
RC	Dalle - Roche																													
SI	Vase				38	53,1	7,5	77,5																						
W	Eau																													
	Abiotique	**75,5**	**87,5**	**0**	**38**	**53,1**	**7,5**	**77,5**	**0**	**23**	**72**	**37,5**	**38,5**	**92**	**0**	**1,5**	**8**	**2**	**11**	**18,5**	**1**	**62,5**	**0**	**3**	**3**	**0**	**1**	**4**	**14**	**12,5**
	Biotique	**24,5**	**12,5**	**100**	**62**	**46,9**	**92,5**	**22,5**	**100**	**77**	**28**	**62,5**	**61,5**	**8**	**100**	**98,5**	**92**	**98**	**89**	**81,5**	**99**	**37,5**	**100**	**97**	**97**	**100**	**99**	**96**	**86**	**87,5**
Dont coraux scléractiniaitres			**1**	**1**	**47,5**	**29,5**	**6,5**	**29,5**	**11,5**	**42**	**15,5**	**5,5**	**33,5**	**33,5**	**1,5**	**32,5**	**30**	**11**	**26,5**	**10**	**3,5**	**33**	**2,5**	**22**	**17**	**18,5**	**72,5**	**39**	**6**	**40,5**

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	23,5	11,5	52,5	32,5	40,4	63	11	58	61,5	22,5	29	28	6,5	67,5	68,5	81	71,5	79	78	66	35	78	80	78,5	27,5	60	90	45,5	68
Coraux sléractinaires	1	1	47,5	29,5	6,5	29,5	11,5	42	15,5	5,5	33,5	33,5	1,5	32,5	30	11	26,5	10	3,5	33	2,5	22	17	18,5	72,5	39	6	40,5	19,5
Abiotique	75,5	87,5	0	38	53,1	7,5	77,5	0	23	72	37,5	38,5	92	0	1,5	8	2	11	18,5	1	62,5	0	3	3	0	1	4	14	12,5

A n n e x e n ° 0 4

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de novembre 2018

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					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	DD		2	2	4	3	3	5	4		-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/			2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD											
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD		2	2								
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/				2	2		5	4			
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*	DD			2								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/			-2								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2			2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2	2	4(2spp)	2	4(2spp)	3	-2	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD						2			2	-1	
Ascidies	Ascidies	Ascidiidae	*Phallusia*	*julinea*	DD			1								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD									2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp.(blanche)	/									2	2	
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*	DD				1							
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD									2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		4	3	-2	2	2	-2			2	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD										1	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		2	2	2	2	2				2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		4	3	2	3	2	2	2	2	3	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp.(blanche)	/		2	1	1	-2	2	-1	-2		-1	
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/				2	2				2	4	3
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.	/								2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	/				2			-2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		5	4	5	5	2	5	2	2	2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	DD				2	4		2	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*flexibilis*	DD		2	3								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*leptoclados*	DD				2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.	/		4	2	3	2	2	2	2		-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.	/									2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.	/		3	2	2		2	2	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.	/		2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	*Chironephthya*	sp.	/			1	1	1		-1	1		-1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/										2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		2	2		2		-2	2		-1	1
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	/		2	2	2	2	2	2		2	2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		3	2	2	2	2	-2		2	2	2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*	DD		1		-2				1	2	4	3
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD				1	2	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				-1	1		1	1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD		-1	-2			-1	-1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD					-1	1		-1	-1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		1	1								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		-1	-1	-1	-2	-1	-2	1	1	-1	1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD								1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		3	2	2	2				3	4	5
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD			-1								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	1	2	-2	2	-3	2	-1	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2							-1	1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2	1		1			2	2
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*	DD							1				
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1								1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	1		1	2	-2	2		-2	-2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	2	1	2	2			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1	-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		3	2	3	3	-2	2	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD			2					2	2	3	2

Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*cantharella*	DD				2	2	2		2		2	2
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*	DD						-1				3	
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		3	3	2	2	2	2	3	1	3	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	3	3	2
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD										1	
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD		2									
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(grise, digité)	/		2	2								
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(noire)	/		2	2	2	2	-2	-2		2	2	3
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*	DD			2	2	2	1			2	2	
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		3	2	-2	2	2	2	2	-2	2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		2		2	2	2		2	-2	2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		1		2				1		2	-2
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		3	4	4	4	3	2	3	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		2	2	2	3	2		2	2	2	
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD						2					
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/				2						2	
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.	/			1								
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/		2	2		2					2	-2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		3	2	2	2	2	2		-2	-3	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1				1						
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	sp.	/											-1
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*leopardus*	DD			1								
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*miles*	DD					-1						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*virgo*	DD										-1	
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD		2	2	2	2						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*lambis*	DD				-1						-1	
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*scorpius*	DD					-1						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*luhuanus*	DD			2								
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	DD		1	1						1	1	
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*	DD										-1	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD										-1	
Mollusques	Nudibranches	Pteraeolidae	*Pteraeolidia*	*ianthina*	DD										-1	
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	3	3	3	3	2		3	4	3

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	Espèce	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/									2	2	2	2	-2	3	3	2	2			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	DD		-2	-2								-2	-2							2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/							2			2					2					
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		-2						-2			-2		2						1	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD					3	5	4	3	5	5	4	4	2	3	4	3	5	4		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/					2	2	2						2	3	2		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*	DD							1							1	1					
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*	DD													2	2						
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/		-2			2	-2		2	2		2	-2	2	2	2	2	2	-2	-2	
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.	/																	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/													-2	2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/														2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD					3	3	2										2			
Algues rouges	Rhodophycées	Rhodomelaceae	*Neurymenia*	*fraxinifolia*	DD														-2	-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD							1							2						
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/														2	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD		-2												2	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3(2spp)	3(2spp)	-2	-2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD													-2	3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2											3	2	2	2		2	
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2	2			2			-2		2	-2	-2	3(2spp)	2(2spp)	-2	2		2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													2	2	-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*	DD														-1						
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		-2			-1			-1					1	2	1	2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD		2	2										-2	2	2		2		1	1
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*	DD														2	2					
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD		2	2		2	2		-2	-2		-2	-2	2	3	3	3	3	3		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp.(blanche)	/					2	2			2	2	2	2	2	3	2					

Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp.(verte)	/													3	2	2					
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp.(viole/tblanc)	/													2	2	2					
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*	DD													-1	-1						
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD					-2	1		-2	2		2	-2	-2	2	1	-2	2	1		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		-2	1	1	2	-2		3	2	2	2	2	3	4	3	2	3	2	-2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD						-1	2		2	2	-1	-1		1	1		1	2		1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3		2	1		2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		2	2	2	-3	2	2	4	2	2	3	2	3	4	3	3	4	3	3	3
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp.(blanche)	/			-1				1	-2	-2	2	-1	-2	-1	1	1	-1	1	1		
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/		2	3	2		2					2	2	2	3	3		2	2		
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	*rhodostoma*	DD											2					-2	2		2	
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.	/			2			2								2	1					
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*aurora*	DD		1									-1									
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*crispa*	DD												1								
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*magnificus*	DD														1						
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	sp.	/														1						
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*	DD						-1								-1						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	/									2		2	2	-2	2		2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.	/													2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	/		-2						2			2	2	4	2	2		2			1
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.	/			-2											2	2					
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		-3	-3	-2	-2	2	3		1	1	2	-2	2	3	3		3	2	3	5
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	DD																			2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.	/		-2	-2	-1	2	2		2			2	2	3	2			2	2	2	-2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.	/						-2	-1		-2				2	4	5	-2	2	1		1
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.	/						2					-2	2	3	4	4	4	4		-2	-2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.	/											2		2	3	2	2	2		-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	*Chironephthya*	sp.	/			-2	1			1		1					1	-2		1	-1		
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/						2	2				2	2	2	3	3	2	3	2		2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		-2	-2	2			2					2		-2	2				-2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	/		1	2		2	2	2	2	-2	-2	2		3	3	2	2	2	2	2	-2
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		-2	2			2	2	2	2	2	2	3		-2		2	2		2	2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*	DD		-1	1																1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD		-1	-1	1	-1	1	-1			1	-1	1		1			-1	1		-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD		-1	-1		1						-2	1	1	1	1	-1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD						1	1		1		-1			-1	1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		-1	-1		-1	-1		-1	-1	1	1		-1	1	1	1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																		1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*laevigata*	DD													-1							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD					-1	1	1	2	1	2	2	1	-2	1	2	1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		-1	-1		-1		1		-1	-1						-1	-1	1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*	DD							1							1	-1					
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	-2	2	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD													1	2	2					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2	-1		-2	-1		2		2			2	2		1	1	2	3
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD							-2						1	2	2					
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		1	1								-2		1	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2		2	2	1	2			2	1	2	2	2		2	1	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD														-2						
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*	DD				1																
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1	-1				-1											1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*miliaris*	VU	1													-1						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1	-1			1	-1	1	2	1	-1	1		-1	-1		-1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1										1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1								2	2										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1	1			1	1		2	1	1	1		1			-2	1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1										-1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	-1								1	2	-2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1				1						-1			-1						
Echinodermes	Holothurides	Phyllophoridae	*Neothyonidium*	*magnum*	DD	1											-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*	DD	1	-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1		-1	1								-1			-1		-1			-1
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1											-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							-2					-2	2		2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2				2	2	-2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD		2	2	2		2	2		-2	1	-2	-2		2	2		2	1	2	2
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*cantharella*	DD			1	1							1	-2		1	1		1	1	1	-2
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Ptilocaulis*	*fusiformis*	DD							1													

Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*	DD			-1						-1		-1			-2			1			
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	4	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD					-1															
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD		2			-2						1		-2	2		2	2		2	
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(noire)	/		2	3	2		2	3		2	2	2	2	2	3	2		2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(orange)	/											-2	-2		2	2					
Eponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*	DD					1	1										2	-2			
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*	DD		2	2	2							-2	1					-2	1		1
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		2	-3			2	1	-1	2	1	2	2	2	2	2		2	2	-2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		2	2	2							2	2					2		2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		2	2	2		1	1		1				2	2			2	2	2	1
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		2	2								3	2		2	2				2	3
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		3	3	-2	2	2	2	-2	2	2	2	3	2	2			2	2	3	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD																	2	2		
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/									2	2										
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	sp.	/									-2											
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.	/			-1	-1		-1			-1			-1		-1	-1					
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*	DD																				2
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	*peguin*	DD						-2														
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/		1	-2	2										2	2		2		2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		3	2	-2	2	2		2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	2	-2				2	2		2	2	1	2	2		2	1	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1	2											1	1						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*derasa*	VU	1												1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	3	-2		2	1		2	1		1		2	2		2	2		2	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1						1						1					1	
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	*nodulosum*	DD																	-1			
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*miles*	DD					-1								-1						-1	
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*virgo*	DD									1				-1							
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD		2	2			2		2	2		2	2	-2	2		-2	2	-2	2	2
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	sp.	/			-1																	
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*talpa*	DD									1											
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*	DD					2			-2	-2		-1				2	-2			-2	
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*chiragra*	DD		-1												-1					-1	
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*lambis*	DD		-1									-1						-1			
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*scorpius*	DD									-1											
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*truncata*	DD										1	1									
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*sinuatus*	DD											-1									
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	DD		2	1		2	1		-1					-2	1		-2	1	1		
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*	DD			-1								-1									-1
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*varians*	DD										1										
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*elisabethina*	DD						-1														
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	sp.	/						-1														
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*willani*	DD							1													
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Risbecia*	*tryoni*	DD											-1									
Mollusques	Nudibranches	Doididae	*Halgerda*	sp.	/									-1											
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD									-1											
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Reticulia*	*halgerda*	DD									-1											
Mollusques	Nudibranches	Pteraeolidae	*Pteraeolidia*	*ianthina*	DD																-1	-1			
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	4	2	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3

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	1	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	2	1
Algues rouges	Rhodophycées	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	3	4	2	2	1	2	1	4	7	6	2	5	2	0	0
Algues vertes	Chlorophycées	2	2	2	1	4	1	0	2	1	0	3	3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3	13	11	2	4	1	3	1
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	5	6	7	5	3	4	6	2	2	2	0	0	1	1	3	2	2	3	1	5	4	7	10	6	3	8	3	3	3
Cnidaires	Actiniaires	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	1	0	1	0
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Echinodermes	Astéries	2	1	1	2	2	2	4	2	1	2	0	1	1	1	3	4	1	2	3	2	3	1	5	4	2	3	3	1	0
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

Echinodermes	Echinides	3	2	2	1	1	2	1	0	3	2	3	3	1	1	1	1	1	1	0	2	1	4	5	4	0	2	2	2	2
Echinodermes	Holothurides	3	1	1	2	2	1	2	1	0	0	2	1	1	1	2	1	1	3	4	3	2	0	1	0	0	1	1	0	0
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Echinodermes	Synaptes	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	7	5	6	5	3	5	5	9	6	7	6	6	3	6	6	2	4	5	6	5	4	8	7	4	8	7	6	6
Mollusques	Mollusques	9	10	9	8	6	3	5	4	8	2	12	8	3	5	6	3	5	9	5	8	6	7	11	5	2	10	6	10	8
Ascidies	Ascidies	4	5	4	3	4	1	1	4	6	4	2	4	3	4	5	4	3	6	6	5	4	7	11	11	3	7	7	1	4
	Total	**42**	**44**	**39**	**37**	**32**	**22**	**30**	**25**	**36**	**23**	**34**	**32**	**20**	**22**	**35**	**32**	**21**	**34**	**29**	**41**	**33**	**42**	**79**	**62**	**24**	**56**	**35**	**34**	**31**
	Sous-total Invertébrés	**37**	**37**	**33**	**32**	**25**	**19**	**28**	**22**	**34**	**22**	**31**	**28**	**20**	**18**	**30**	**25**	**18**	**30**	**25**	**36**	**30**	**34**	**58**	**43**	**18**	**45**	**32**	**28**	**28**
	Sous-total Algues	**4**	**6**	**5**	**4**	**6**	**3**	**2**	**2**	**1**	**0**	**3**	**3**	**0**	**4**	**4**	**6**	**2**	**3**	**3**	**4**	**2**	**8**	**21**	**19**	**5**	**10**	**3**	**5**	**2**
	Sous-total Cnidaires	**7**	**8**	**8**	**7**	**4**	**5**	**8**	**3**	**4**	**4**	**2**	**2**	**2**	**2**	**6**	**5**	**3**	**3**	**1**	**8**	**7**	**9**	**15**	**10**	**5**	**11**	**5**	**5**	**5**
	Sous-total Echinodermes	**11**	**7**	**7**	**8**	**6**	**7**	**9**	**6**	**7**	**6**	**8**	**8**	**6**	**4**	**7**	**7**	**5**	**8**	**8**	**9**	**8**	**7**	**13**	**10**	**4**	**9**	**7**	**6**	**5**

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	2	0	0	1	2	1	3	0	1
Algues rouges	Rhodophycées	2	1	1	0	0	5	2	2	7	0	5
Algues vertes	Chlorophycées	2	2	4	2	3	2	0	1	13	0	4
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Cnidaires	Alcyonaires	6	7	6	3	1	4	5	6	10	0	8
Cnidaires	Actiniaires	0	0	1	0	2	1	0	2	3	0	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	1
Echinodermes	Astéries	2	2	6	2	2	6	4	4	6	0	6
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Echinodermes	Echinides	3	2	3	3	4	1	2	2	5	0	2
Echinodermes	Holothurides	3	2	2	1	3	3	4	4	1	0	2
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	0	1	1	1	0	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	8	6	6	9	8	7	5	7	8	0	10
Mollusques	Mollusques	12	11	7	8	12	8	12	8	13	0	10
Ascidies	Ascidies	5	5	4	7	4	8	7	5	11	0	7
	Total	**51**	**46**	**47**	**42**	**45**	**51**	**47**	**48**	**85**	**0**	**62**
	Sous-total Invertébrés	**44**	**40**	**39**	**39**	**41**	**42**	**42**	**43**	**62**	**0**	**51**
	Sous-total Algues	**6**	**5**	**7**	**2**	**3**	**8**	**4**	**4**	**23**	**0**	**10**
	Sous-total Cnidaires	**8**	**9**	**9**	**6**	**5**	**8**	**6**	**11**	**16**	**0**	**11**
	Sous-total Echinodermes	**11**	**9**	**13**	**9**	**12**	**11**	**12**	**12**	**14**	**0**	**13**

Annexe 04 : Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	3	0	4
Algues rouges	Rhodophycées	3	0	9
Algues vertes	Chlorophycées	4	2	13
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	9	3	11
Cnidaires	Actiniaires	1	0	6
Cnidaires	Hydrozoaires	0	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	2
Echinodermes	Astéries	7	2	9
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Echinodermes	Echinides	5	3	6
Echinodermes	Holothurides	4	1	8
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0
Eponges	Spongiaires	9	9	12
Mollusques	Mollusques	16	8	22
Ascidies	Ascidies	6	7	11
	Total	**73**	**42**	**118**
	Sous-total Invertébrés	**62**	**39**	**91**
	Sous-total Algues	**10**	**2**	**26**
	Sous-total Cnidaires	**12**	**6**	**20**
	Sous-total Echinodermes	**19**	**9**	**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	Espèce	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/				2	2	2					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	DD		**2**	2	4	3	3	5	4		-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/			2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD											
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD		2	2								
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/				2	2		**5**	**4**			
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*	DD			2								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/			-2								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2			2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2	**2**	**4(2spp)**	2	**4(2spp)**	3	-2	**2**	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD						2			2	-1	
Ascidies	Ascidies	Ascidiidae	*Phallusia*	*julinea*	DD			1								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD									2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp.(blanche)	/									2	2	
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*	DD				1							
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD									2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		4	3	-2	2	2	-2			2	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD										1	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		2	2	2	2	2				2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		4	**3**	**2**	3	2	**2**	2	2	3	2

Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp.(blanche)	/		2	1	1	-2	2	-1	-2		-1	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*	DD		1		-2				1	2	4	3
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD				1	2	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				-1	1		1	1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD		-1	-2			-1	-1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD					-1	1		-1	-1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		1	1								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		-1	-1	-1	-2	-1	-2	1	1	-1	1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD								1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		3	2	2	2				3	4	5
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD			-1								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	1	2	-2	2	-3	2	-1	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2							-1	1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2	1		1			2	2
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*	DD							1				
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1								1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	1		1	2	-2	2		-2	-2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	2	1	2	2			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1	-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		3	2	3	3	-2	2	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		3	3	2	2	2	2	3	1	3	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	3	3	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1										
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*derasa*	VU	1										
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1				1						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	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	Espèce	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/									2	2	2	2	-2	3	3	2	2			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	DD		-2	-2								-2	-2							2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/							2			2					2					
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		-2						-2			-2		2						1	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD					3	5	4	3	5	5	4	4	2	3	4	3	5	4		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/					2	2	2						2	3	2		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*	DD							1							1	1					
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*	DD													2	2						
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/		-2			2	-2		2	2		2	-2	2	2	2	2	2	-2	-2	
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.	/																	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/													-2	2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/														2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD					3	3	2										2			
Algues rouges	Rhodophycées	Rhodomelaceae	*Neurymenia*	*fraxinifolia*	DD														-2	-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD							1							2						
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/														2	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD		-2												2	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3(2spp)	3(2spp)	-2	-2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD													-2	3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2											3	2	2	2		2	
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2	2			2			-2		2	-2	-2	3(2spp)	2(2spp)	-2	2		2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													2	2	-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*	DD														-1						
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		-2			-1			-1					1	2	1	2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD		2	2										-2	2	2		2		1	1
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*	DD		-1	1																1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD		-1	-1	1	-1	1	-1			1	-1	1		1			-1	1		-1

Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD		-1	-1		1						-2	1	1	1	1	-1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD						1	1		1		-1			-1	1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		-1	-1		-1	-1		-1	-1	1	1		-1	1	1	1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																		1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*laevigata*	DD													-1							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD					-1	1	1	2	1	2	2	1	-2	1	2	1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		-1	-1		-1		1		-1	-1						-1	-1	1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*	DD							1							1	-1					
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	-2	2	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD													1	2	2					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2	-1		-2	-1		2		2			2	2		1	1	2	3
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD							-2						1	2	2					
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		1	1								-2		1	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2		2	2	1	2			2	1	2	2	2		2	1	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD														-2						
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*	DD				1																
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1	-1				-1											1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*miliaris*	VU	1													-1						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1	-1			1	-1	1	2	1	-1	1		-1	-1		-1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1										1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1								2	2										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1	1			1	1		2	1	1	1		1			-2	1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1										-1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	-1								1	2	-2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1				1						-1			-1						
Echinodermes	Holothurides	Phyllophoridae	*Neothyonidium*	*magnum*	DD	1											-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*	DD	1	-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1		-1	1								-1			-1		-1			-1
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1											-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							-2					-2	2		2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2				2	2	-2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	4	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1	2											1	1						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*derasa*	VU	1												1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	3	-2		2	1		2	1		1		2	2		2	2		2	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1						1						1					1	
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	DD	1																			

Annexe n°05

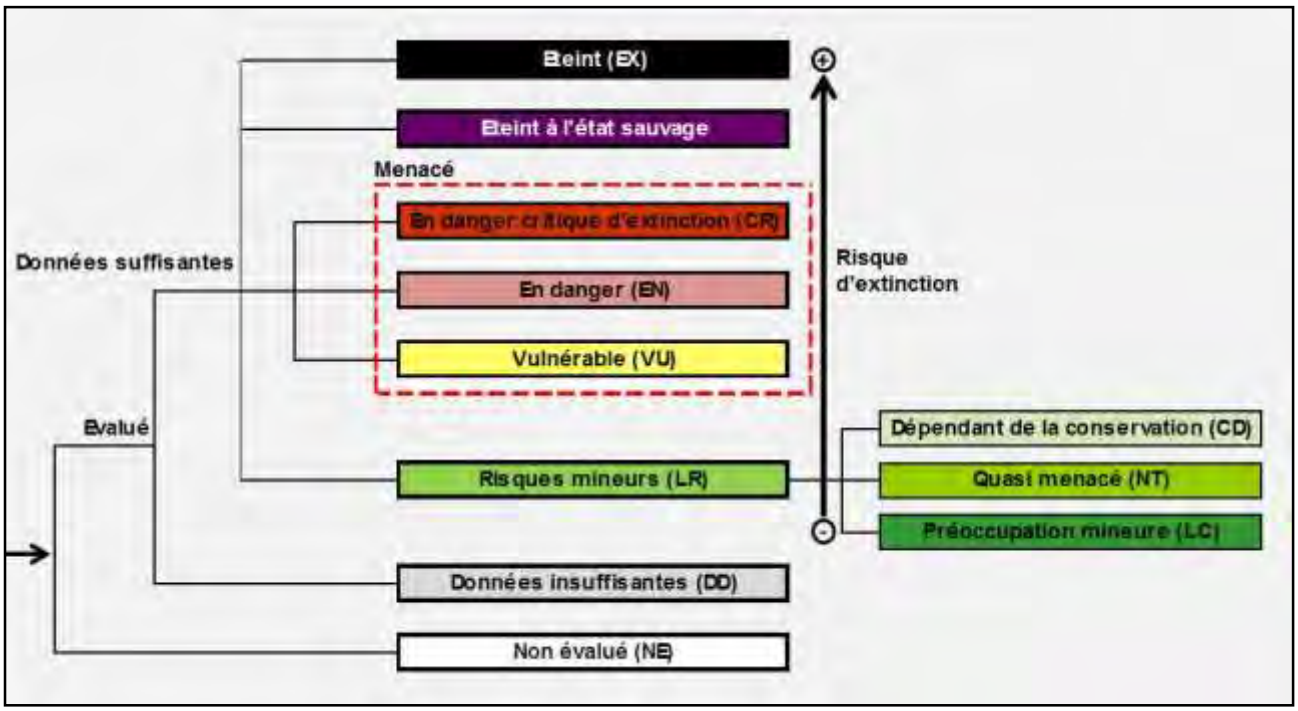
Nomenclature UICN

La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon le risque d'extinction à l'échelle mondiale.

Fondée sur une solide base scientifique, la Liste rouge de l'UICN est reconnue comme l'outil de référence de l'état de la diversité biologique spécifique à l'échelle mondiale. Sur la base d'une information précise sur les espèces menacées, son but essentiel est d'identifier les priorités d'action, de mobiliser l'attention du public et des responsables politiques sur l'urgence et l'étendue des problèmes de conservation, et d'inciter tous les acteurs à agir en vue de limiter le taux d'extinction des espèces.

Cependant en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme données insuffisantes (data deficient).

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 *Éteint* lorsqu'il ne fait aucun doute que le dernier individu est mort. Un taxon est présumé *Éteint* lorsque des études exhaustives menées dans son habitat connu et/ou présumé, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.

Éteint à l'état sauvage (Extinct in the wild)	EW	Un taxon est dit *Éteint à l'état sauvage* lorsqu'il ne survit qu'en culture, en captivité ou dans le cadre d'une population (ou de populations) naturalisée(s), nettement en dehors de son ancienne aire de répartition. Un taxon est présumé *Éteint à l'état sauvage* lorsque des études détaillées menées dans ses habitats connus et/ou probables, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.
En danger critique d'extinction (Critically endangered)	CR	Un taxon est dit *En danger critique d'extinction* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *En danger critique d'extinction* et, en conséquence, qu'il est confronté à un risque extrêmement élevé d'extinction à l'état sauvage.
En danger (Endanged)	EN	Un taxon est dit *En danger* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *En danger* et, en conséquence, qu'il est confronté à un risque très élevé d'extinction à l'état sauvage.
Vulnérable (Vulnerable)	VU	Un taxon est dit *Vulnérable* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *Vulnérable*, en conséquence, qu'il est confronté à un risque élevé d'extinction à l'état sauvage.
Risques mineurs (Lower Risk)	LR	Un taxon est dit *Risques mineurs* lorsqu'il a été évalué et ne satisfait pas aux critères de l'une des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger* et *Vulnérable.* Les taxons inscrits dans cette catégorie peuvent être séparés en trois sous-catégories.
→ Dépendant de la conservation (Conservation Dependant)	CD	Un taxon est dit *Dépendant de la conservation* lorsqu'il fait l'objet d'un programme de conservation spécifique du taxon ou spécifique de l'habitat typique du taxon, et dont la cessation entraînerait la qualification du taxon dans l'une des catégories ci-dessus dans un délai de cinq ans.
→ Quasi menace (Near Threatened)	NT	Un taxon est dit *Quasi menacé* lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas, pour l'instant, les critères des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger* ou *Vulnérable* mais qu'il est près de remplir les critères correspondant aux catégories du groupe *Menacé* ou qu'il les remplira probablement dans un proche avenir.
→ Préoccupation mineure (Least Concern)	LC	Un taxon est dit de *Préoccupation mineure* lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas les critères des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger*, *Vulnérable* ou *Quasi menacé*. Dans cette catégorie sont inclus les taxons largement répandus et abondants.
Données insuffisantes (Data Deficient)	DD	Un taxon entre dans la catégorie *Données insuffisantes* lorsqu'on ne dispose pas d'assez de données pour évaluer directement ou indirectement le risque d'extinction en fonction de sa distribution et/ou de l'état de sa population. Un taxon inscrit dans cette catégorie peut avoir fait l'objet d'études approfondies et sa biologie peut être bien connue, sans que l'on dispose pour autant de données pertinentes sur l'abondance et/ou la distribution. Il ne s'agit donc pas d'une catégorie *Menacé*. L'inscription d'un taxon dans cette catégorie indique qu'il est nécessaire de rassembler davantage de données et n'exclut pas la possibilité de démontrer, grâce à de futures recherches, que le taxon aurait pu être classé dans une catégorie *Menacé*. Il est impératif d'utiliser pleinement toutes les données disponibles. Dans de nombreux cas, le choix entre *Données insuffisantes* et une catégorie *Menacé* doit faire l'objet d'un examen très attentif. Si l'on soupçonne que l'aire de répartition d'un taxon est relativement circonscrite, s'il s'est écoulé un laps de temps considérable depuis la dernière observation du taxon, le choix d'une catégorie *Menacé* peut parfaitement se justifier.
Non évalué (Not Evaluated)	NE	Un taxon est dit *Non évalué* lorsqu'il n'a pas encore été confronté aux critères.

Aqua Terra

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation