



# Suivi environnemental Rapport annuel 2010

## MILIEU MARIN



Vale Nouvelle-Calédonie  
Février 2010

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. ACQUISITION DES DONNEES .....</b>	<b>2</b>
1.1 Localisation.....	2
1.1.1 Positionnement des stations de suivi du milieu marin.....	2
1.1.2 Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau .....	3
1.1.3 Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées .....	4
1.1.4 Stations de suivi de la bioaccumulation éventuelle des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines ( <i>le caging</i> ).....	5
1.1.5 Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures.....	6
1.1.6 Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire.....	6
1.2 Méthode.....	7
1.2.1 Surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques et structure de la colonne d'eau .....	7
1.2.2 Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées, méthodologie .....	13
1.2.3 Bio-accumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines.....	15
1.2.4 Qualité des sédiments Métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures.....	16
1.2.5 Taux d'accumulation des sédiments .....	17
1.3 Bilan des données disponibles.....	18
<b>2. RESULTATS .....</b>	<b>19</b>
1.4 Valeurs réglementaires.....	19
1.5 Valeurs obtenues.....	21
1.5.1 Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer - Second semestre 2010 .....	21
1.5.2 Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées - Second semestre 2010.....	31
1.5.3 Bio-accumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines.....	51
1.5.4 Taux de sédimentation .....	58
1.5.5 La station du port et son suivi trimestriel (synthèse annuelle) .....	60
1.5.6 Les transplants coralliens : mission de synthèse 5 ans après la transplantation corallienne .....	64
1.6 Interprétation et discussion.....	68
<b>3. BILAN DES NON-CONFORMITES .....</b>	<b>68</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	Localisation géographique des stations de prélèvements d'eau selon le référentiel WGS-84.....	3
Tableau 2 :	Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes (Peuplements récifaux et poissons associés) - Référentiel RGNC 91.....	4
Tableau 3 :	Localisation géographique des lieux de position des cages selon le référentiel WGS-84.....	5
Tableau 4 :	Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments selon le référentiel WGS-84.....	6
Tableau 5 :	Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins.....	13
Tableau 6 :	Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins.....	14
Tableau 7 :	Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages.....	16
Tableau 8 :	Méthodologie pour le suivi des sédiments.....	17
Tableau 9 :	Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation.....	17
Tableau 10 :	Caractérisation du milieu marin - Ecosystèmes.....	20
Tableau 11 :	La station ST06 du Banc Ionotea : schéma structural et positionnement.....	34
Tableau 12 :	Comparaison entre les stations pour les poissons.....	46
Tableau 13 :	Campagne 2010 de prélèvement des sédiments.....	58
Tableau 14 :	Précipitations au cours des mois de prélèvements d'échantillons d'eau de mer - Station du port.....	61
Tableau 15 :	Résultats de transplantations effectuées de par le monde.....	65
Tableau 16 :	Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois.....	66
Tableau 17 :	Tableau de synthèse des résultats.....	67

## Liste des figures

Figure 1 :	Stations et points de surveillance du milieu marin.....	2
Figure 2 :	Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau.....	3
Figure 3 :	Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes.....	4
Figure 4 :	Localisation géographique des cages.....	5
Figure 5 :	Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte ST133 de l'Île Ouen.....	6
Figure 6 :	Localisation des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments.....	7
Figure 7 :	Structure de la colonne d'eau sur la station ST13, le 16-03-10 Turbidité et fluorescence de la surface jusqu' au fond.....	8
Figure 8 :	Structure de la colonne d'eau sur la station ST15, le 16-03-10 Salinité et température, de la surface jusqu' au fond.....	9
Figure 9 :	Concentration en Nickel dissous dans la colonne d'eau - Echantillonnage en surface, à mi-profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony.....	12
Figure 10 :	Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations.....	21
Figure 11 :	Conditions météorologiques et état des marées lors de la campagne du second semestre 2010.....	22
Figure 12 :	Evolution au cours des années 2007 à 2010 des taux de manganèse et de nickel, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime.....	24
Figure 13 :	Evolution au cours des années 2007 à 2010 des taux de manganèse et de nickel, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime.....	24
Figure 14 :	Evolution au cours des années 2007-2010 du chrome VI, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime.....	25
Figure 15 :	Station sous influence terrigène ST15 Creek de la Baie Nord, année 2010.....	25

Figure 16 :	Station du canal de la Havannah ST09 proche du diffuseur, année 2010 - L'homogénéité de la colonne d'eau montre que l'influence terrigène ne l'a pas atteinte, même après de fortes pluies .....	27
Figure 17 :	Concentration des métaux dissous dans la colonne d'eau - Nickel, mars 2010.....	28
Figure 18 :	Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau - Nickel, août 2010.....	28
Figure 19 :	Structure de la colonne d'eau de la Station ST06 Baie Kwé, en saison humide après de fortes pluies, mars 2010.....	29
Figure 20 :	Structure de la colonne d'eau de la Station ST06 Baie Kwé, en saison sèche, août 2010 .....	29
Figure 21 :	Matières en suspension (MES), campagne d'août 2010 .....	30
Figure 22 :	Station ST03 en baie de Prony .....	31
Figure 23 :	Densité et biomasse sur listes restreintes - Exemple de suivi sur la station loro .....	32
Figure 24 :	Biodiversité sur liste exhaustive. Exemple de suivi sur la station loro.....	33
Figure 25 :	Positionnement des stations écosystémiques autour du diffuseur .....	33
Figure 26 :	La station ST06 du Banc Ionotea : schéma structural et positionnement.....	34
Figure 27 :	La station ST08 de la pointe Puka : schéma structural et positionnement.....	36
Figure 28 :	ST10 Transect A Substrat. LIT, août 2010.....	38
Figure 29 :	Densité de l'ichtyofaune par station (en nombre d'individus par m <sup>2</sup> ).....	38
Figure 30 :	Biomasse de l'ichtyofaune par station (en grammes par m <sup>2</sup> ) .....	39
Figure 31 :	Représentation cartographique - Légende.....	40
Figure 32 :	Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03.....	41
Figure 33 :	Pour le canal Woodin ST04 et la station Ugo ST12.....	42
Figure 34 :	Canal de la Havannah : station ST10 îlot Kié en réserve Merlet ; station ST09 sur le banc de Kié et station Chambeyron ST07 .....	43
Figure 35 :	Stations du canal de la Havannah : ST05 loro ; ST06 Ionotea ; et ST08 Puka.(stations les plus proches du diffuseur) .....	44
Figure 36 :	Dernière station inventoriée selon les prescriptions réglementaires : ST11 Toémo .....	45
Figure 37 :	Comparaison entre les stations pour le substrat sur LIT .....	45
Figure 38 :	Comparaison entre les stations pour le Benthos (histogrammes dans les icones cartographiques) .....	46
Figure 39 :	Résultats généraux pour le suivi biologique du milieu marin, campagne de septembre 2010 .....	47
Figure 40 :	Comparaison de la richesse taxonomique (coraux, spongiaires) par station et évolution depuis juin 2009.....	48
Figure 41 :	Abondance de cyanobactéries (suivi volontaire depuis 2008).....	49
Figure 42 :	Evolution des températures de l'eau du lagon depuis 1996 (données IRD).....	50
Figure 43 :	Pluviométrie, force et direction du vent, température de l'air durant les campagnes de transplantation d'espèces bio-indicatrices, en 2009 et en 2010 .....	51
Figure 44 :	Concentration en métaux Arsenic, Cobalt, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Nickel et Zinc dans les tissus des bivalves pour la campagne de transplants 2010.....	53
Figure 45 :	Evolution interannuelle des concentrations moyennes en métaux chez les bivalves transplantés (2009 et 2010).....	54
Figure 46 :	Concentration en métaux Arsenic, Cobalt, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Nickel et Zinc, dans les tissus des algues pour la campagne de transplants 2010.....	55
Figure 47 :	Evolution interannuelle de la concentration moyenne en métaux chez les algues transplantées (2009 et 2010).....	56
Figure 48 :	ST16 Port de Prony, 2010 - Structure de la colonne d'eau, suivi trimestriel 2010 ....	61
Figure 49 :	ST16 Port de Prony, 2010 - Suivi trimestriel 2010, concentrations en métaux .....	63
Figure 50 :	Zones de collecte et zones de transplantation de 1762 colonies coralliennes.....	64
Figure 51 :	Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi – Site 1 (Montravel abrité).....	66
Figure 52 :	Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi - Site 2 (Montravel exposé).....	66
Figure 53 :	Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi - site 3 (Casy).....	66
Figure 54 :	Aspect des fonds 1 mois après la transplantation et 54 mois après (Site de Montravel abrité) .....	67

## Annexes

- Annexe 1 Liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique
- Annexe 2 Suivi environnemental de la colonne d'eau, 2010-2012 – Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous (2ème semestre 2010)
- Annexe 3 Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah – Mission septembre 2010
- Annexe 4 Suivi de la qualité éco-toxicologique (métaux) des eaux de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie par transplantation d'espèces bio-indicatrices (bio-accumulation), année 2010
- Annexe 5 Suivi des taux d'accumulation des sédiments dans la rade nord, la baie de Kwé et à l'est de l'Île Ouen, année 2010
- Annexe 6 Suivi environnemental de la colonne d'eau – Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous – Station du port de Prony ST16, mars, mai, août et novembre 2010
- Annexe 7 Programme de reconstitution du biotope corallien en baie de Prony – Rapport final

## INTRODUCTION

La surveillance du milieu marin s'effectue sur la base de quatre groupes d'indicateurs physico-chimiques et biologiques qui sont détaillés dans les chapitres suivants :

- Indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau de mer et de la structure de la colonne d'eau ;
- Bio-indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associés ;
- Bio-indicateurs de la bioaccumulation dans l'environnement par des algues et des bivalves placés en cages ;
- Indicateurs physico-chimiques des sédiments marins : géochimie et sédimentologie.

Cette surveillance s'effectue au niveau de stations marines selon les prescriptions réglementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter (du port et de l'usine) et de la Convention fixant les modalités de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité, entre la Province Sud et Vale Nouvelle-Calédonie.

- Arrêté ICPE : Installations portuaires du 13 juillet 2007.
- Arrêté ICPE : Usine et UPM du 9 octobre 2008.
- CCB : Convention Province Sud – Vale Nouvelle-Calédonie du 20 mars 2009 (Convention n° 27-2009/APS).

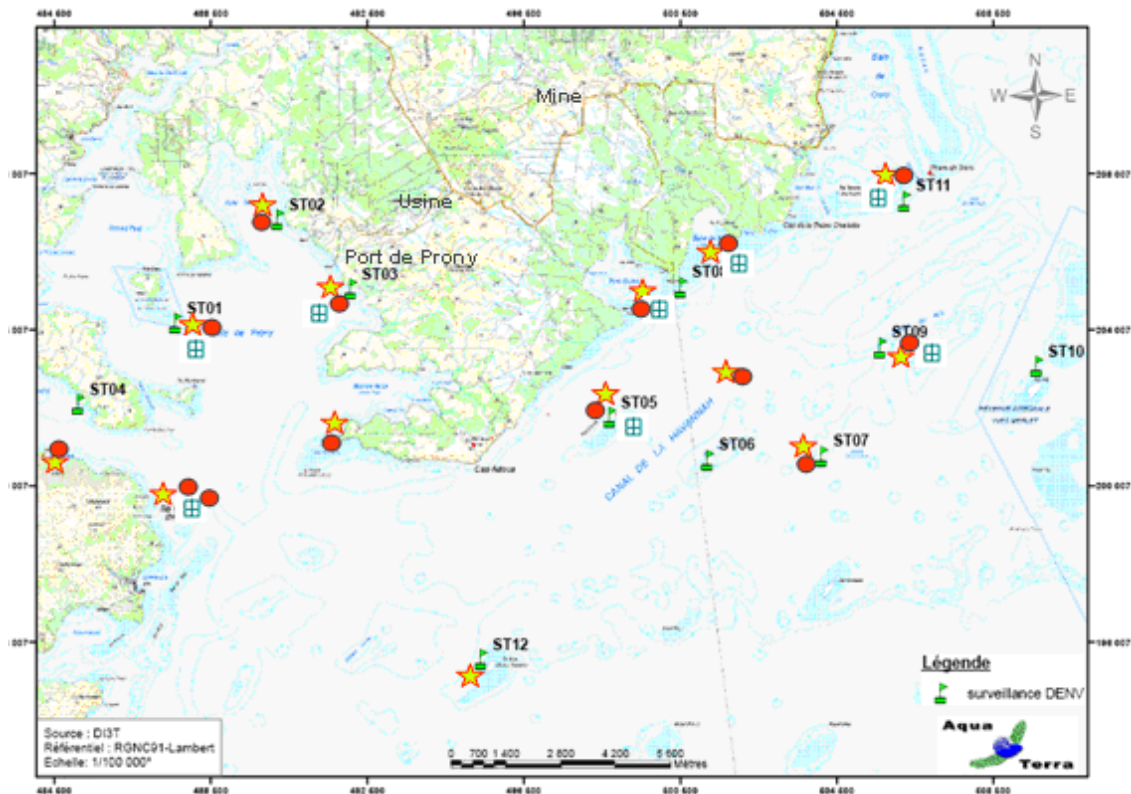
# 1. ACQUISITION DES DONNEES





## 1.1 Localisation

### 1.1.1 Positionnement des stations de suivi du milieu marin

La carte suivante synthétise l'ensemble des points de suivi en 2010. Les paragraphes suivants reprennent les positions exactes de chaque station en fonction des indicateurs suivis.

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin



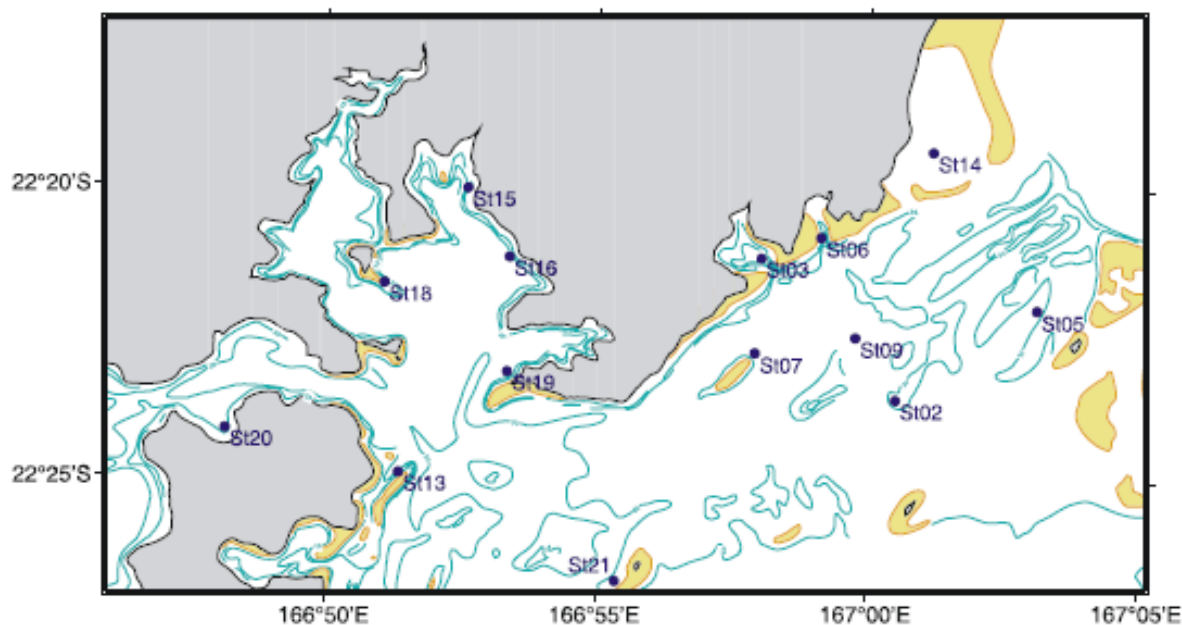
-  Les stations sous marines fixes de suivi de la santé des écosystèmes coralliens et des populations associées (poissons, benthos, algues etc....) 12 Stations installées sur le fond marin et suivies au minimum 2fois/an
-  Les points de suivi de la qualité de toute la colonne d'eau, de la surface jusqu' au fond: structure physique et composition chimique 14 points de relevés. 2fois /an minimum et 4fois /an au port
-  Les 8 stations de cages sous marines pour la croissance d'espèces bio indicatrices . Relevé des cages et analyses 1 fois /an
-  Suivi des sédiments marins

### 1.1.2 Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau

Tableau 1 : Localisation géographique des stations de prélèvements d'eau selon le référentiel WGS-84

STATION AU REFERENCIEL WGS-84				
Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St2	167° 00,506	22° 23,599	36
Baie Port Boisé	St3	166° 58,010	22° 21,190	13
Ilot Kié	St5	167° 03,100	22° 22,050	20
Récif de la Baie Kwé	St6	166° 59,112	22° 20,830	15
Récif Ioro	St7	166° 57,910	22° 22,820	31
Canal de la Havannah	St9	166° 59,754	22° 22,540	35
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	27
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	23
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	33
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	25
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	15
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	36
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	24
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	34

Figure 2 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau



14 points sont suivis sur toute la colonne d'eau. En août 2009 la station dite « récif Hugo ST 21 » a été ajoutée ; elle est suivie sur tous les paramètres physico-chimiques ainsi que sur son aspect éco-systémique selon les bio-indicateurs de : « l'état des peuplements récifaux et organismes associés ».

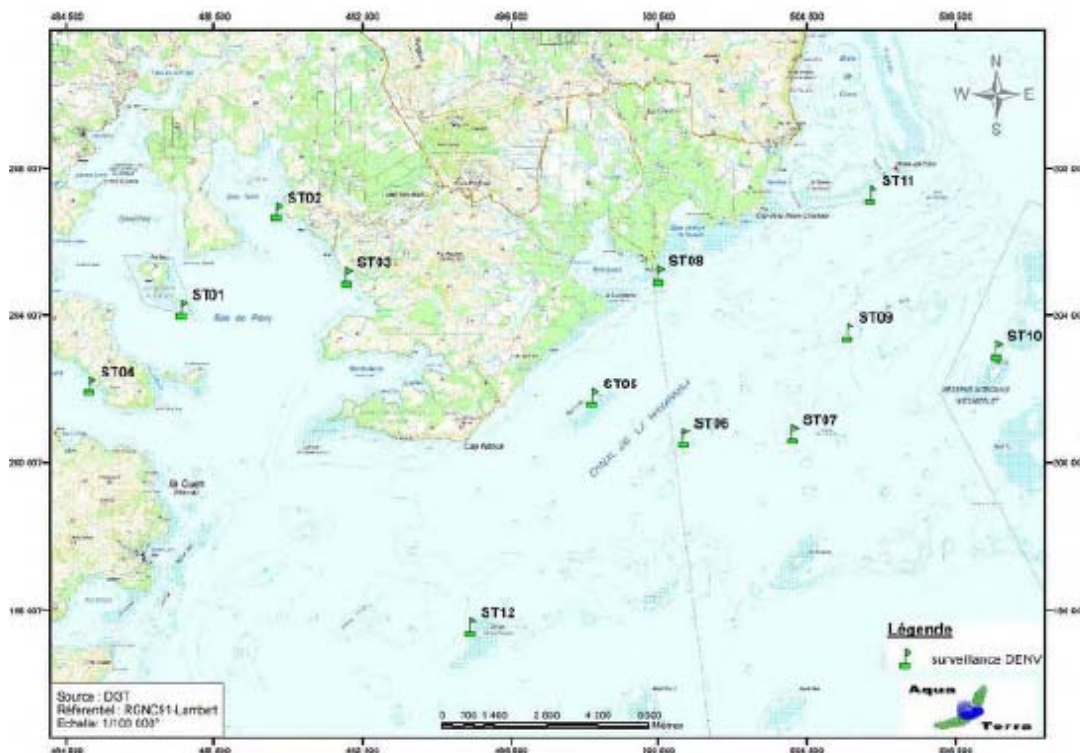


### 1.1.3 Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées

**Tableau 2 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes (Peuplements récifaux et poissons associés) - Référentiel RGNC 91**

STATIONS			Coordonnées (RGNC 91)	
			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

**Figure 3 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes**



Les stations sont au nombre de 12 :

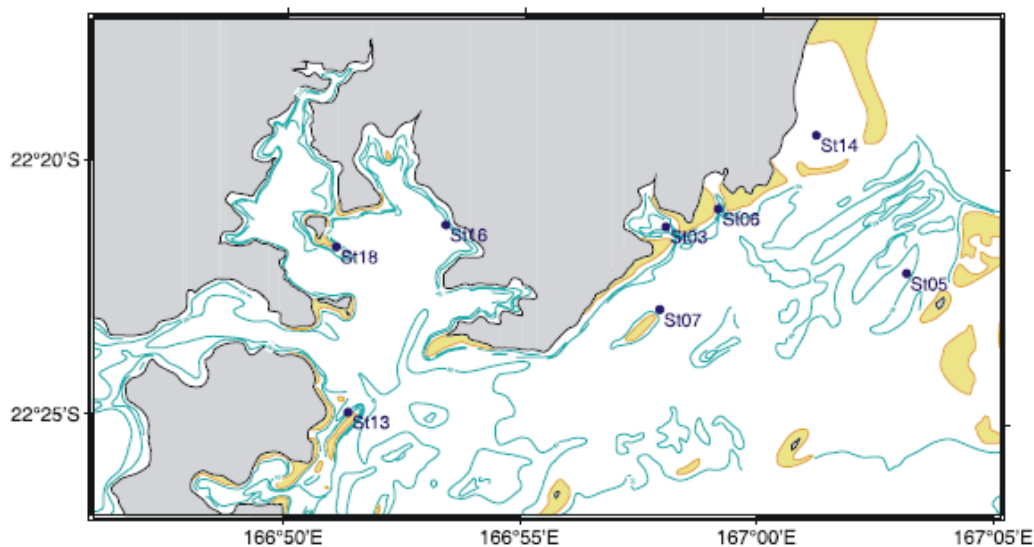
- 7 dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (demande d'autorisation spéciale à la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an) ;
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 à l'entrée du canal Woodin ;
- + 1 nouvelle station est inventoriée depuis juin 2009 : Hugo ST12 située à l'est de l'île Ouen.

#### 1.1.4 Stations de suivi de la bioaccumulation éventuelle des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (le cagging)

**Tableau 3** : Localisation géographique des lieux de position des cages selon le référentiel WGS-84

Station	Localisation	Position GPS cage		Prof. (m)	Prof. cage
St 03	Chenal de la Baie de Port Boisé	22°21,190	166°58,011	28,4	9,9
St 05	Îlot Kié (bord externe de réserve)	-	-	35,0	-
St 06	Chenal de la Baie Kwé	22°20,829	166°59,117	27,2	9,9
St 07	Récif Ioro (pointe nord)	22°22,811	166°57,908	38,5	16,5
		22°22,893	166°57,633		
St 13	Récif Ma (pointe nord)	22°24,914	166°51,356	32,4	15,5
	Ile Ouen				
St 14	Port naturel de Goro	22°19,351	167°01,153	35,2	16,0
St 16	Port commercial de l'usine Vale Inco NC	22°21,441	166°53,290	42,6	16,0
St 18	Îlot Casy (pointe du platier sud-est)	22°21,667	166°51,068	22,0	16,0
St 31	Îlot Nouaré (bord ouest)	22°25,46	167°00,45	35,0	11,5

**Figure 4** : Localisation géographique des cages



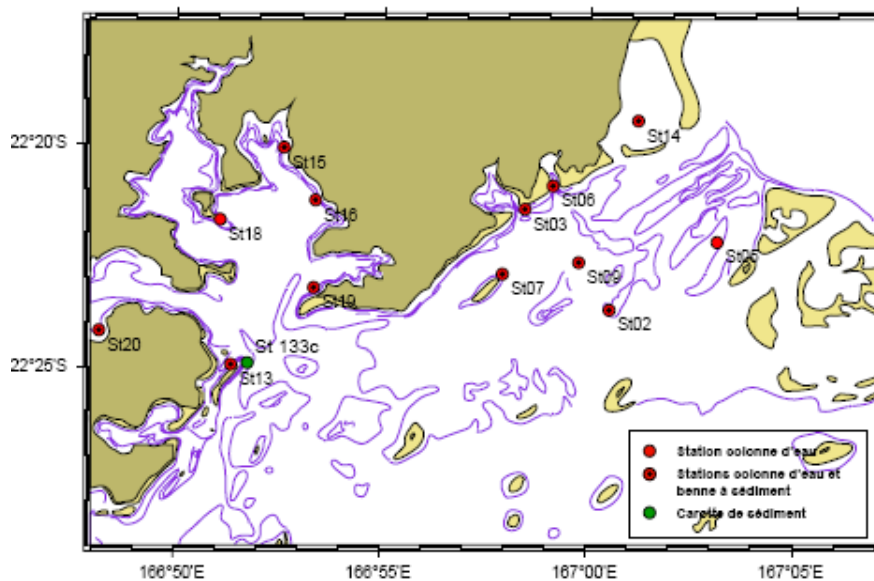
Il existe 8 stations de transplantation d'espèces bio-indicatrices en cages. Le choix exact de leur position a été effectué après conseil des experts, suite aux études prédictives du comportement de l'effluent (Convention de recherche IRD-Vale Nouvelle-Calédonie n° 1124 : « *Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie* » portant sur 3 années d'études de 2007 à 2009) et après approbation de la Province Sud.

### 1.1.5 Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures

**Tableau 4 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments selon le référentiel WGS-84**

Stations	N°	Stations collecte sédiments		
		Longitude E	Latitude S	Prof. (m)
Basse Chambeyron	2	167° 00' 506	22° 23' 599	36
Baie Port Boisé	3	166° 58' 010	22° 21' 190	23
Ilot Kié	5	167° 03' 100	22° 22' 050	-
Récif de la Baie Kwé	6	166° 59' 112	22° 20' 830	25
Récif Ioro	7	166° 57' 910	22° 22' 820	31
Canal de la Havannah	9	166° 59' 754	22° 22' 540	35
Pointe Nord du récif Ma	13	166° 51' 354	22° 24' 914	32
Port de Goro	14	167° 01' 160	22° 19' 350	33.6
Prony Creek Baie Nord	15	166° 52' 590	22° 20' 037	24
Prony Wharf	16	166° 53' 365	22° 21' 210	17
Prony Ilot Casy	18	166° 51' 061	22° 21' 668	-
Rade de l'est	19	166° 53,340	22°23,170	36
Baie Iré	20	166° 48,150	22°24,150	25

**Figure 5 : Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte ST133 de l'île Ouen**



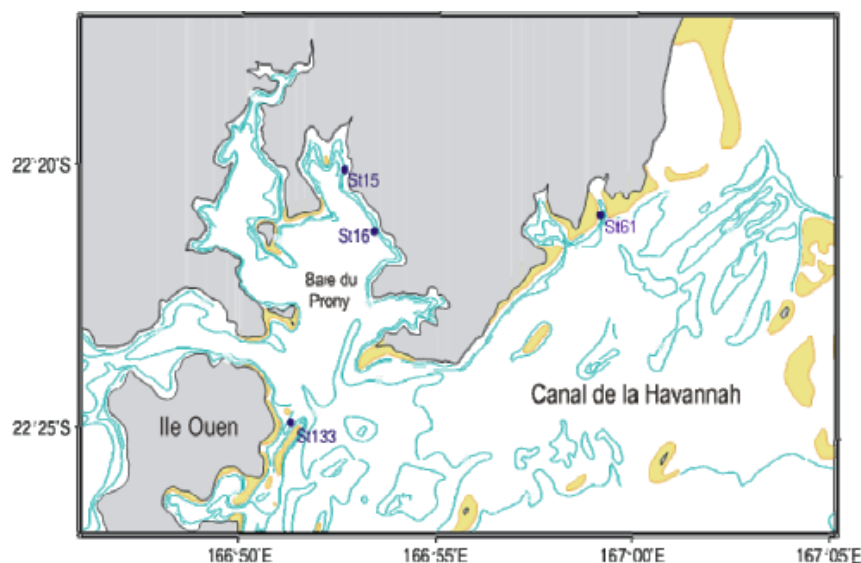
Positionnement du point de carottage effectué au large de l'île Ouen

Lieu	Référence Carotte	Date	Longitude Est	Latitude Sud	Longueur (m)	Profondeur d'eau (m)
Ile Ouen	St 133	14/05/2009	166° 52,398	22° 25,147	0,22	60

### 1.1.6 Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont installées en baie de Prony : le creek de la Baie Nord et le port ; une station se trouve en baie Kwé et une, la station ST33, à l'Est de l'île Ouen soit : 3 stations sont suivies de façon triennale et la station du port est suivie de façon annuelle.

**Figure 6 : Localisation des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments**



Localisation des sites de carottage du suivi triennal des taux d'accumulation (Stations St06-1, St15 et St13-3). Localisation de la carotte St16 pour le suivi annuel des impacts du port de commerce de Vale-NC.

**Remarque :**

Pour le milieu marin, la surveillance a été volontairement plus poussée que selon les simples prescriptions réglementaires. Les rapports des suivis et des études volontaristes sont soit inclus dans les rapports de suivi semestriels quand il s'agit d'ajout d'indicateurs (les cyanobactéries, le corail, les espèces exogènes la liste exhaustive des poissons inventoriées, le suivi des biodiversités, etc.), soit l'étude est fournie à l'Œil (Observatoire du Grand Sud) quand il s'agit d'un travail complet indépendant (ex. : le suivi annuel de la population de baleines).

## 1.2 Méthode

L'annexe 6 de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité présente le suivi des milieux vivants, les indicateurs sélectionnés, les positions des stations et la méthodologie de suivi. Vale Nouvelle-Calédonie se conforme à ces prescriptions.

### 1.2.1 Surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques et structure de la colonne d'eau

Les paramètres analysés et les limites de détection selon les méthodologies d'analyse sont rappelés de façon intégrale dans chaque rapport de suivi, ainsi qu'en annexe 6.4 de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité.

La caractérisation d'un état de référence de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau marine a été initié dès 2000 et il s'est poursuivi jusqu'en 2007 (Convention IRD-Goro-Nickel n°1312, 2007). Les méthodologies de prélèvement et d'analyse des échantillons d'eau de mer, développées par l'IRD de Nouméa, n'ont pas été modifiées au cours des différentes campagnes de suivi.

## LA STRUCTURE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DE LA COLONNE D'EAU

**Paramètres suivis** en sub-surface (à moins de 3 m de profondeur), à mi-profondeur et au fond (à moins de 3 m du fond) de la colonne d'eau sur chacune des 14 stations :

- la température,
- la salinité,

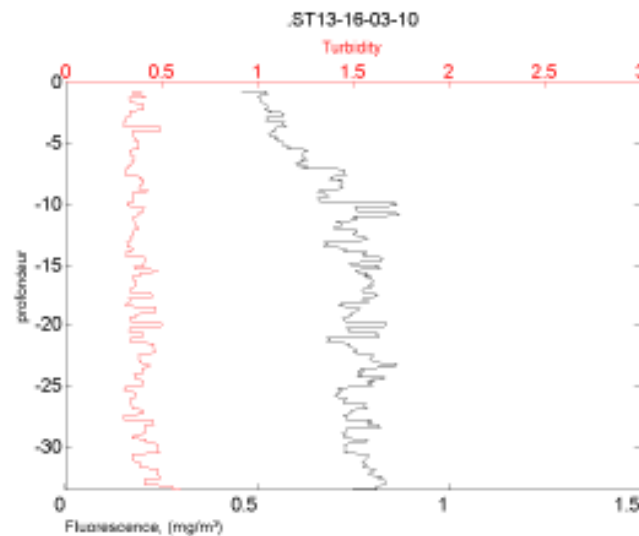
- **la fluorescence,**
- **la turbidité,**
- **l'irradiance.**

Ces paramètres sont des indicateurs classiques reconnus depuis de nombreuses années de façon internationale en temps qu'indicateurs de la structuration verticale de la colonne d'eau de mer.

*NOTA BENE : les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau et pour détecter la présence d'une thermocline. En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes ». Elle peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières (apports terrigènes caractéristiques des stations côtières de la baie de Prony, du canal de la Havannah et du canal Woodin), d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de fluorescence planctonique. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phyto-planctonique.*

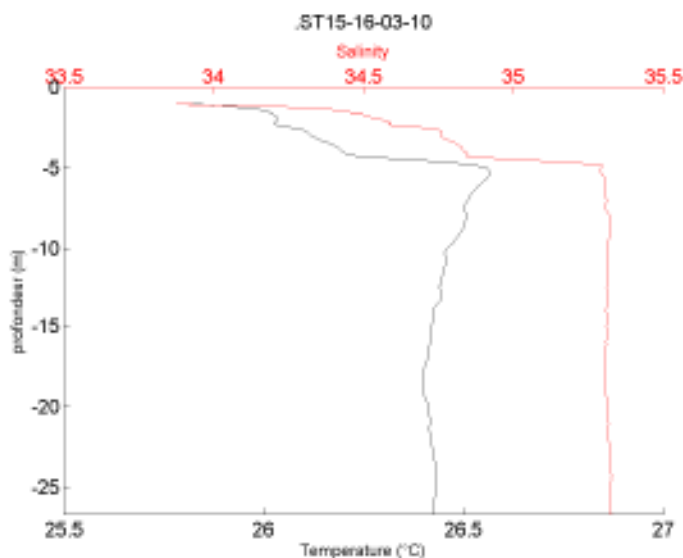
On obtient des profils formatés selon les schémas suivants, pour chacune des stations suivies (exemples ci-dessous en figures 8 et 9).

**Figure 7 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST13, le 16-03-10  
Turbidité et fluorescence de la surface jusqu' au fond**



La turbidité et la fluorescence ont été enregistrés par la sonde multiparamétrique entre 0 et 35 m de fond sur la station ST13 du récif Ma, le 16/03/2010 ; l'état de la marée et la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés.

**Figure 8 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST15, le 16-03-10**  
Salinité et température, de la surface jusqu' au fond



La salinité et la température entre 0 et 26 m de profondeur ont été enregistrées par la sonde multiparamétrique sur la station ST15 du creek de la Baie Nord, le 13/03/2010. L'eau de surface véhiculée par ce creek est très nettement détectée par le profil des courbes : dessalure sur les 6 premiers mètres, température de l'eau de surface plus fraîche. L'état de la marée et la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés.

#### Les méthodes et leurs limites de détection

PRELEVEMENTS	
Méthode	Sonde multiparamétrique CTD

Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, modèle SBE 19)

ANALYSE	Méthode	Limite de détection
<b>Paramètres</b>		
Salinité	Mesure de la conductivité	0,001 %
Température	Pont de Weston	0,01 °C
Turbidité	Absorption lumineuse	0,1 FTU
Fluorescence	Excitation lumineuse	0,1 mg/m <sup>3</sup>
Irradiance	Atténuation lumineuse	Sans unité

*NOTA BENE : La turbidité par mesure de la néphélométrie est exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1FTU ~ 1 mg L<sup>-1</sup> de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;*

*La fluorescence in-vivo est exprimée en unités arbitraires et permettant après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons collectés, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).*

#### ELEMENTS MAJEURS, pH et MES

Sont suivis le **pH**, les matières en suspension **MES**, ainsi que : le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium, le chlore, les sulfates à 3 profondeurs et sur chacune des stations.

Eléments majeurs		Calcium (Ca), sulfates (SO <sub>4</sub> ), carbonates (CO <sub>3</sub> )						
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

pH	MES (mg/L)	Ca (mg/L) (n=1)	K (mg/L) (n=1)	Mg (mg/L) (n=1)	Na (mg/L) (n=1)	Cl (mg/L) (n=1)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L) (n=1)	Alcalinité totale (eq/L)
----	---------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--	--------------------------------

*NOTA BENE : la mesure des MES est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète l'importance des apports terrigènes et de la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'épaisseur de la couche euphotique.*

## LES SELS NUTRITIFS

Les paramètres suivants sont suivis sur chacune des 14 stations et aux 3 profondeurs :

- **L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )** : dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Naturellement, il provient des excréments animaux et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nano moles.
- **Les nitrate et les nitrites ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ )** : l'ion nitrate  $\text{NO}_3$  est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale ( $\text{NO}_3$ ). Si la vitesse de régénération est différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.
- **Les phosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ )** : dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ ). Leur concentration dépend de phénomènes physiques et biologiques ou chimiques. Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique. En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.
- **L'azote organique dissous NOD et le phosphore organique dissous POD** : la contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique ou terrestre. D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan.
- **Azote, phosphore et carbone particuliers** : la distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire ; cependant, les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille est de  $0,45 \mu\text{m}$  pour les séparer (Strickland & Parsons, 1972). La fraction particulaire de ces éléments N, P et C constitue des matières en suspension de tailles diverses transportées au sein des masses d'eau. Leur origine est océanique, terrestre voire éolienne. Les concentrations présentent d'ordinaire un gradient côte-large et peuvent montrer des discontinuités verticales en fonction de l'existence ou non de couches turbides.
- **Chlorophylle et phéo-pigments** : la chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et de ce fait le niveau trophique (oligotrophie /eutrophie) du milieu. Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéo-pigments.
- **Les silicates** : ils constituent l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Leur concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et de la nature des eaux. Les concentrations en surface sont généralement très faibles, mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes (ou des fonds abyssaux).

## Méthodologie et limites de détection

PRELEVEMENTS	
Méthode	Bouteille Niskin 5 litres en subsurface, mi-profondeur et fond

ANALYSE en labo	Méthode : toutes les techniques sont adaptées aux milieux oligotrophes marins	Norme - publication	Limite de détection
Paramètres			
NH <sub>4</sub> – analyse faite sur le terrain	Fluorimètre	Holmes et al (1999)	1,5 nmol / L
NOD	Autoanalyser Technicon		0,02 µmol / L
POD	Autoanalyser Technicon	Raimbault et al (1999)	10 µmol / L
NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	Autoanalyser Technicon	Outot (1988)	0,002 µmol / L
PO <sub>4</sub>	Autoanalyser Technicon	Murphy et Riley (1962)	0,01 µmol / L
SiO <sub>4</sub>	Autoanalyser Technicon	Fanning et Pilson (1973)	0,05 µmol / L
POP	Autoanalyser Technicon	Raimbault et al (1999)	10 µmol / L
CHN	2400 CHN Elemental Analyser		0,05 µg/L
Chl a	Fluorimètre		0,05 µg/L
MES	Filtration sur membrane spécifique		0,1 mg / L
pH	Electrodes au Calomel		0,01 UpH

### HYDROCARBURES TOTAUX

La limite de détection de la méthode est : (LD <0,1 mg.L-1).

### LES METAUX

Nickel (Ni), cobalt (Co), manganèse (Mn), fer (Fe), chrome total/Cr (VI), arsenic (As), cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb), zinc (Zn).

Les concentrations des éléments métalliques naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud se distribuent selon un gradient côte-large très net.

Le Cu et Fe montrent un comportement inverse.

Les concentrations en Cd et Pb sont inférieures aux limites de détection compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du Sud calédonien.

Les stations influencées par les masses d'eaux océaniques se distinguent clairement des stations côtières ou de la baie de Prony, avec des concentrations parmi les plus basses mesurées et particulièrement homogènes.

### Méthodes et limites de détection

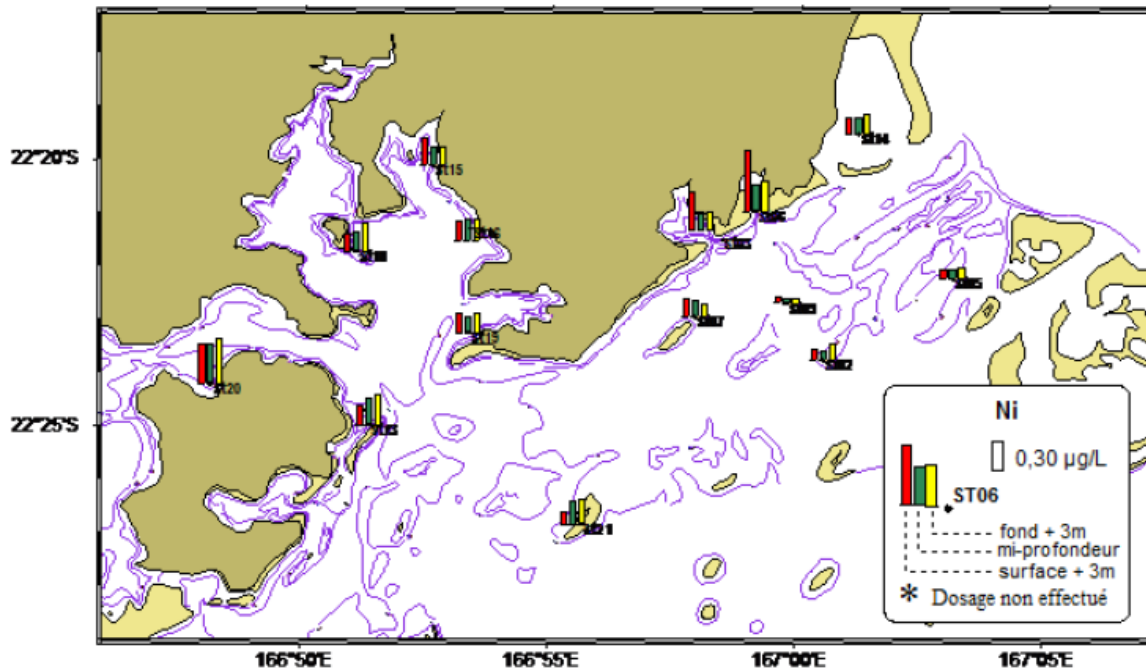
DESCRIPTION	
Norme - publication	Moreton et al, 2009 + Voir bibliographie internationale
Paramètres	
Métaux dissous	Chrome total / Cr (VI), arsenic (As), cobalt (Co), cadmium (Cd), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), zinc (Zn)
Éléments majeurs	Calcium (Ca), sulfates (SO <sub>4</sub> ), carbonates (CO <sub>3</sub> )



ANALYSE	Méthode	Norme - publication	Limite de détection
<b>Paramètres</b>			
Co	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,012 µg/L
Cd	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,040 µg/L
Cu	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,015 µg/L
Fe	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,011 µg/L
Mn	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,011 µg/L
Ni	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,011 µg/L
Pb	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,050 µg/L
Zn	Préconcentration en labo de terrain (in-situ) puis élution en labo + ICP OES	Moreton et al (2009)	0,030 µg/L
Cr / Cr (VI)	AdSV : Metrohm Application Note V-82	Achterberg et van den Berg, (1994)	0,005 µg/L
As	AdSV : Metrohm Application Note V-82	Achterberg et van den Berg, (1994)	0,005 µg/L

Les résultats sont schématisés et synthétisés pour chaque métal selon l'exemple ci-dessous.

Figure 9 : Concentration en Nickel dissous dans la colonne d'eau - Echantillonnage en surface, à mi-profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony



Nombre de paramètres physico-chimiques suivis à 3 profondeurs et sur chaque station : 28.

**Fréquence minimale** : semestrielle sur toutes les stations, sauf au port où elle trimestrielle (ST16). Une campagne en saison sèche et une campagne en saison humide sont nécessaires, elles sont régulièrement effectuées en mars (fin de la saison chaude dite cyclonique) et en août (saison fraîche).

La méthodologie complète d'échantillonnage et d'analyse, pour chaque paramètre, est décrite dans chaque rapport de suivi. Un rappel des raisons du choix du chaque indicateur est aussi effectué. Les rapports intégraux sont fournis en annexe de ce document avec les données brutes.

### 1.2.2 Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées, méthodologie

Sont suivis (selon les prescriptions demandées par la DENV de la Province sud suite à l'atelier de mars 2006) :

- **Le substrat** selon la méthode des *transects* fixes (3 *transects* de 20 m de longueur sur 3 profondeurs différentes par station quand c'est possible, deux couloirs à deux profondeurs différentes minimum). Méthode LIT. La liste des catégories de substrat donne 28 catégories distinctes. Celles-ci sont répétées dans chaque rapport de suivi et en annexe du présent document.
- **Le macro et épi-benthos** selon des couloirs de 5 m de large et 20 m de long qui suivent les *transects*, les taxons cibles sont listés.
- **Les poissons** selon la méthode des TLV (*transect* à largeur variable), les taxons cibles sont donnés par une liste restreinte fournie par la DENV afin de calculer la densité et la biomasse. Le poids des individus est estimé d'après leur taille en utilisant des relations d'allométrie taille-poids –  $W = aL^b$  – (Kulbicki et al. 1993). La liste restreinte donne une centaine de taxons identifiés au niveau du genre ou de l'espèce (elle est répétée dans chaque rapport de suivi et en annexe du document).

**Tableau 5 : Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins**

<b>Paramètres - variables</b>	Substrat (habitats) Epi benthos : macro invertébrés épi benthiques Poissons : espèces cibles
<b>PRELEVEMENTS</b>	
Méthode	Déterminée par l'atelier du 3 mars 2006 tenu à Nouméa
Norme – publication	Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1994 et 1997) et transects à largeur variable (Kulbicki et al. 1994, 1995 ; Kulbicki & Sarramegna, 1999).

ANALYSE	Méthode	Norme - publication	Limite de détection
Paramètres	LIT fixes	English & al (1994 et 1997)	Largeur du ruban
	LIT sur fixe sur couloir	English & al (1994 et 1997)	100m <sup>2</sup>
	Comptage visuel sur transect à largeur variable	(Kulbicki et al. 1994, 1995 ; Kulbicki & Sarramegna, 1999).	Vision du plongeur et visibilité de l'eau

**Tableau 6 : Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins**
**(a) Le substrat**

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
<b>Biotique</b>	Coraux sclérolactiniaux	<i>Acropora</i> Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		<i>Acropora</i> Encroûtant	ACE	
		<i>Acropora</i> Submassif	ACS	
		<i>Acropora</i> Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		<i>Acropora</i> Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non- <i>Acropora</i> Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches <i>NB : les non acropora digité ont été placés ici</i>
		Non- <i>Acropora</i> Encroûtant	CE	
		Non- <i>Acropora</i> Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non- <i>Acropora</i> Massif	CM	
		Non- <i>Acropora</i> Submassif	CS	
		<i>Fungia</i>	CMR	Corail solitaire
	Autres coraux	<i>Millepora</i>	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Eponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
Filamenteuse		F	<i>NB : les cyanobactéries ont été placées ici</i>	
Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues	
<b>Abiotique</b>	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	

**(b) L'épi-macrobenθος**

Évaluation sur un couloir de 2,5 m de chaque côté du *transect* (i.e. 100 m<sup>2</sup>) :

- Présence absence d'algues et phanérogames à l'échelle du genre.
- Densité en bénitiers, trocas, et certains échinodermes (au niveau de l'espèce pour les étoiles de mer, les oursins et les holothuries, et présence/absence pour les crinoïdes) et en clones.

**(c) L'ichtyo faune**

En annexe 1 et dans chaque rapport de suivi.

**Vale Nouvelle-Calédonie complète ce suivi de façon volontariste par :**

- une surveillance de la présence d'éventuelles espèces exogènes ;
- un suivi des cyanobactéries ;
- un suivi du corail et de son éventuel blanchissement ;
- un suivi avec iconographie associée de certaines colonies coralliennes géo-référencées et l'évaluation de leur croissance, mission après mission ;
- la mise en base de données de la liste exhaustive des poissons observés ;
- les biodiversités alpha, bêta et gamma pour les stations et la zone sur liste exhaustive des poissons ;
- un tableau des conditions de plongée avec les conditions météorologiques, dont la pluviométrie, la visibilité et le moment de la marée, pour chaque station suivie ;

- un schéma géo-référencé de chaque station avec ses *transects* et taxons fixes remarquables ;
- une vidéo de chaque *transect* effectuée à des fins de stockage d'information et de vérification.

La méthodologie complète est rappelée dans chaque rapport de suivi. Elle est susceptible d'évoluer selon l'expérience acquise et les recommandations des experts en la matière, si validation et prescription par les autorités administratives compétentes.

**Fréquence minimale** : semestrielle, en saison chaude et en saison fraîche, plus souvent si nécessaire ou de façon ponctuelle. Une ou plusieurs autres missions de surveillance sont souvent ajoutées : en 2009, en raison de la fuite d'acide, certaines stations ont été inventoriées 5 fois. En 2011 un suivi sera effectué pour des stations placées exactement sur l'émissaire, etc.

### 1.2.3 Bio-accumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines

La méthodologie retenue est la transplantation d'espèces bio-indicatrices sur des stations artificielles immergées sur un ensemble de huit points localisés dans la zone d'influence potentielle des rejets miniers.

Cette méthode a été développée et validée avec des espèces rencontrées localement lors des précédents travaux de recherche menés en collaboration par l'unité de recherche UR 103 « CAMELIA », du Centre IRD de Nouméa, le Laboratoire de biologie et environnement marin de l'Université de La Rochelle, ainsi que le Laboratoire environnement marin (Monaco) de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA). Ces études ont fait l'objet d'une convention portant sur trois années entre l'IRD et Vale Nouvelle-Calédonie.

Cette méthode est également reconnue au niveau international et fait l'objet d'une norme éditée par l'*American Society for Testing and Material* (E2122-02 ASTM, 2002), à laquelle le projet présenté est conforme.

La méthode de transplantation de ces espèces dans des stations artificielles (cages) présente des avantages importants pour le suivi environnemental, car elle permet à l'expérimentateur de contrôler un certain nombre de facteurs qui influent fortement sur la variabilité des concentrations des contaminants bio-accumulés.

Un total de 300 à 350 bivalves et d'environ 250 algues est récolté. Le bivalve *Isognomon* et la macro-algue brune *Lobophora variegata* précédemment identifiés sont des espèces bio-indicatrices de contamination métallique.

Métaux analysés : teneurs métalliques en As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn.

Variables biologiques : croissance et condition physiologique chez les bivalves transplantés, susceptibles d'être altérées par une éventuelle contamination.

Chaque année, ces résultats sont comparés avec ceux obtenus précédemment ainsi qu'avec les résultats de la caractérisation des bio-indicateurs avant tout rejet.

**Tableau 7 : Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages**

<b>DESCRIPTION</b>	Identification et quantification de polluants biodisponibles dans des espèces bioindicatrices transplantées (caging)
Norme - publication	Norme ASTM E2122 (2002) + RINBIO Ifremer
<b>PRELEVEMENTS</b>	
Méthode	Récolte d'espèces bioaccumulatrices sur une zone de référence (non contaminée), mesures et sélection des spécimens de mêmes tailles et poids => transplantation (en stations artificielles : cages) sur les stations à surveiller
Norme – publication	Norme ASTM E2122 (2002)
Nombre de stations	8 stations Canal Havannah-B de Prony-Ile Ouen (dont 2 de référence)
Fréquence	1 campagne / an (Saison fraîche) (durée de la campagne : 3 mois)
<b>ECHANTILLONNAGE</b>	
Espèces bivalves	<i>Isognomon isognomon</i> (ou <i>Gafrarium tumidum</i> )
Espèce algue brune	<i>Lobophora variegata</i>
Prélèvements pour analyse	Chairs ou algues entières
<b>PRETRAITEMENT</b>	Récupération des cages en plongée après 3 mois d'immersion
	Rinçage, brossage des spécimens, dépuración en aquarium (24h)
	Mesures biométriques (croissance, mortalité et condition physiologique)
	Préparation des échantillons (écoquillage, lyophilisation)
	Minéralisation chairs entières (four micro ondes, acide)

<b>ANALYSE</b>	
Méthode	Analyse chimique (ICP-OES) des métaux bioaccumulés
Norme - publication	Breau, 2003
Limite de détection	de 0,01 à 1 µg/g de poids sec (ps) pour l'ensemble des métaux sauf pour le zinc : de 1 à 8 µg/g ps

<b>INTERPRETATION</b>	
Méthode	Comparaison spatio-temporelle par rapport à des états de référence, après correction éventuelle des résultats en fonction de la condition physiologique
Norme - publication	Norme ASTM E2122 (2002) ; Correction physiologique : RINBIO Ifremer

La méthodologie est détaillée en introduction de chaque rapport.

**Fréquence** : analyses des tissus annuelles après 3 mois de croissance en cage des bio-indicateurs.

#### 1.2.4 Qualité des sédiments Métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures

Les paramètres suivis pour les sédiments marins sont les suivants :

- **la granulométrie** des sédiments par granulométrie laser ;
- **la composition minéralogique** par diffraction de rayons X (DRX),
- **la concentration des métaux** associés aux différentes phases géochimiques composant le sédiment par extraction séquentielle puis analyse à l'ICP-OES. Les métaux suivants ont été analysés par ICP-OES: **As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn.**

La distribution des métaux dans les sédiments est suivie sur 13 stations avec une fréquence de une fois tous les trois ans, sauf à la station du port où la fréquence est annuelle.

La collecte des sédiments de surface est effectuée par benne Van-Venne en acier inoxydable de nuance 316 L. Pour chaque échantillon, la couche centimétrique de surface est prélevée et conditionnée dans des sachets en vinyle à usage unique (Whirl-Pack) référencés. Les sédiments ainsi conditionnés sont conservés à 4°C, puis de retour au laboratoire ils sont congelés et lyophilisés.

Une séparation granulométrique des sédiments est effectuée par voie humide (Eau Milli-Q 18.6 µS.cm<sup>-1</sup>) afin de récupérer la fraction sédimentaire chimiquement la plus réactive (**pélites = particules < 40 µm**). Les tamisages ont été conduits sur les aliquotes sédimentaires comprises entre 10 et 100 g selon nécessité et les fractions récoltées sont séchées à l'étuve (40°C) puis conditionnées pour leur conservation jusqu'à l'analyse des métaux.

**Tableau 8 : Méthodologie pour le suivi des sédiments**

<b>DISTRIBUTION DES METAUX DANS SEDIMENT ET DISPONIBILITE : granulométrie, minéralogie et métaux</b>	
<b>DESCRIPTION</b>	
Norme - publication	<a href="#">Tessier et al, 1979</a>
<b>PRELEVEMENTS</b>	
Méthode	Benne à sédiments ou carottier pour la couche de surface du port (St16)
Norme – publication	
Nombre de stations	<a href="#">13 stations</a>
Fréquence	<a href="#">Tous les 3 ans sauf au port (St16) annuelle</a>
<b>ECHANTILLONNAGE</b>	<a href="#">Couche centimétrique de surface</a>

<b>ANALYSE</b>	<b>Méthode</b>	<b>Norme - publication</b>	<b>Limite de détection</b>
<b>Variables</b>			
Granulométrie	<a href="#">Diffraction Laser</a>		<a href="#">0.1 µm</a>
Minéralogie	<a href="#">Diffraction Rayons X</a>		
Extraction séquentielle des phases organiques, carbonates, oxydes et résidus	<a href="#">Dissolution fractionnée (extraction séquentielle) et dosage par ICP-OES</a>	<a href="#">Tessier et al, 1979</a>	<a href="#">Entre 0,005 et 0,02 µg/L selon le métal</a>
Métaux totaux	<a href="#">Attaque totale et dosage par ICP-OES</a>		<a href="#">Entre 0,005 et 0,02 µg/L selon le métal</a>

La méthodologie est décrite en introduction de chaque rapport de suivi.

**La fréquence** : elle est triennale sauf au port (ST16) où elle est annuelle. Ce suivi ayant été effectué en 2009, il ne sera pas effectué en 2010 sur toutes les stations.

### 1.2.5 Taux d'accumulation des sédiments

Le suivi a été effectué en 2010 sur 4 stations.

**Tableau 9 : Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation**

<b>DESCRIPTION</b>	
Norme - publication	<a href="#">Goldberg ED, 1963. Geochronology with Pb-210. In Radioactive Dating. Internat. Atom. Energy Agency, 121-131</a>
<b>VARIABLES</b>	<a href="#">Radioactivité Pb-210, densité, granulométrie, minéralogie, géochimie (métaux)</a>
<b>PRELEVEMENTS</b>	
Méthode	<a href="#">Prélèvements par carottier-piston</a>
Norme – publication	<a href="#">Faure G, 1986. Principles of Isotope geology. John Wiley &amp; Sons Ed., 589p.</a>
Nombre de stations	<a href="#">1 station Kwé + 2 stations baie de Prony (Creek Baie Nord et Port en St16 (couche de surface)) + 1 station à l'est de l'île Ouen</a>
Fréquence	<a href="#">Tous les 3 ans sauf au port (St16) annuelle</a>

ANALYSE	Méthode	Norme - publication	Limite de détection
Paramètres			
Datation	Spectrométrie Pb-210	Faure G. 1986	0.003 Bq/g
Densité	Teneur en eau		0.01 mg
Granulométrie	Diffraction Laser		0.1 µm
Minéralogie	Diffraction Rayons X		Traces
Géochimie : As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn	Attaque totale et analyse par ICP-OES		Entre 0,001 et 0,002 µg/g selon les éléments

La méthodologie est décrite en introduction de chaque rapport de suivi.

La fréquence est triennale.

### 1.3 Bilan des données disponibles

Le rapport semestriel du suivi du milieu marin du mois d'août 2010 a déjà présenté les suivis semestriels effectués au niveau des campagnes du premier semestre 2010, il s'agit de :

- Campagnes du premier semestre 2010 :
  - Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau - mars 2010.
  - Suivi des écosystèmes coralliens et populations associées – mars 2010
  - + Suivi des *transplants* coralliens (+48 mois).

Ces données sont disponibles dans le rapport du premier semestre 2010.

Les nouvelles se trouvant dans le présent rapport sont celles des :

- Campagnes du second semestre 2010 et campagnes annuelles
  - Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer, août 2010
  - Bilan du suivi trimestriel de la station du port de Prony ;
  - Suivi des écosystèmes coralliens et populations associées, août 2010
  - Suivi des bio-indicateurs de bio-accumulation (*caging*) ;
  - Suivi des sédiments : taux d'accumulation
  - + Suivi des *transplants* coralliens au bout de 5 années.

Remarque : En 2009 a eu lieu la campagne triennale sur la qualité physique et chimique des sédiments marins, elle n'a donc pas été effectuée en 2010 ; par contre, la campagne d'étude du taux d'accumulation des sédiments, elle aussi triennale, a été effectuée en 2010.

**Il n'y a pas eu de retard ou de dysfonctionnement dans l'acquisition des données 2010 ; les évaluations et échantillonnages ainsi que les analyses des échantillons ont tous été effectués en temps et lieu.**

## 2. RESULTATS

### 1.4 Valeurs réglementaires

Pour le suivi du milieu marin il n'y a pas de dépassement de seuil réglementaire proprement dit, il ne s'agit pas d'émissions mais de santé des écosystèmes. Ce sont les données des paramètres indicateurs relevées lors des états des lieux effectués avant tout développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie qui servent de référence et de limite. Toute modification significative observée lors d'un suivi, c'est-à-dire au-delà de la marge des variations saisonnières et des incertitudes inhérentes aux méthodologies, doit être prise en considération et demande un suivi approfondi et une recherche de cause. **Chaque rapport de suivi présente une étude des variations temporelles des paramètres, en comparaison avec les suivis précédents et les états des lieux. Tout changement significatif est signalé.**

Les états de référence sont donnés dans les dossiers **ICPE (Caractérisation des milieux, VOLUME III, SECTION A, Caractérisation de l'environnement, Chapitre 5 : Océanographie physique, Chapitre 7 : Milieu écologique marin, Annexes)** et ont été effectués pendant les missions suivantes :

Caractéristiques du milieu marin :

- Pour les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer sur toute sa colonne
  - Rescan, Supplemental Baseline Technical report : Physical Oceanography, octobre 2000 et Supplemental Baseline Technical Report : Marine Environment, novembre 2000 ;
  - Caractérisation physico-chimique des eaux IRD 2005
  - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux du canal de la Havannah et de la baie du Prony. IRD 2007
  - Dernière campagne : Mars 2010
- Pour les bio-indicateurs en cages
  - Etat de référence de la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : détermination de la qualité éco-toxicologique initiale des eaux par transplantation d'espèces bio-indicatrices (bio-accumulation) IRD 2009.
  - Suite à la convention de recherches n° 1124 entre l'IRD et Vale NC (Goro Nickel à l'époque) de 3 années : IRD 2007-2009. Volet éco-toxicologie.
  - Dernière campagne : 2009
- Pour les sédiments
  - Rescan 2000
  - Apports sédimentaires à l'embouchure du creek de la rade nord en baie du Prony IRD 2006
  - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux et niveaux de concentration des métaux dans les sédiments. IRD 2006.
  - Etat de référence de la distribution superficielle des sédiments, flux sédimentaires et taux d'accumulation dans la baie du Prony et dans la baie Kwé. IRD 2007  
*Définition de « l'Etat de référence » d'une part, des niveaux de concentration des métaux dans les sédiments sur 18 stations initialement prédéfinies et d'autres parts, de la dynamique sédimentaire dans la Baie de Prony et de la Baie de Kwé (évaluation de taux de sédimentation).*
  - Dernière campagne : 2010.
- Pour les stations écosystémiques :
  - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données du suivi semestriel depuis 2007, qui a été effectué sur les mêmes stations et avec la même méthodologie.



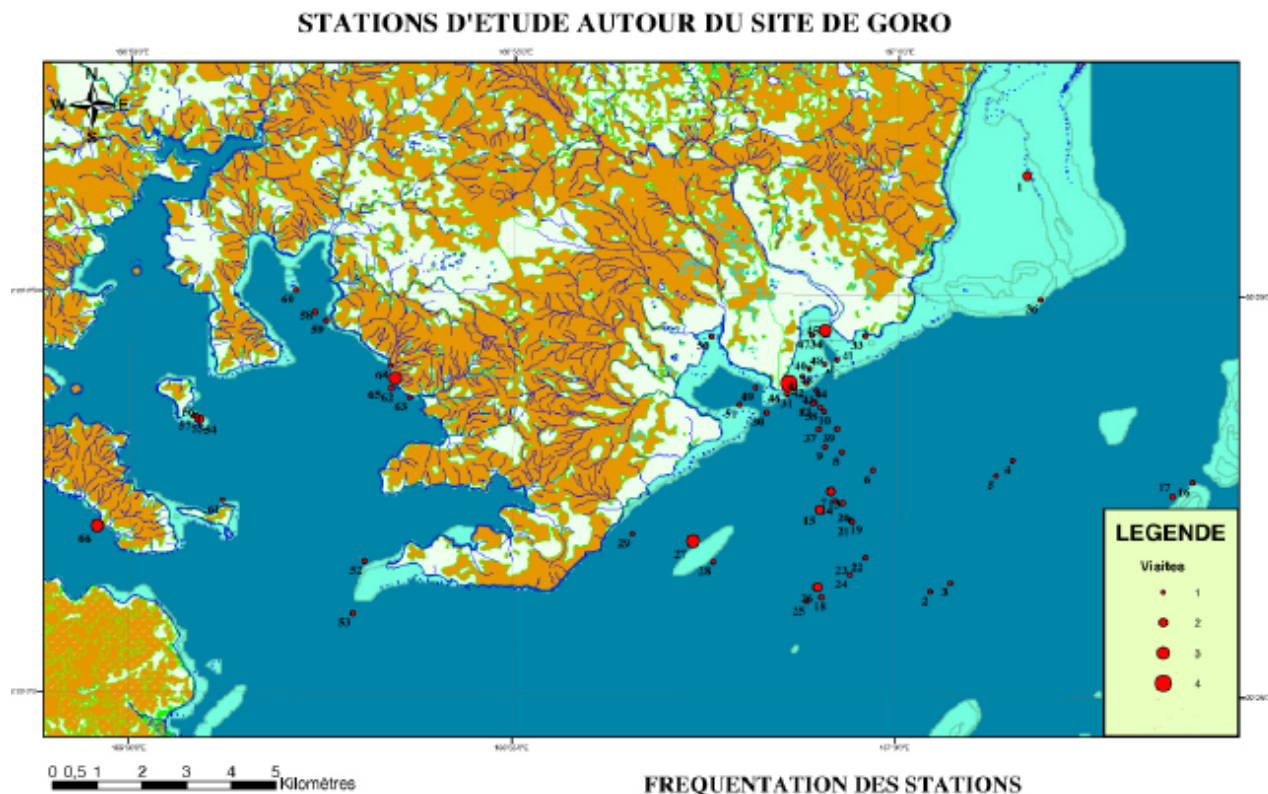
- Les études précédentes (qui ont débuté en 1994) ont fait l'objet d'un travail de synthèse : Analyse et synthèse des études environnementales du domaine marin du Sud : baie de Prony–Canal de la Havannah, commandées par Vale Nouvelle-Calédonie pour la période 1994–2007. ACREM. 2008.
- D'autres inspections et inventaires sous-marins peuvent ponctuellement donner lieu à des comparaisons, comme les 3 suivis supplémentaires de l'embouchure du creek de la baie Nord en 2009, ou les suivis écologiques avant et après la pose de l'émissaire, et deux ans après la pose de l'émissaire sur des stations situées sur l'émissaire.

**Tableau 10 : Caractérisation du milieu marin - Ecosystèmes**

N° rapport	Dates	Auteurs	Titres
01	Déc 1994	T&W A2EP	Etude de caractérisation biologique des milieux marins et dulçaquicoles sur la région de Prony.
02	Déc 1996	T&W A2EP	Evaluation des impacts du projet Goro-Nickel sur les communautés biologiques marines de la Baie Kwé et de la zone portuaire de la Baie de Prony.
03	Juillet 2000	RESCAN-ACREM A2EP	Evaluation environnementale du projet Goro-Nickel - (*)
04	Août 2000	RESCAN-ACREM A2EP	Caractérisation des communautés biologiques coralliennes dans le cadre du projet Goro-Nickel. (Rapport préliminaire)
05	Avril 2004	ACREM-RESCAN	Volet bio-physique - Caractérisation du milieu marin. Les 15 stations de l'étude. (*)
06	Mai-juin 04	LABOUTE	Caractérisation des communautés biologiques du banc Ionontea dans le Canal de la Havannah
07	Nov 2004	LABOUTE	Expertise rapide du site et comparaison avec d'autres sites similaires de la Baie du Prony.
08	Mai 2005	S VIRLY C	Caractérisation des communautés marines biologiques autour du futur émissaire en mer du projet Goro-Nickel.
09	Juillet 2005	LABOUTE	Rapport de la réalisation d'un état de référence des peuplements récifaux et poissons associés sur 6 stations du Canal de la Havannah
10	Août 2005	LABOUTE	Caratérisation simplifiée de l'état des communautés biologiques sous-marines sur la zone d'implatation du nouveau débarcadère temporaire pour le ferry de Goro-Nickel en Baie du Prony.
11	Août 2005	ACREM-A2EP	Etat de référence des peuplements récifaux et poissons associés. Baie de Prony et Canal de la Havannah
12	Mars 2007	MELANOPUS	Etat de référence des habitats coralliens le long du nouveau tracé de l'émissaire marin en Baie de Kwé et Canal de la Havannah
13	Mai 2007	SOPRONER	Caractérisation du milieu marin le long du tracé de l'émissaire du projet Goro-Nickel
14	Nov 2007	AQUATERRA	Suivi de l'état biologique du milieu marin – Emissaire de l'Effluent liquide
15	Dec 2007	A2EP	Suivi de l'état des communautés coralliennes en Baie de Prony et Canal de la Havannah

(\*) Il semble que les documents que nous avons eu en mains soient incomplets.

**Figure 10 : Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations**



Toutes ces données ont été communiquées aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (chapitre Caractérisation des milieux), les rapports de suivi et les études communiquées à l'ŒIL en 2010.

## 1.5 Valeurs obtenues

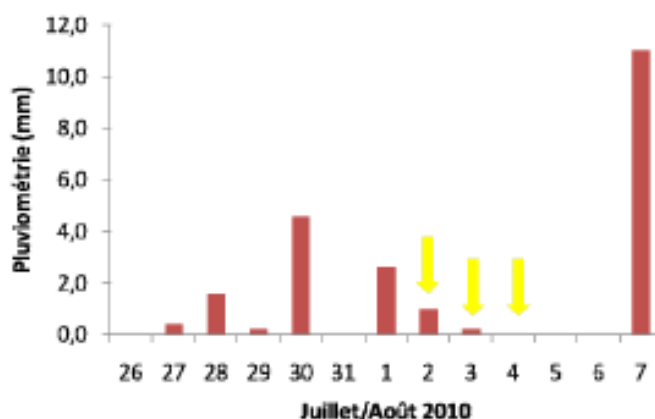
### 1.5.1 Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer - Second semestre 2010

La première campagne 2010 avait eu lieu en mars 2010, en saison pluvieuse, et elle a été communiquée dans le rapport de suivi du premier semestre 2010. La seconde campagne de prélèvement des échantillons d'eau de mer a eu lieu en août 2010 en saison sèche, dans les conditions détaillées à la figure 12.

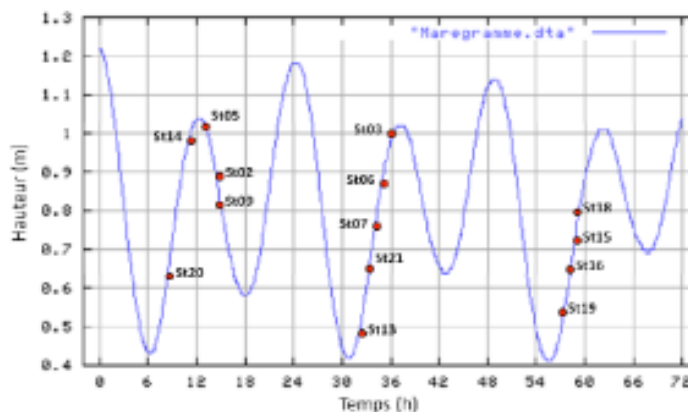
**Figure 11 : Conditions météorologiques et état des marées lors de la campagne du second semestre 2010**

Conditions météorologique du 2-4 août (campagne de prélèvement) :

- 02/08/2010 : Vent E-NE 5 noeuds, beau temps ;
- 03/08/2010 : Vent E-NE 5 noeuds, beau temps ;
- 04/08/2010 : Vent O-NO 10 noeuds ;
- Pluie : 1,2 mm de pluie tombés pendant la campagne.



Pluviométrie journalière du 26 Juillet au 7 Août 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches jaunes.



Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la mission du 2 au 4 août 2010.

Le rapport complet présentant les résultats des analyses de tous les paramètres (28 paramètres indicateurs suivis sur 14 stations) se trouve en annexe 6. Il peut être résumé comme suit :

La comparaison interannuelle des données récoltées en saison sèche mêlées aux données récoltées en saison humide ne donne pas d'indications pertinentes comme le fait une comparaison interannuelle des données des saisons sèches, et une comparaison interannuelle des données des saisons humides. En saison chaude et avec de fortes pluies (*comme le mois de mars en présente souvent ; ex : cyclone Erica en mars 2003, dépression Jasper en mars 2009, cyclone Vania en janvier 2010...*), les données des paramètres qui dépendent des apports terrigènes présentent des valeurs significativement différentes des valeurs récoltées en saison sèche. Ceci sans que, pour autant, on puisse alerter sur une variation du milieu marin. Il s'agit de la saisonnalité naturelle dont l'implication

sur les paramètres suivis est de mieux en mieux connue, au fur et à mesure des missions et de la corrélation avec la pluviométrie durant la semaine précédant les prélèvements. Cette variation saisonnière du biotope est répercutée en variation saisonnière de la biocénose (notamment les algues).

Les marées ont aussi une influence, d'où le graphe des marées au moment des prélèvements. La corrélation avec les marées sera étudiée dès que la base de données sera plus étoffée. Elle est moins évidente que celle qui est obtenue avec le cumul des précipitations. Tout échantillonnage doit donc être effectué avec une connaissance couplée de :

- la pluviométrie associée à la date des prélèvements et de la semaine antérieure (cumul des précipitations) ;
- l'état de la marée (montante, descendant, étale, de vives eaux ou mortes eaux).

Il est confirmé depuis les premières études qu'il existe une différence nette entre les biotopes marins des stations sous influence terrigène (apports d'eau douce : salinité + température de surface diminuées, couche néphéloïde, colonne d'eau non homogène, turbidité/MES éventuels mais pas toujours, et métaux marqueurs : Ni, Co, Cr, Mn en plus grande concentration) et les biotopes des stations sous influence marine (influence marine des marées, colonne d'eau homogène, pas de thermocline, faible sensibilité à la pluviométrie).

La cohérence entre les données physico-chimiques sur l'eau, les données sur les sédiments et le suivi éco-systémique est parfaite. Le bio-indicateur fixe qu'est le corail par exemple, avec les espèces adaptées aux apports terrigènes en baie de Prony et les espèces qui subissent des agressions hydrodynamiques en canal de la Havannah, confirme exactement les conclusions du suivi physico-chimique.

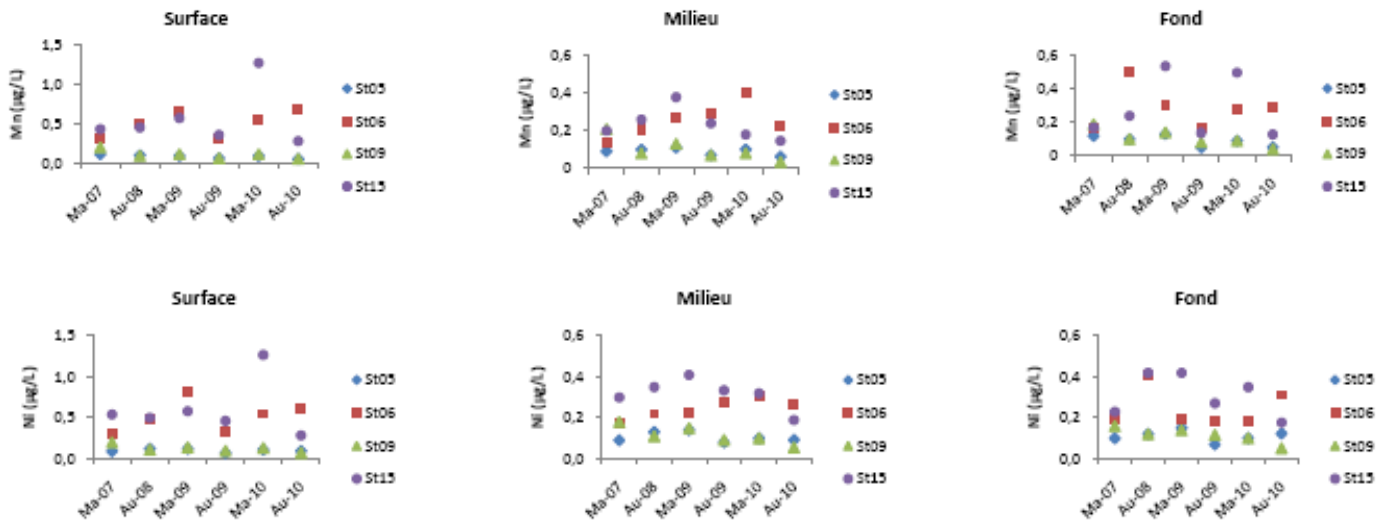
Pour tous les paramètres, une comparaison interannuelle des saisons sèches 2008, 2009 et 2010 est effectuée.

Une synthèse des résultats acquis depuis le mois de mai 2007 a été réalisée. Elle concerne **3 métaux traceurs de l'érosion des formations latéritiques : Ni et Cr(VI) et Mn**. Le troisième élément, Mn, a été pris en considération essentiellement pour des raisons de communication vis-à-vis du public calédonien très sensible à cet élément, ce métal ne présentant cependant que peu de problèmes écotoxicologiques (Breau et al, 2009).

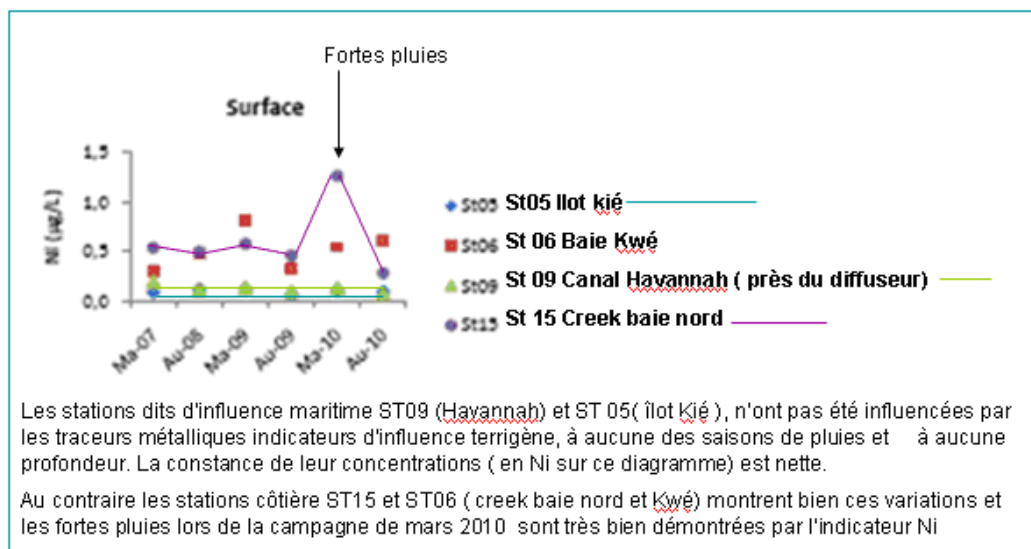
Elle concerne également **4 stations représentatives des biotopes sous influence côtière terrigène : ST06 (baie Kwé) et ST15 (Creek baie nord) et sous influence marine : ST05 (îlot Kié) et ST09 (canal de la Havannah)**

Pour le manganèse et le nickel, les 6 campagnes réalisées montrent que :

- Aux stations St06 (Récif de la Baie Kwé) et St15 (Creek de la Rade Nord en Baie du Prony), les concentrations mesurées varient fortement entre les campagnes. Par ailleurs, les concentrations sont bien plus élevées que celles obtenues aux stations St05 (îlot Kié) et St09 (Canal de la Havannah), aux trois profondeurs échantillonnées, et elles présentent les mêmes variations entre les campagnes ; **l'influence des apports terrigènes est ici mise en évidence** ; les graphes en figure 13 suivante explicitent ces constatations.

**Figure 12 : Evolution au cours des années 2007 à 2010 des taux de manganèse et de nickel, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime**


- Aux stations St05 (Ilot Kié) et St09 (Canal de la Havannah), les concentrations des eaux de surface, mi-profondeur et fond ne varient pas ou très peu entre les campagnes ; celles-ci sont comprises entre 0,04 et 0,21 µg/L et 0,05 et 0,16 µg/L, respectivement.

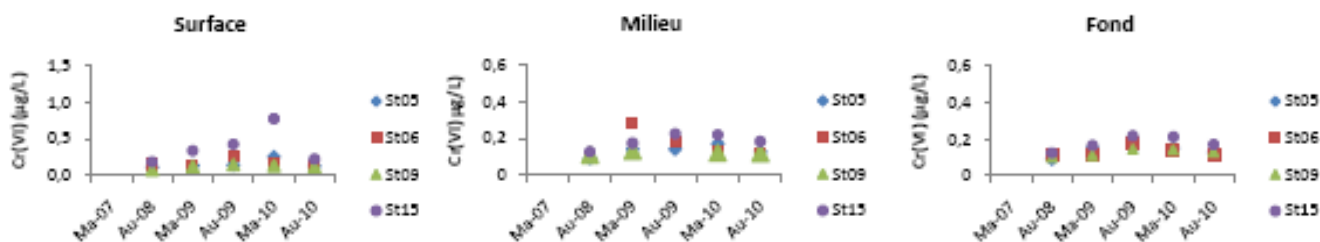
**Figure 13 : Evolution au cours des années 2007 à 2010 des taux de manganèse et de nickel, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime**


**Cette constatation conforte les résultats de la modélisation hydrodynamique (Douillet et Fernandez, 2009) qui montrent que la réserve Merlet est isolée des influences terrigènes grâce à l'existence de forts courants prenant naissance à la passe de la Havannah et longeant le canal. La délimitation des zones d'influence océanique ou terrigène passe approximativement au niveau de la station ST 09.**

Pour le chrome, les 6 campagnes réalisées montrent que les résultats sont beaucoup moins dispersés. Aux 4 stations St05, St06, St09 et St15, la plupart des concentrations de surface, milieu et

fond de Cr(VI) sont relativement constantes au cours des campagnes. Elles sont comprises entre 0,09 µg/L et 0,25 µg/L et donnent un aperçu des valeurs générées par le fond géochimique de ce secteur du lagon Sud. On remarque cependant quelques niveaux de concentration qui confirment l'impact de l'influence terrigène, notamment à la station St15 après de fortes précipitations.

**Figure 14 : Evolution au cours des années 2007-2010 du chrome VI, sur 2 stations typiquement sous influence terrigène et 2 stations sous influence maritime**



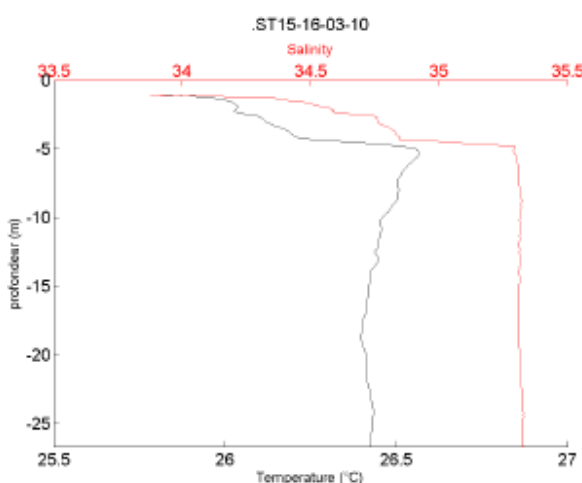
L'empreinte terrigène la plus marquée est enregistrée à la station St15 (Creek de la Baie Nord) où les concentrations en métaux (Mn, Ni et Cr(VI)) dépendent directement des apports terrigènes. L'impact est particulièrement visible pour les eaux de surface de cette station où les fortes concentrations observées sont principalement corrélées à l'intensité des précipitations, même en saison sèche.

**Cette synthèse interannuelle ne montre aucune variation au niveau de la Station ST09, la plus proche du diffuseur, bien que celui-ci ait commencé à émettre de l'effluent traité.**

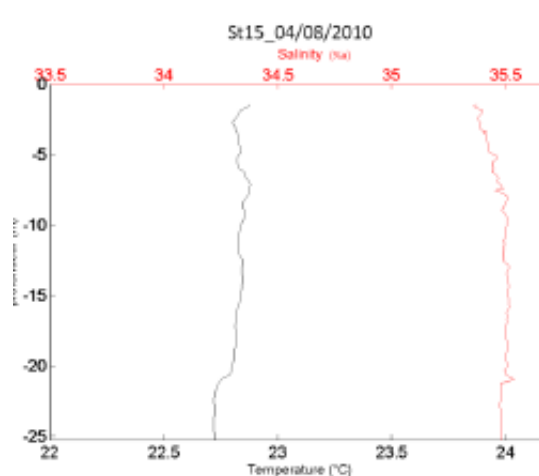
Le creek de la Baie Nord et la station St15 qui lui correspond montrent bien l'influence des apports d'eau douce selon les saisons (figures suivantes).

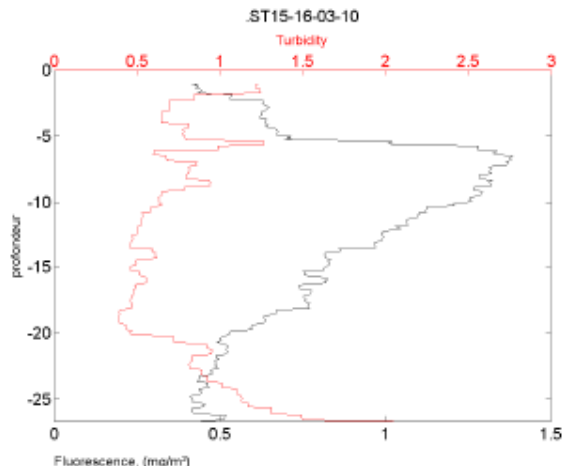
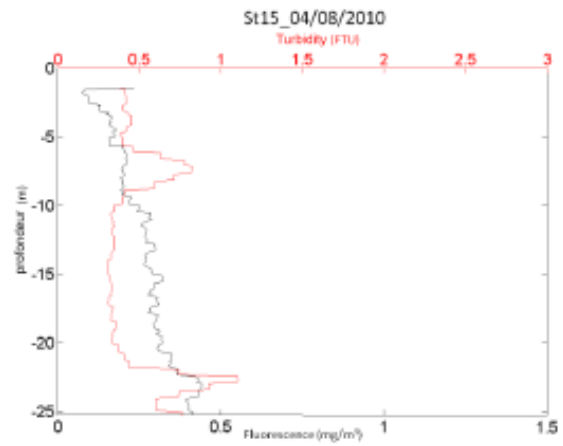
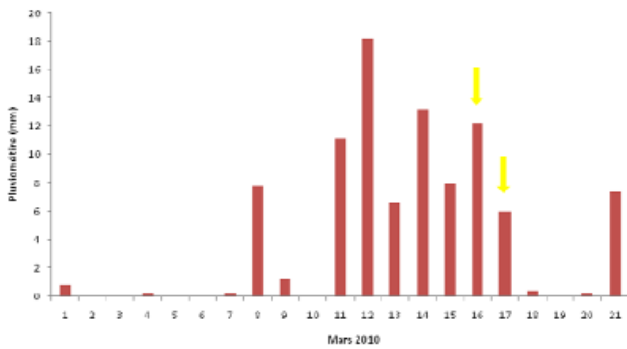
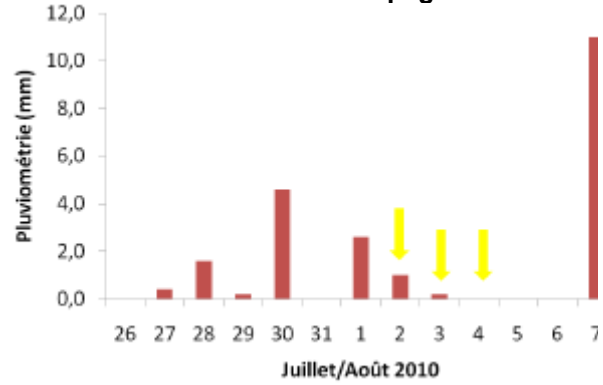
**Figure 15 : Station sous influence terrigène ST15 Creek de la Baie Nord, année 2010**

**En saison humide et chaude (mars 2010)**



**En saison sèche et fraîche (août 2010)**



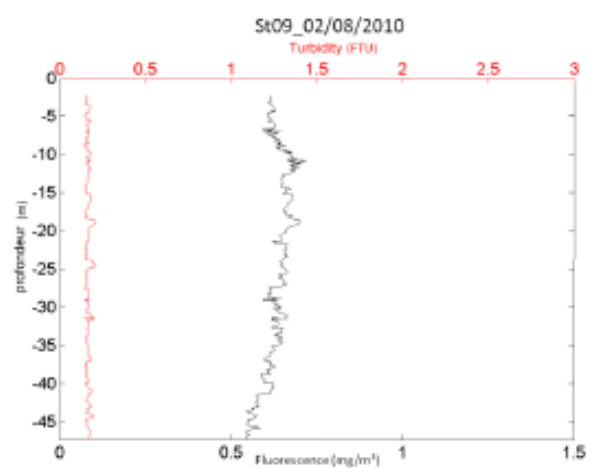
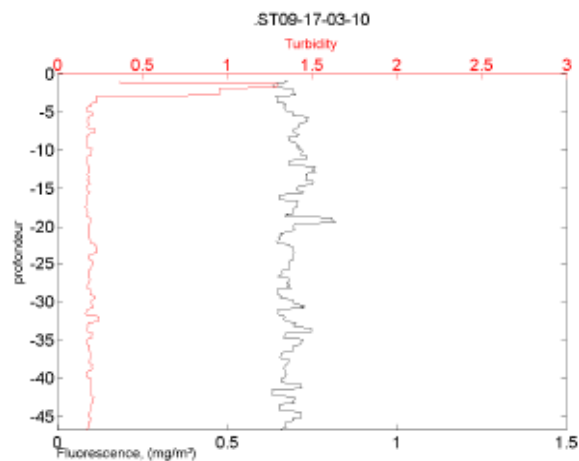
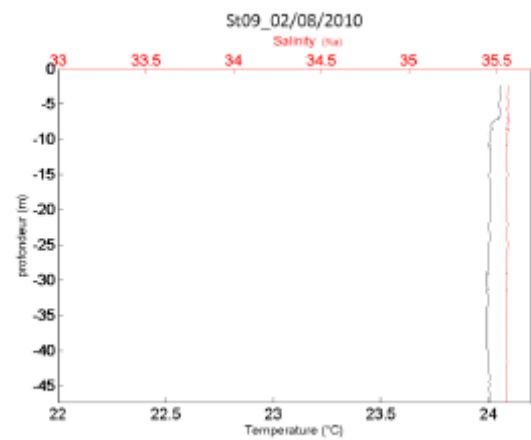
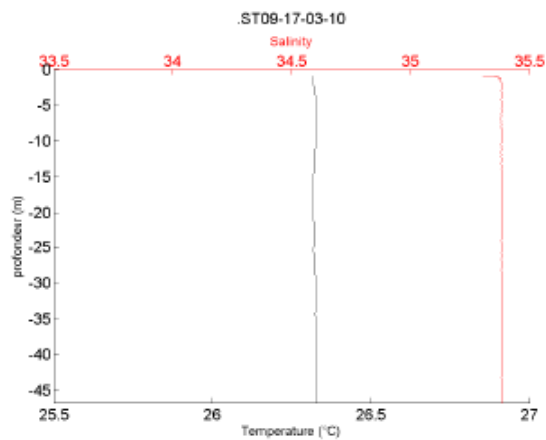
**En saison humide et chaude (mars 2010)**

**En saison sèche et fraîche (août 2010)**

**Pluviométrie lors de la campagne de mars**

**Pluviométrie lors de la campagne d'août**


La station St09 du canal de la Havannah montre un tout autre profil quasi homogène et insensible à l'influence terrigène, comme le montrent les profils de la colonne d'eau sur les figures suivantes.

**Figure 16 : Station du canal de la Havannah ST09 proche du diffuseur, année 2010 - L'homogénéité de la colonne d'eau montre que l'influence terrigène ne l'a pas atteinte, même après de fortes pluies**

**En saison humide et chaude (mars 2010)**

**En saison fraîche et sèche (août 2010)**

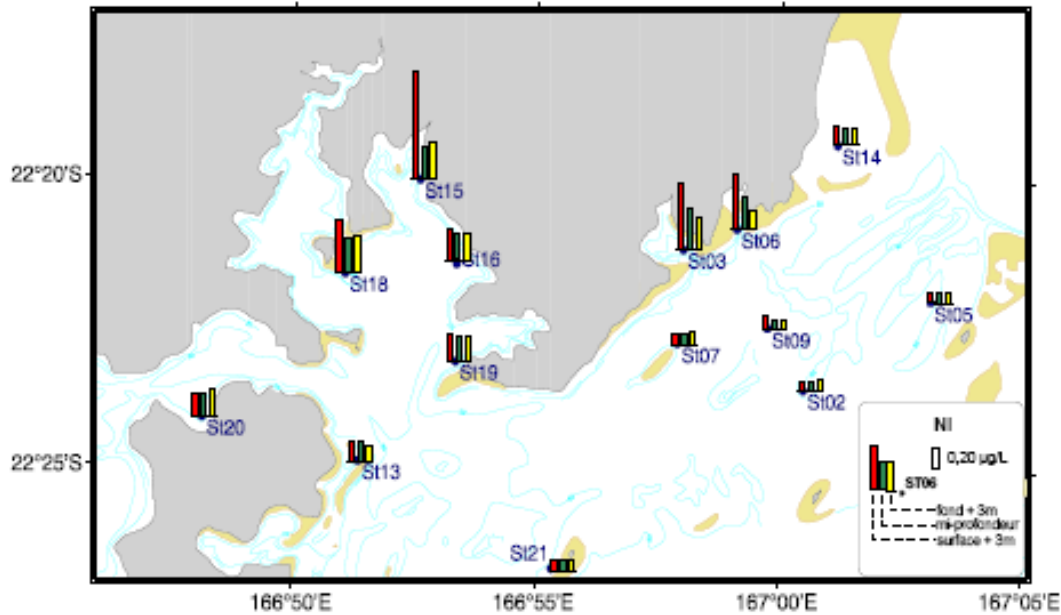


Les structures des colonnes d'eau entre les masses d'eau du canal de la Havannah et les masses d'eau sous influence côtière sont différentes et très facilement discernables, notamment en saison des pluies. Ce fait est confirmé par l'analyse des métaux marqueurs.

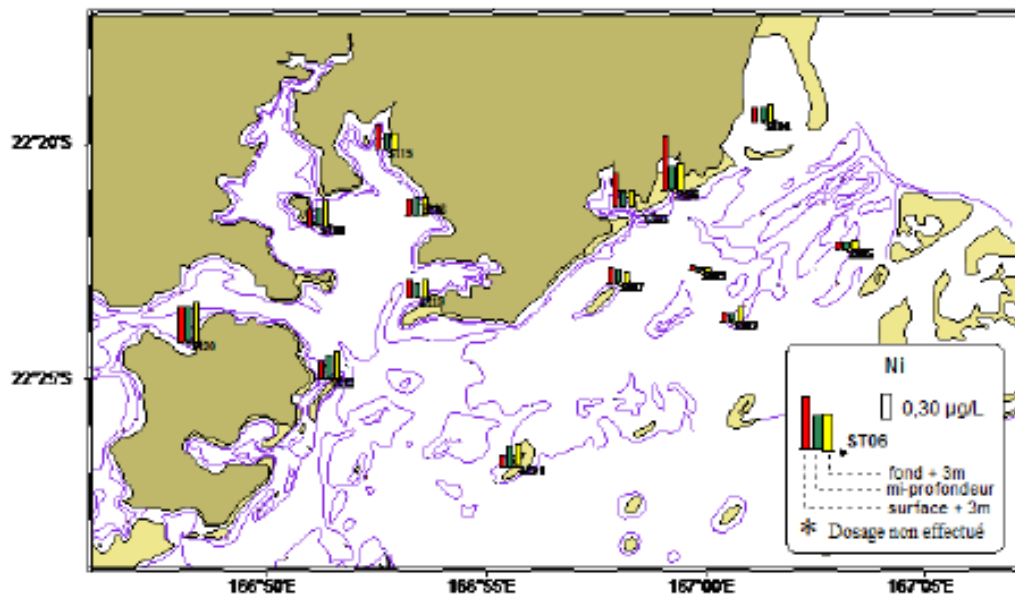
### Suivi du Nickel

En saison de pluies et en surface la station du creek de la Baie Nord présente 1,06 µg/L de Ni alors que ST09 près du diffuseur en plein canal de la Havannah ne présente que 0,13 µg/L de Ni soit 8 fois moins (cf. figure 17).



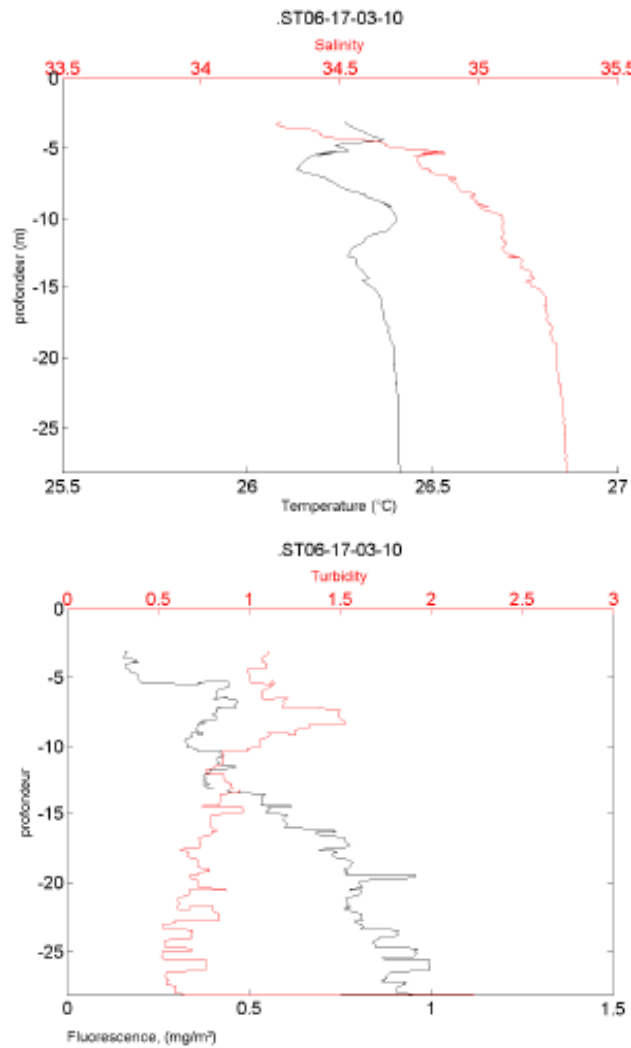
**Figure 17 : Concentration des métaux dissous dans la colonne d'eau - Nickel, mars 2010**


En saison sèche, la station du creek de la Baie Nord présente en surface 0,20 µg/ L de Ni alors que ST09 ne présente que 0, 07 µg/ L de Ni, soit 2,8 fois moins (cf. figure 18).

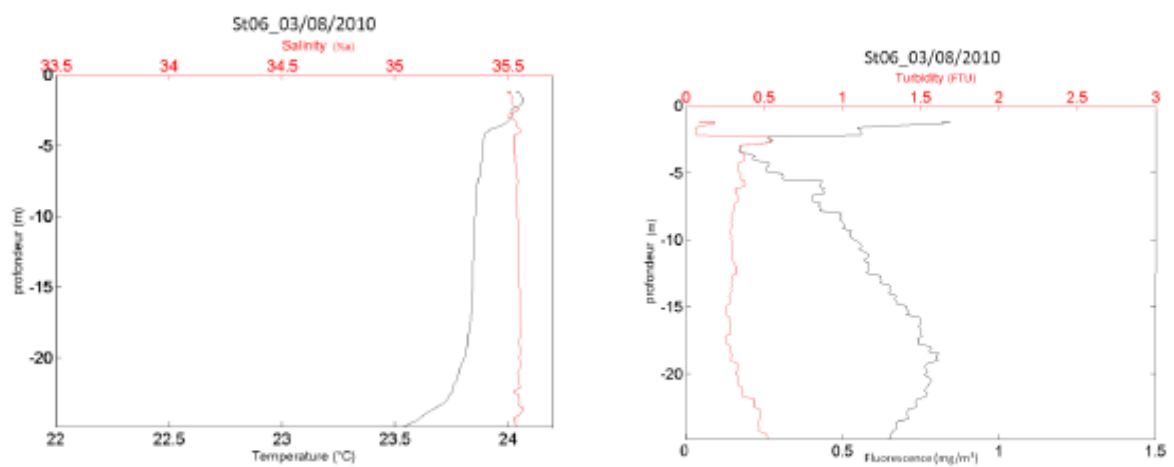
**Figure 18 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau - Nickel, août 2010**


La station située à l'embouchure de la baie Kwé est suivie avec des indicateurs caractéristiques de sa structure de colonne d'eau et aussi avec des indicateurs sédimentologiques. Elle est intéressante à divers titres : ST06 est typiquement une station côtière sous influence naturelle terrigène ; elle ne présente pas de pic de turbidité de la couche de surface aussi prononcé qu'en station ST15 du Creek de la Baie Nord.

**Figure 19 : Structure de la colonne d'eau de la Station ST06 Baie Kwé, en saison humide après de fortes pluies, mars 2010**



**Figure 20 : Structure de la colonne d'eau de la Station ST06 Baie Kwé, en saison sèche, août 2010**

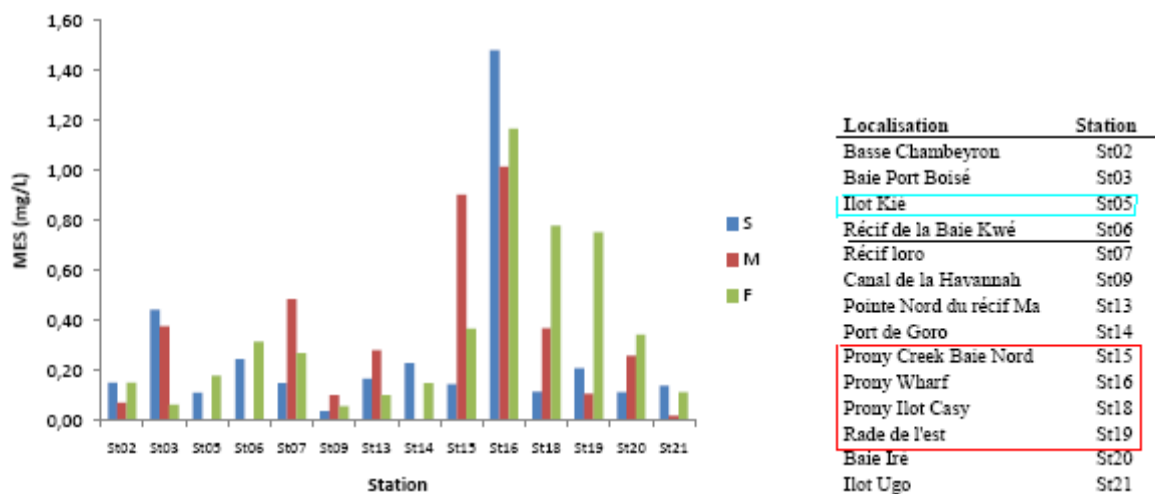


En août 2010, les concentrations en MES sont environ deux fois plus élevées en Baie de Prony (St15, St16, St18 et St19) qu'au niveau des autres stations. Ces MES proviennent des apports d'eaux douces des creeks de la baie du Prony. A l'inverse, **les stations ST03 et ST06, influencées par les apports terrigènes de Port Boisé et la Kwé, respectivement, ont des concentrations de MES assez faibles comparées à celles de la Baie du Prony.**

Les concentrations en MES varient de façon hétérogène dans la colonne d'eau. On remarquera que les valeurs maximales de la charge sont mesurées au niveau de la station St16, proche du port de commerce (ce fait est confirmé par le suivi écologique, chapitre suivant). Le suivi du taux de sédimentation est en accord avec ces résultats, notamment en baie Kwé.

**Figure 21 : Matières en suspension (MES), campagne d'août 2010**

Cependant, on remarquera que les valeurs maximales de la charge sont mesurées au niveau de la station St16, proche du port de commerce.



### Conclusion annuelle du suivi de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau

L'année 2010 est l'année du début de rejet d'effluent par le diffuseur, bien que l'usine ne fonctionne pas de façon optimale et qu'elle soit encore en phase de mise en production, avec de nombreuses périodes d'arrêt, de l'effluent a été rejeté. Le rejet d'effluent traité a débuté après les tests de traçage coloré (rhodamine) qui ont validé la modélisation de la dispersion de l'effluent marin, fin 2009. Le suivi des émissions de l'effluent est donné dans les rapports semestriels et annuels sur les émissions aqueuses.

**Aucune variation du milieu marin n'a été enregistrée pendant l'année 2010. Les stations de prélèvements proches du diffuseur et en profondeur n'enregistrent pas de modification des paramètres physico-chimiques.**

Au cours de la campagne du second semestre 2010, il n'apparaît aucune non-conformité aux valeurs attendues, en comparaison avec les valeurs des états des lieux et des suivis précédents.

Le rapport intégral se trouve à l'annexe 2

### 1.5.2 Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées - Second semestre 2010

#### ○ Rapport de suivi du second semestre 2010, résumé par station

- **La station ST01 de l'îlot Casy**, bien que située au sud de l'îlot et donc à l'opposé de la zone de transplantation corallienne, montre une évaluation du benthos, et notamment du corail, en accord avec le suivi suite aux transplantations. Le recouvrement corallien est faible au tour de l'îlot Casy. Il n'y a pas de blanchissement.
- **La station ST02 dite du Creek de la baie Nord** a été inventoriée 5 fois suite à la fuite d'acide dans le creek en avril 2009. Il n'y a pas de blanchissement. Cette station sujette à l'envasement présente une spécificité de coraux avec des espèces adaptées aux milieux turbides à faible pénétration de lumière dans l'eau. Leur croissance est rapide. Ces espèces présentent des adaptations telles que des sécrétions de mucus ou des polypes exceptionnellement grands pour se dégager de la sédimentation. Cette adaptation de longue date est intéressante avec 69 espèces coralliennes, dont trois de *Millepora*. La richesse spécifique des Scléactiniaires est l'une des plus importantes de la baie de Prony pour ce niveau bathymétrique (66 espèces) réparties préférentiellement dans les familles des Acroporidae (14 espèces), Faviidae (12 espèces), Agaraciidae (5 espèces), Mussidae (5 espèces), Pectiniidae (5 espèces), Merulinidae (5 espèces) et Siderastreidae (4 espèces).
- **La station ST03 du port de Prony** présente une forte sédimentation qui provient des apports terrigènes charriés par les creeks de la zone. Les photographies aériennes confirment ce fait (cf. extrait cartographique ci-dessous). En surface la visibilité peut être réduite en raison 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*).

**Figure 22 : Station ST03 en baie de Prony**



Une comparaison annuelle du taux de recouvrement du substrat par de la vase est effectuée pour répondre à une problématique liée au projet, depuis 2007, en comparant le pourcentage de couverture du substrat vaseux le long des *transects* LIT, et son évolution au cours des missions. Il n'est pas mis en évidence d'envasement accru de la zone. Le recouvrement en vase paraît stable, même si lors de certaines campagnes (2009) il était plus bas, notamment au *transect* A. Cela est dû aux variations saisonnières des algues dont le développement peut être important et, de fait, elles recouvrent saisonnièrement le substrat.

- **La station ST04 du canal Woodin** : le fort hydrodynamisme de cette station est le facteur d'influence principale.
- **La station ST05 d'Ioro** : 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 tuff algal) sur sa fin. Il est évident que, lors de l'évolution des plans de suivi, ce *transect* devra être modifié car il ne fournit pas de donnée indicatrice pertinente.

Pour chacune des 12 stations, l'évolution annuelle des paramètres ichthyologiques est calculée, comme dans l'exemple suivant, à la station loro.

Depuis 2007, le suivi est effectué avec exactement la même méthodologie : on recherche l'évolution temporelle du nombre **d'individus poissons**, de la **densité d'individus par m<sup>2</sup>** et de la **biomasse grammes/ m<sup>2</sup>**. Les calculs sont effectués d'après le listing restreint des espèces selon la méthodologie demandée par les textes réglementaires des arrêtés et de la convention pour la biodiversité.

**Figure 23 : Densité et biomasse sur listes restreintes - Exemple de suivi sur la station loro**

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

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

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

Où :

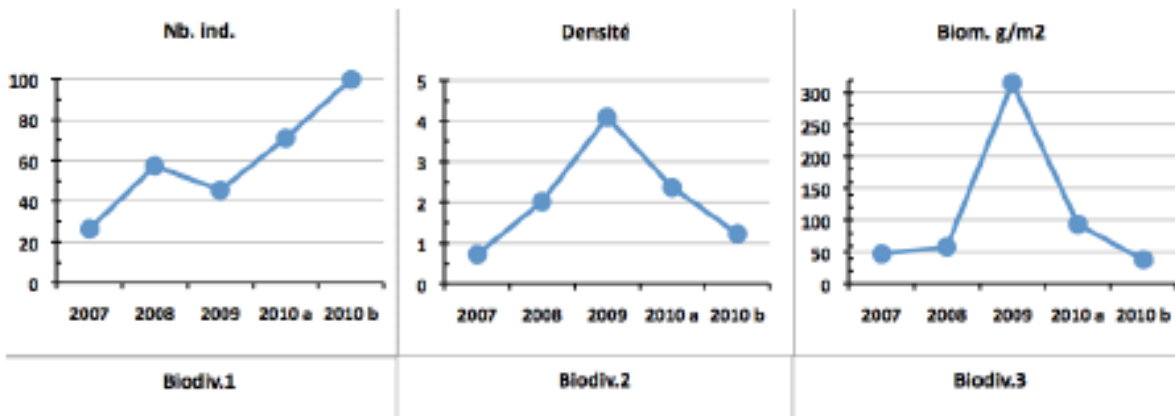
- *L* : longueur du transect (20 m)
- *n<sub>i</sub>* : nombre d'individus de l'espèce *i*
- *w<sub>i</sub>* : poids de l'espèce *i* (g) (de l'espèce *i* : donc de tous les individus *i* de cette espèce)
- *d<sub>i</sub>* : distance moyenne de l'espèce *i* au transect (m)
- *p* : nombre d'espèces.

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

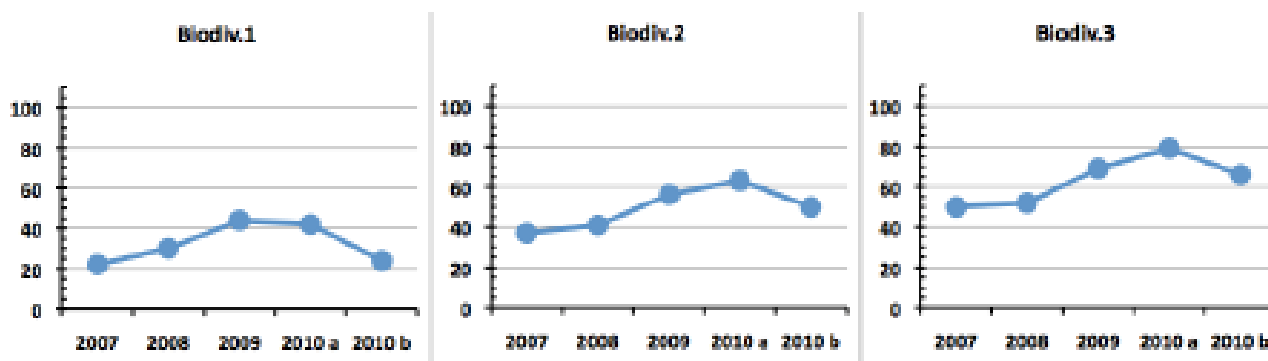
$$w_i = a l_i^b$$

Où :

- *l<sub>i</sub>* = longueur du poisson
- *a* et *b* = variables



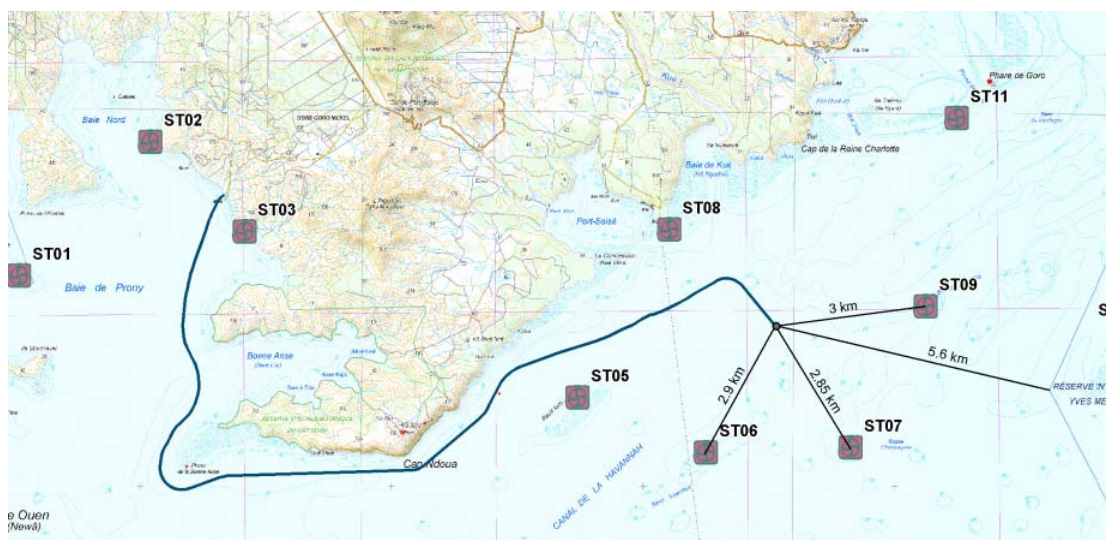
Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé en écologie marine et notamment dans les poissons récifaux. Il a donc également échantillonné l'ichtyofaune pour toutes les espèces. En effet, en notant les effectifs de chacune des espèces rencontrées, il est possible de calculer la biodiversité par station, ce qui permet d'obtenir les biodiversités alpha, bêta et gamma sur la zone ; ainsi que l'équitabilité (indice de Shannon relatif).

**Figure 24 : Biodiversité sur liste exhaustive. Exemple de suivi sur la station Ioro**


L'ensemble des données, les comparaisons interannuelles ainsi que la synthèse sont présentés à l'annexe 3 dans le rapport intégral.

### La station ST06 du banc Ionontea et les autres stations du centre du canal de la Havannah

Les stations **ST05 Ioro**, **ST06 Ionontea**, **ST07 base Chambeyron** et **ST09 banc Kié** sont situées dans le canal de la Havannah et encadrent la zone du rejet de l'effluent à des distances indiquées sur la carte ci-dessous. Ces stations sont en zone d'influence maritime et sous fort hydrodynamisme comme indiqué dans les suivis des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

**Figure 25 : Positionnement des stations écosystémiques autour du diffuseur**


**Les missions de surveillance 2010 n'ont détecté aucune modification ni aucune tendance évolutive indiquant un stress ou un effet sur ces stations, alors que l'effluent est rejeté.**

Un schéma structural est ainsi présenté (tableau et figure suivants), pour chacune des 12 stations fixes sous-marines. Ce schéma est réactualisé à chaque mission. Il permet de retrouver la station de façon aisée en cas d'urgence, en cas de mission par un autre prestataire que celui ayant effectué la pose des stations ou en cas de mission en double aveugle, etc. Ces aides à la reconnaissance du positionnement précis des stations sont données dans les rapports aux administrations compétentes et à l'OEIL. A titre d'exemple voici ce qui est indiqué pour la station ST06 :

**Tableau 11 : La station ST06 du Banc Iononatea : schéma structural et positionnement**

<b>Localisation géographique</b>	Au nord-est du banc Iononatea. Le banc Iononatea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. <a href="#">photographie 12</a> ) et subit les forts courants de marée et l'assaut des trains de houle. Aucun abri n'est possible.
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	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 courants intenses ont généré des éboulements de blocs (10 cm à 1 m) et retourné des <i>Acropora</i> tabulaires. Le transect C se situe en bas de pente. Au-delà, les massifs coralliens sont beaucoup plus espacés et le sable parsemé de débris, représente plus de 70 % du recouvrement.

**Figure 26 : La station ST06 du Banc Iononatea : schéma structural et positionnement**


Figure 26b : La station ST06 du Banc Ionontea : schéma structural et positionnement

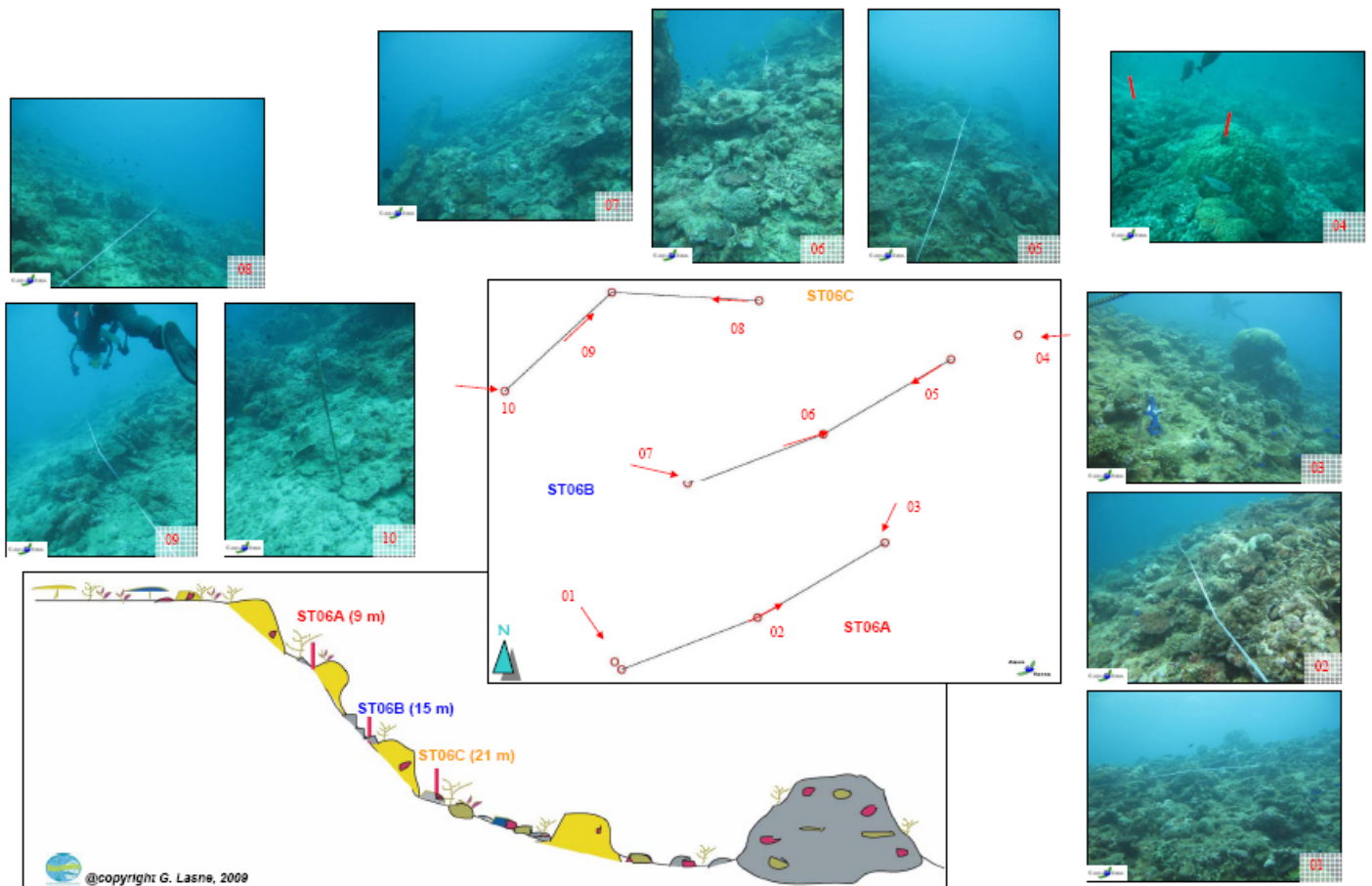






















Figure n°034 : Schéma structural, plan et photographies de la ST06

- |   |                                    |  |                          |
|---|------------------------------------|--|--------------------------|
|  | Corail massif vivant               |   | <i>Sarcophyton</i>       |
|  | Corail branchu vivant              |   | <i>Lobophytum</i>        |
|  | Corail tabulaire vivant            |   | <i>Sinularia</i>         |
|  | Corail foliacé vivant              |   | <i>Sinularia blanchi</i> |
|  | Gorgones                           |   | <i>Halimeda</i>          |
|  | Corail branchu blanchi et vivant   |   | <i>Caulerpa</i>          |
|  | Corail tabulaire blanchi et vivant |   | <i>Lobophora</i>         |
|  | Corail foliacé blanchi et vivant   |  | Spongiaire               |
|  | Corail massif blanchi et vivant    |  |                          |
|  | Massif corallien mort - Roche      |   | Transect A, B, ou C      |
|  | Débris coralliens                  |  |                          |



## La station côtière du canal de la Havannah ST08 pointe Puka

Figure 27 : La station ST08 de la pointe Puka : schéma structural et positionnement



La morphologie de cette station est particulière par rapport aux autres stations de suivi car elle est composée de plusieurs éperons séparés par des vallées d'une dizaine de mètres de largeur et jusqu'à 9 m de profondeur. Le recouvrement le plus important de 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 petite taille s'épanouissent.

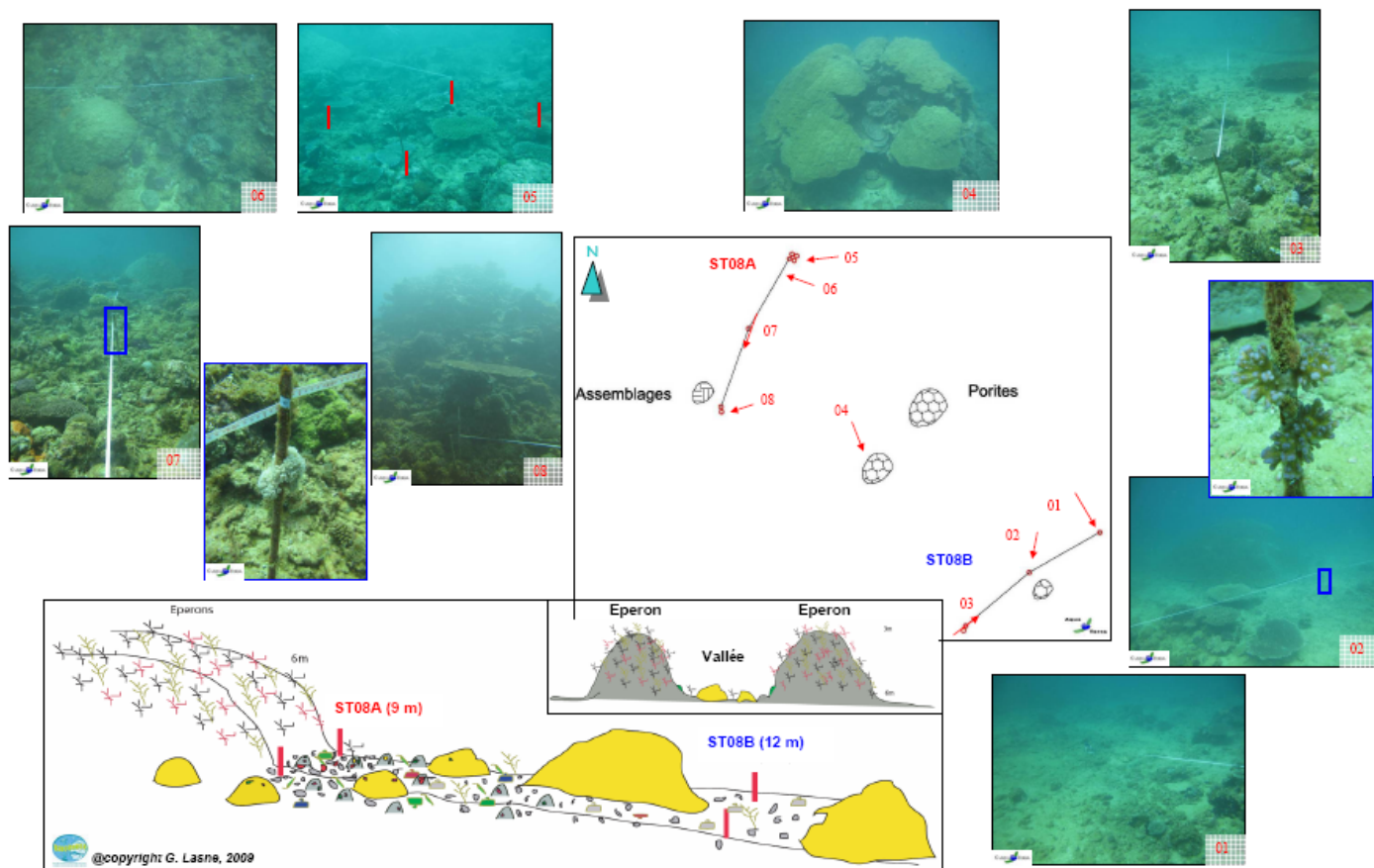
**Figure 27b : La station ST08 de la pointe Puka : schéma structural et positionnement**


Figure n°046 : Schéma structural, plan et photographies de la ST08

### La station ST 10 en réserve Merlet : îlot Kié

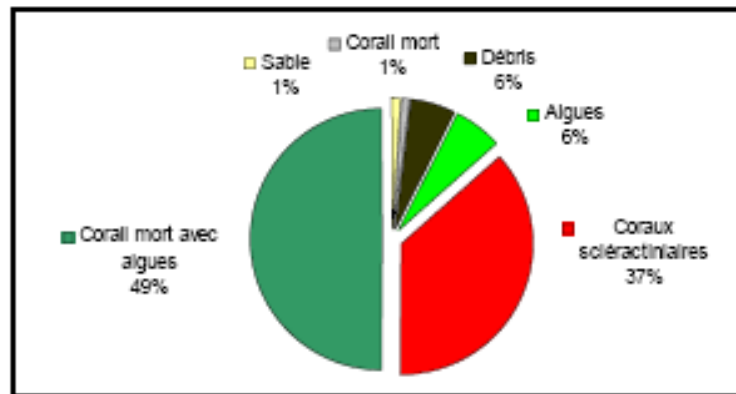
Cette station est située à l'intérieur du périmètre de la réserve intégrale Merlet et du « bien » inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. Une autorisation spéciale d'entrée, délivrée par la Province sud, est nécessaire afin d'effectuer les évaluations semestrielles.

Cette station est toujours remarquable par sa couverture en coraux Scléactiniaires (corail dur) qui représentent 45% et 39,5% du substrat sur les *transects* A et B (plus fort taux de recouvrement de toutes les stations), même si ces taux sont en baisse depuis la dernière mission (- 7% environ). Associés aux coraux morts recouverts d'algues (50% et 58,5%), ces deux *transects* obtiennent 92,5% et 94% de substrat biotique.

Le substrat du *transect* C est constitué essentiellement de sable (74%) et les coraux Scléactiniaires n'y sont plus présents qu'à 6%, ce *transect* n'est donc pas un bon indicateur.

A noter : il y a toujours sur le *transect* A des coraux blancs (1%), ainsi que des Cynanobactéries (4,5%).

**Un recouvrement exceptionnel du secteur biotique et notamment des coraux durs sur le *transect* A (10 m de profondeur) de la station de l'îlot Kié est présenté sur le schéma suivant, pour la mission d'août 2010.**

**Figure 28: ST10 Transect A Substrat. LIT, août 2010**


### Le benthos

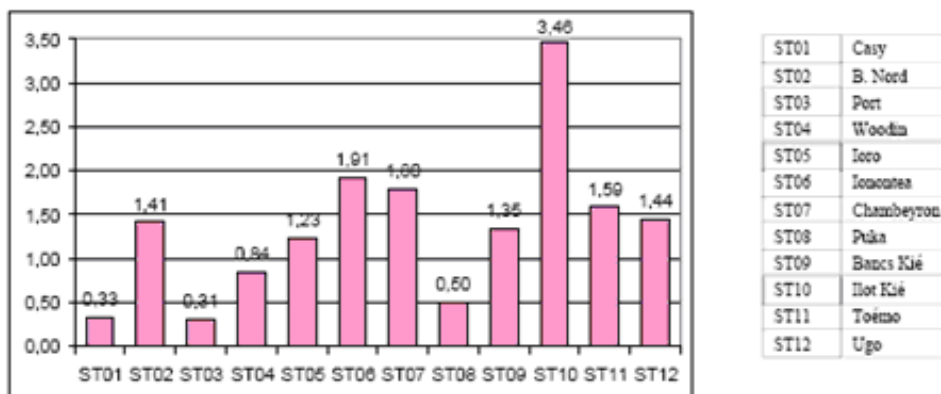
La présence d'un spécialiste des coraux dans l'équipe du suivi environnemental marin a permis d'augmenter encore la richesse spécifique corallienne de cette station, qui est la plus importante de toutes (104 espèces coralliennes dont 100 de corail dur), avec 3 espèces nouvellement recensées : *Euphyllia cristata*, *Goniastrea australiensis*, *Podabacia crustacea*.

Cependant, les dégradations sur les coraux ne sont pas négligeables. De nombreux débris coralliens jonchent le sol (dégradation des coraux branchus). Quelques colonies du genre *Acropora* montrent des marques de blanchissement et de nécrose (certainement due à la prédation des mollusques et des *Bolbometoponte*).

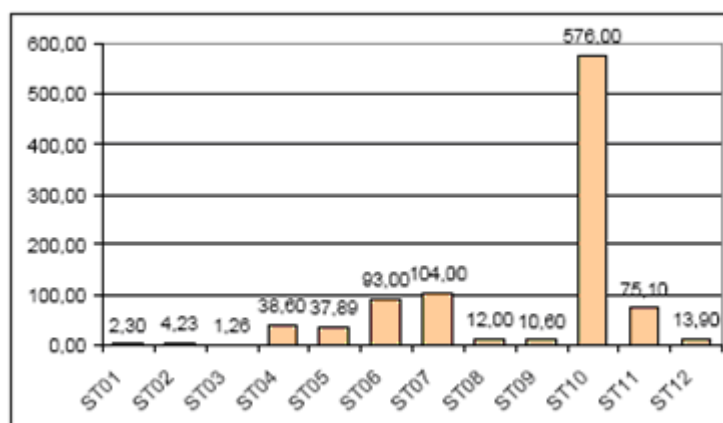
D'autres colonies (*Acropora* branchues et tabulaires) sont recouvertes par des cyanobactéries et présentent les symptômes de la maladie de la bande blanche (*white band disease*). Les cyanobactéries, qui étaient auparavant en régression, voient désormais leur développement à nouveau progresser sur les *Acropora* branchus et tabulaires du transect supérieur A.

Au niveau du transect B de l'îlot Kié, par 16 m de profondeur, la richesse spécifique corallienne est également élevée par rapport aux autres stations du canal de la Havannah. Cette mission a constaté qu'elle avait encore augmenté d'une espèce (*Coeloseris mayeri*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 98 espèces coralliennes, dont l'espèce de *Tubipora musica*, deux espèces d'antipathaire, une espèce de gorgone et une espèce de *Millepora* branchu.

**Pour les poissons**, sur l'ensemble des transects de la station ST10, 384 individus appartenant à 67 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3,46 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 576,45 g/m<sup>2</sup> (chiffre le plus important et sans aucune mesure avec les résultats des autres stations, cf. figure ci-dessous).

**Figure 29 : Densité de l'ichtyofaune par station (en nombre d'individus par m<sup>2</sup>)**


ST01	Casy
ST02	B. Nord
ST03	Port
ST04	Woodin
ST05	Iero
ST06	Iocoutea
ST07	Chambeyron
ST08	Puin
ST09	Bancs Kié
ST10	Îlot Kié
ST11	Toïmo
ST12	Ugo

**Figure 30 : Biomasse de l'ichtyofaune par station (en grammes par m<sup>2</sup>)**


La station ST10, située en réserve intégrale Merlet, est nettement plus poissonneuse sur tous les paramètres indicateurs. Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 et 2010 est effectuée sous l'angle de vue de ce critère, les cinq campagnes sont hautement similaires.

Pour plus de détails voir le rapport complet à l'annexe 3 de ce document.

#### - La station ST11 du récif Touemo

Les conditions hydrodynamiques sont soutenues sur cette station située 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.

- Accumulation de débris coralliens et de roches en bas de pente.
- Les scléactiniaires développent des morphologies robustes.
- La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs.

Il n'y a pas d'envasement au niveau de cette station côtière.

#### - La station ST12, dite d'Ugo

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°, est 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).

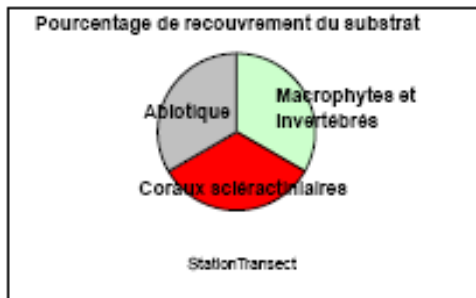
Des couloirs d'effondrement caractérisent cette station.

De façon synthétique, il est possible de présenter les résultats de la mission de suivi d'août 2010 sur des cartes à vocation de présentation informative synoptique (et sujettes à évoluer selon les besoins).

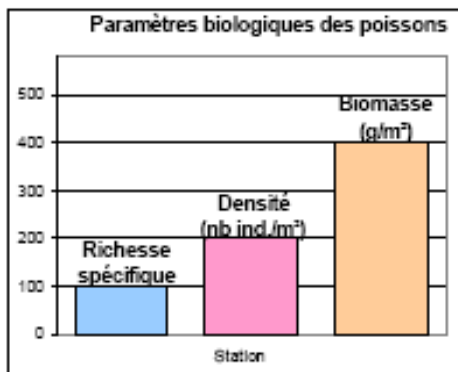
Figure 31 : Représentation cartographique - Légende

## Légende :

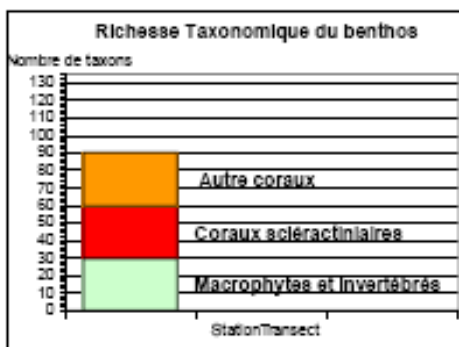
La légende de cette carte indique :



Le SUBSTRAT : camembert présentant le pourcentage Abiotique (en gris) du LIT sur chaque transect chaque station ; le pourcentage de coraux durs (Scléactiniaires) en rouge et les Macrophytes (algues) et invertébrés.

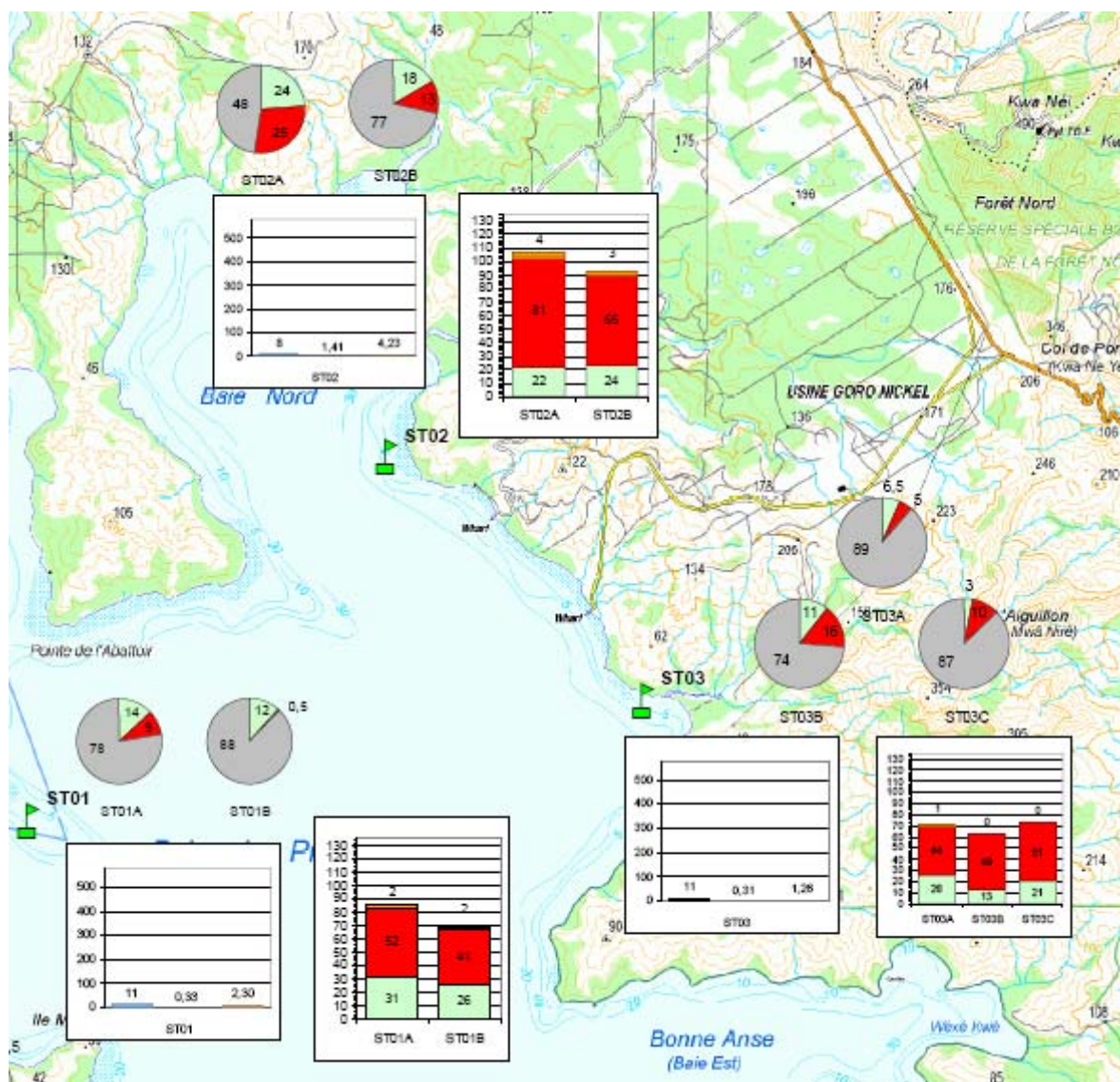


Les POISSONS : histogramme présentant la richesse spécifique, la densité et la biomasse sur liste restreintes, par station.

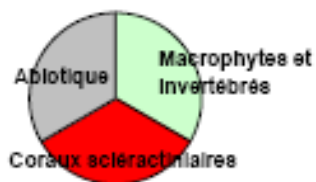


Le BENTHOS : en nombre de taxons par couloir d'inventaire sur chaque transect de chaque station avec les coraux durs, les autres coraux et les macrophytes + autres invertébrés.

Figure 32 : Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03



Pourcentage de recouvrement du substrat



Station/Transect

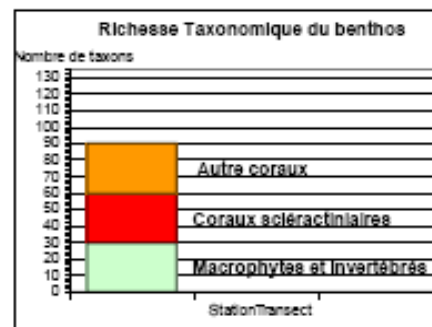
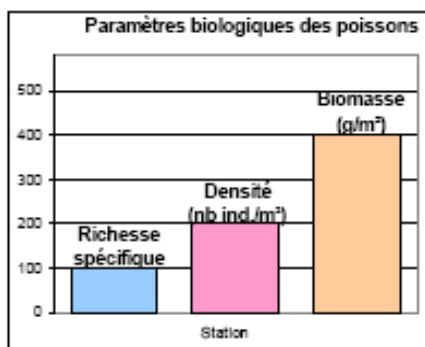
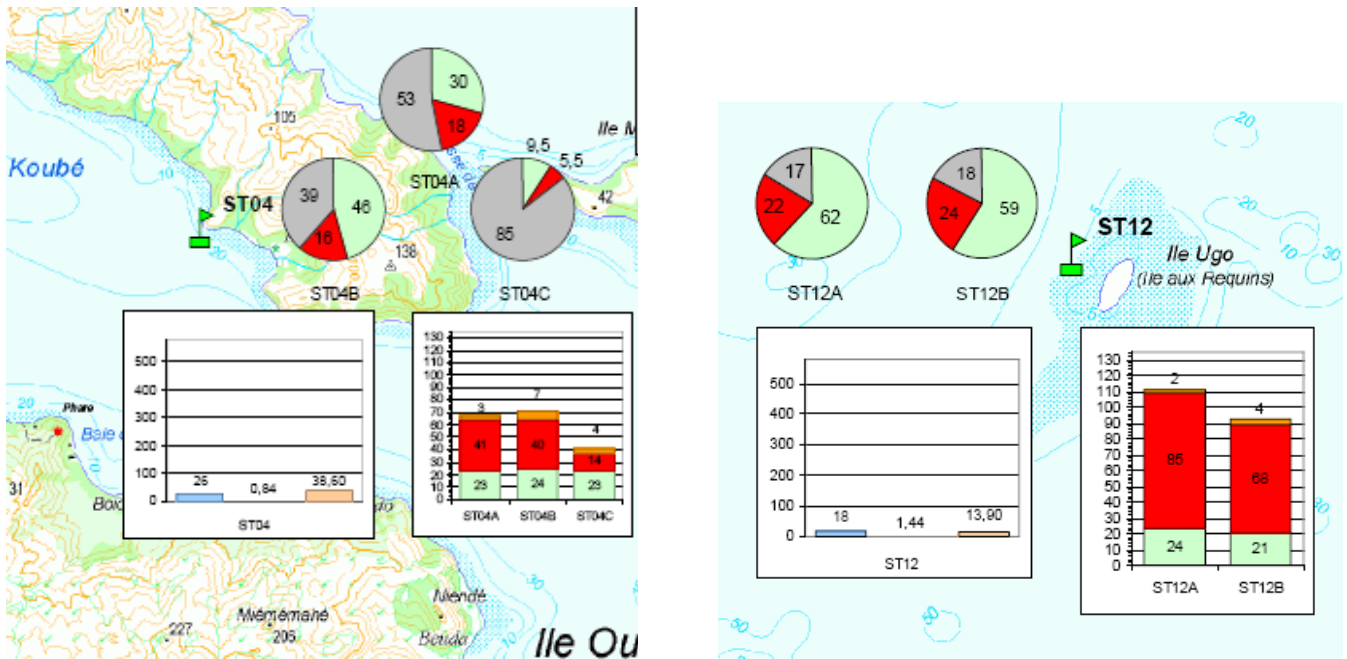
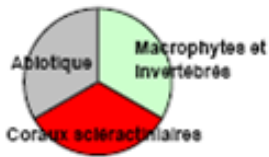


Figure 33 : Pour le canal Woodin ST04 et la station Ugo ST12



Pourcentage de recouvrement du substrat



Station/Transect

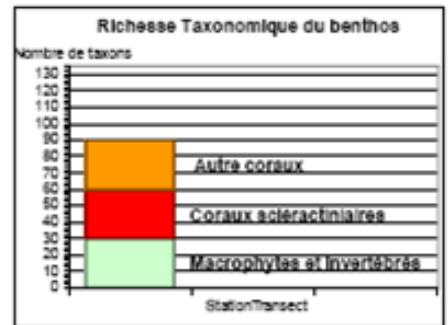
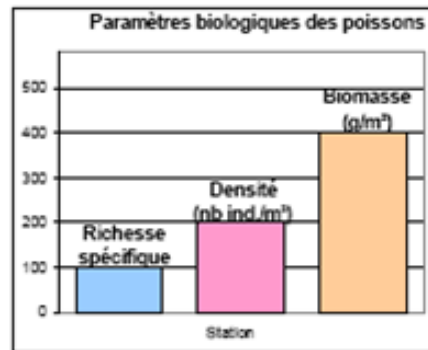


Figure 34 : Canal de la Havannah : station ST10 îlot Kié en réserve Merlet ; station ST09 sur le banc de Kié et station Chambeyron ST07

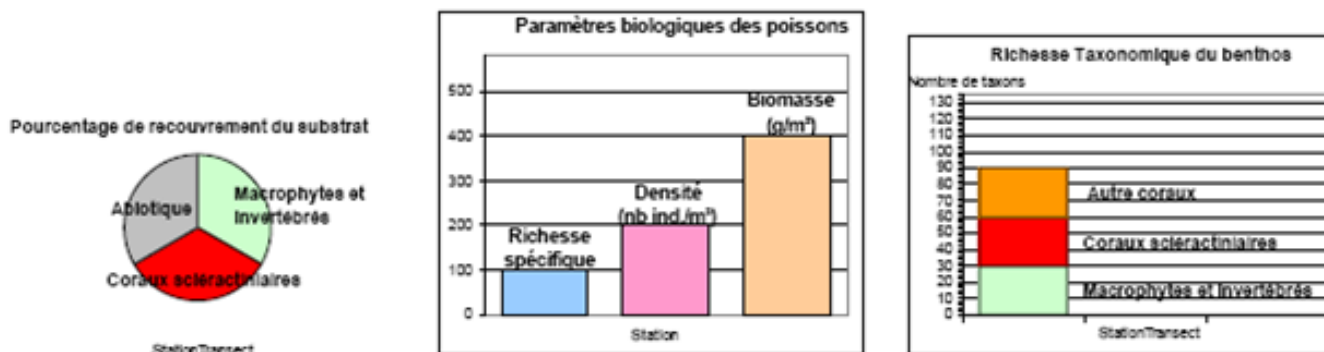
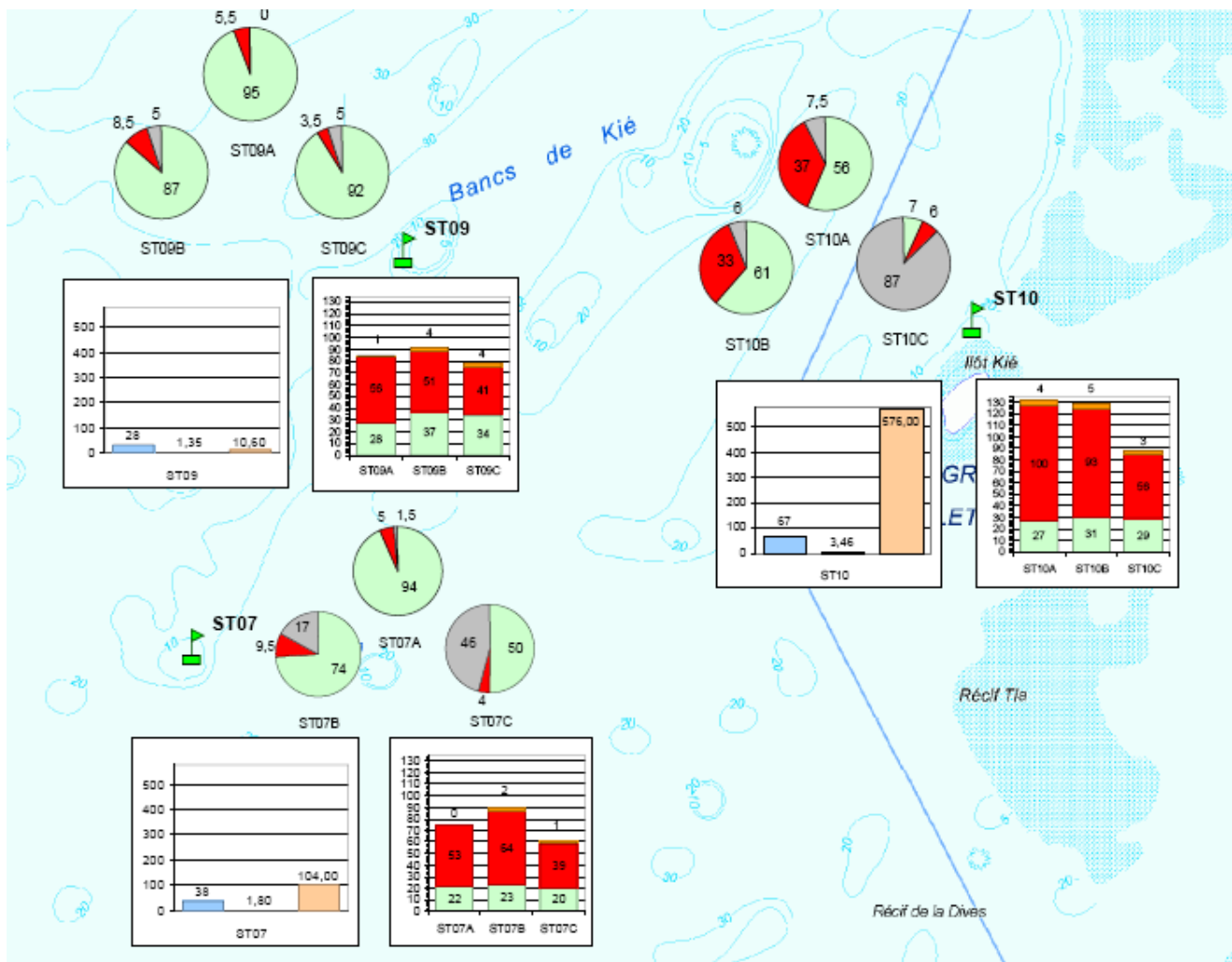
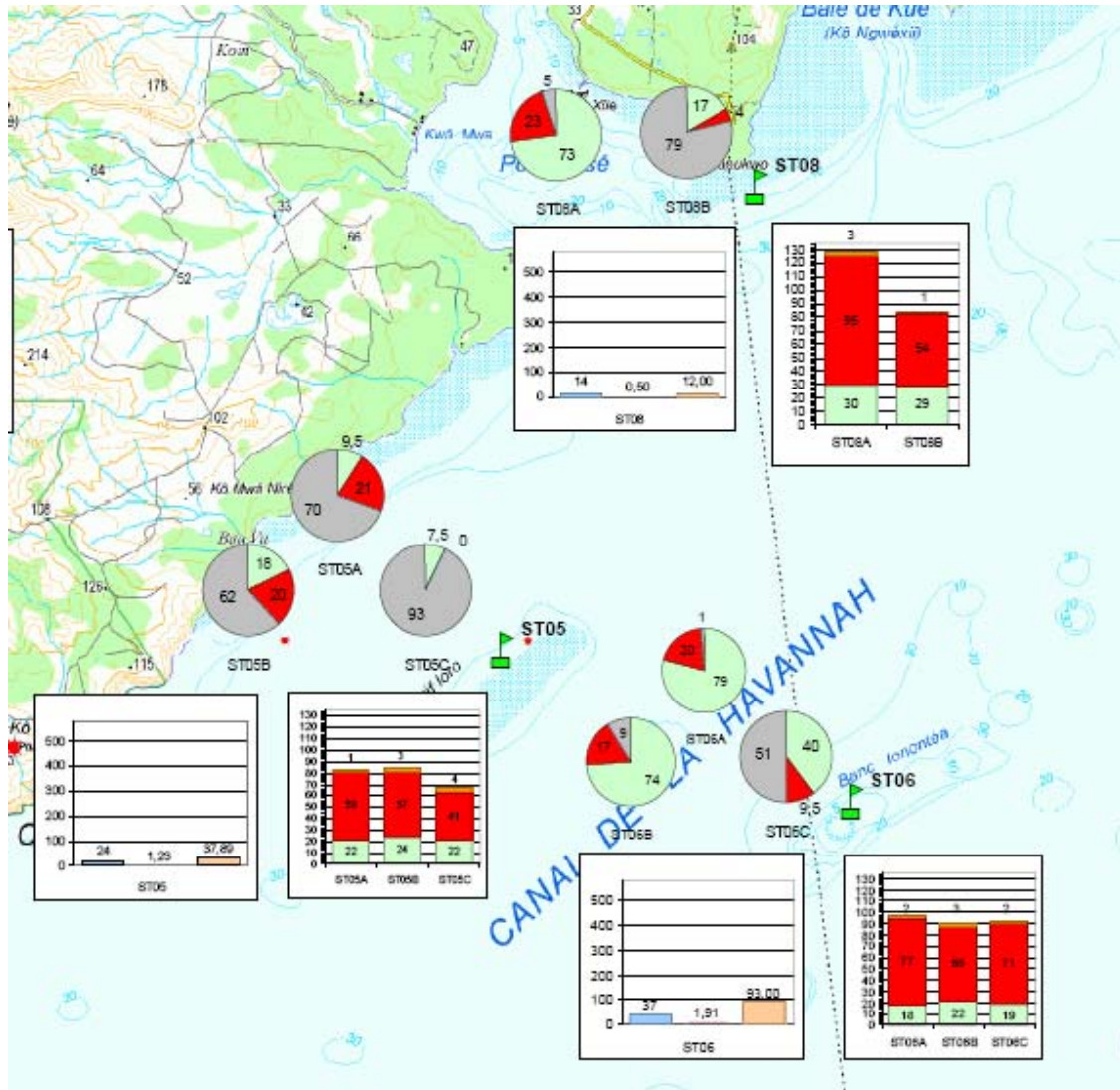
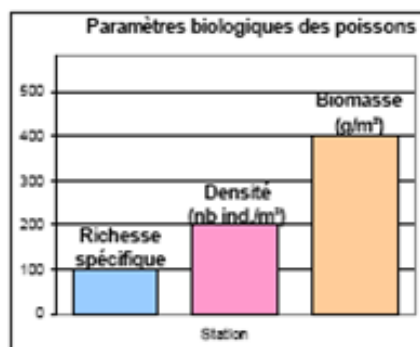
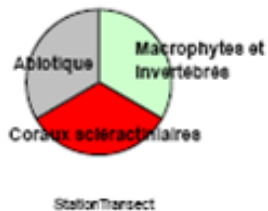


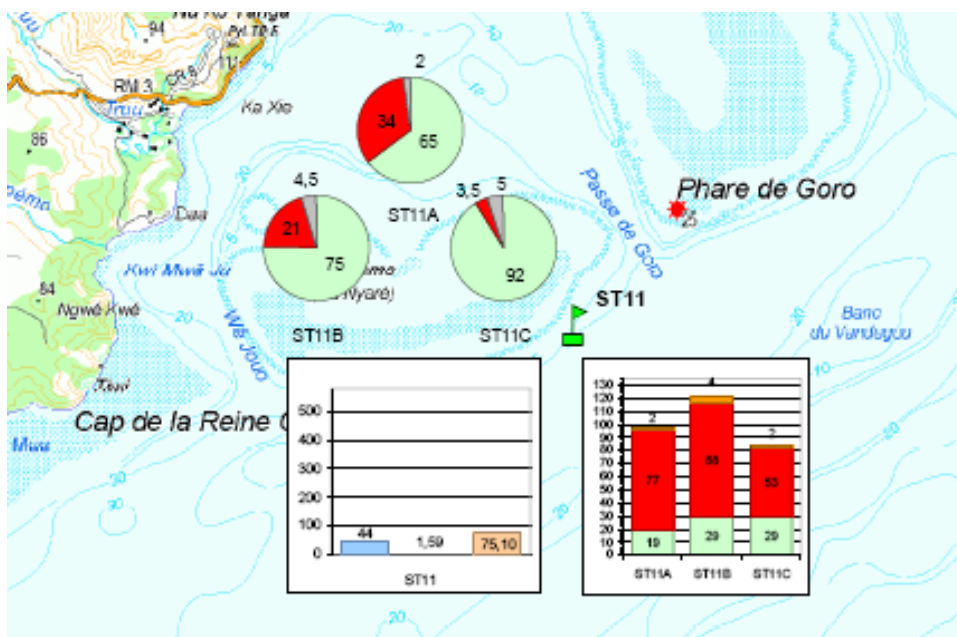
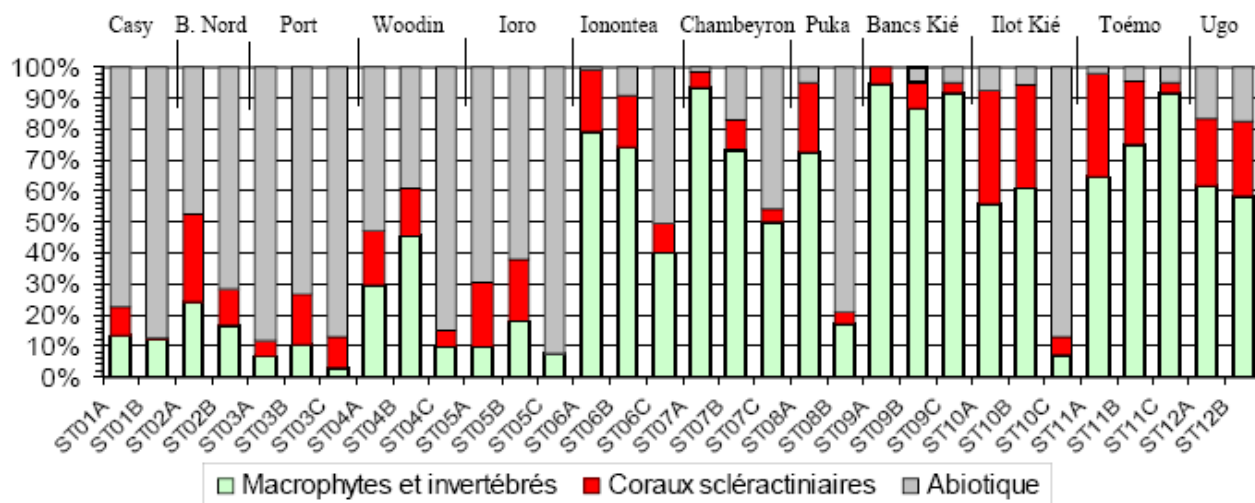


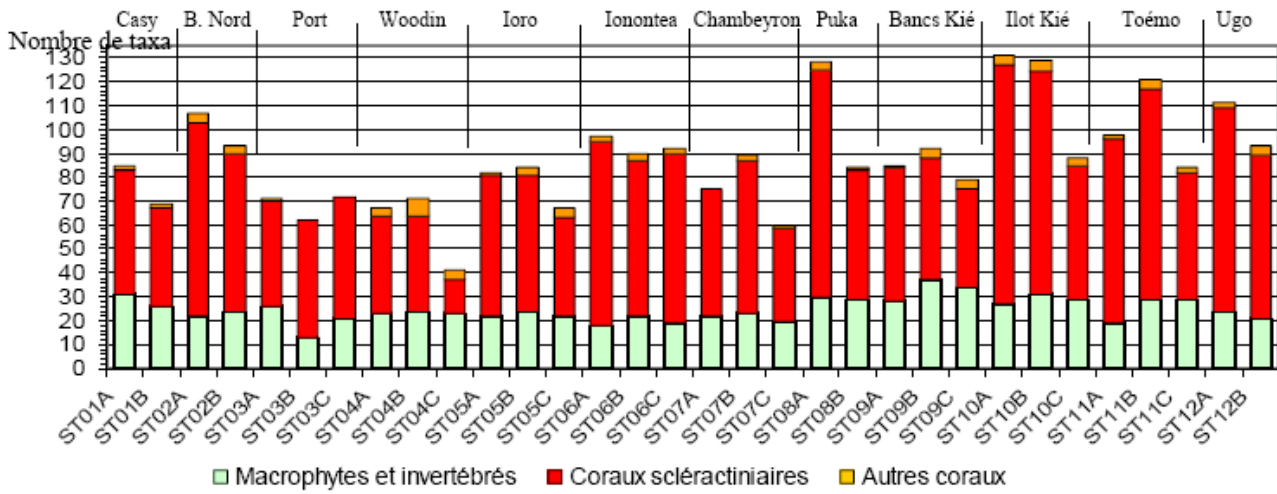
Figure 35 : Stations du canal de la Havannah : ST05 Ioro ; ST06 Ionontea ; et ST08 Puka.(stations les plus proches du diffuseur)



Pourcentage de recouvrement du substrat

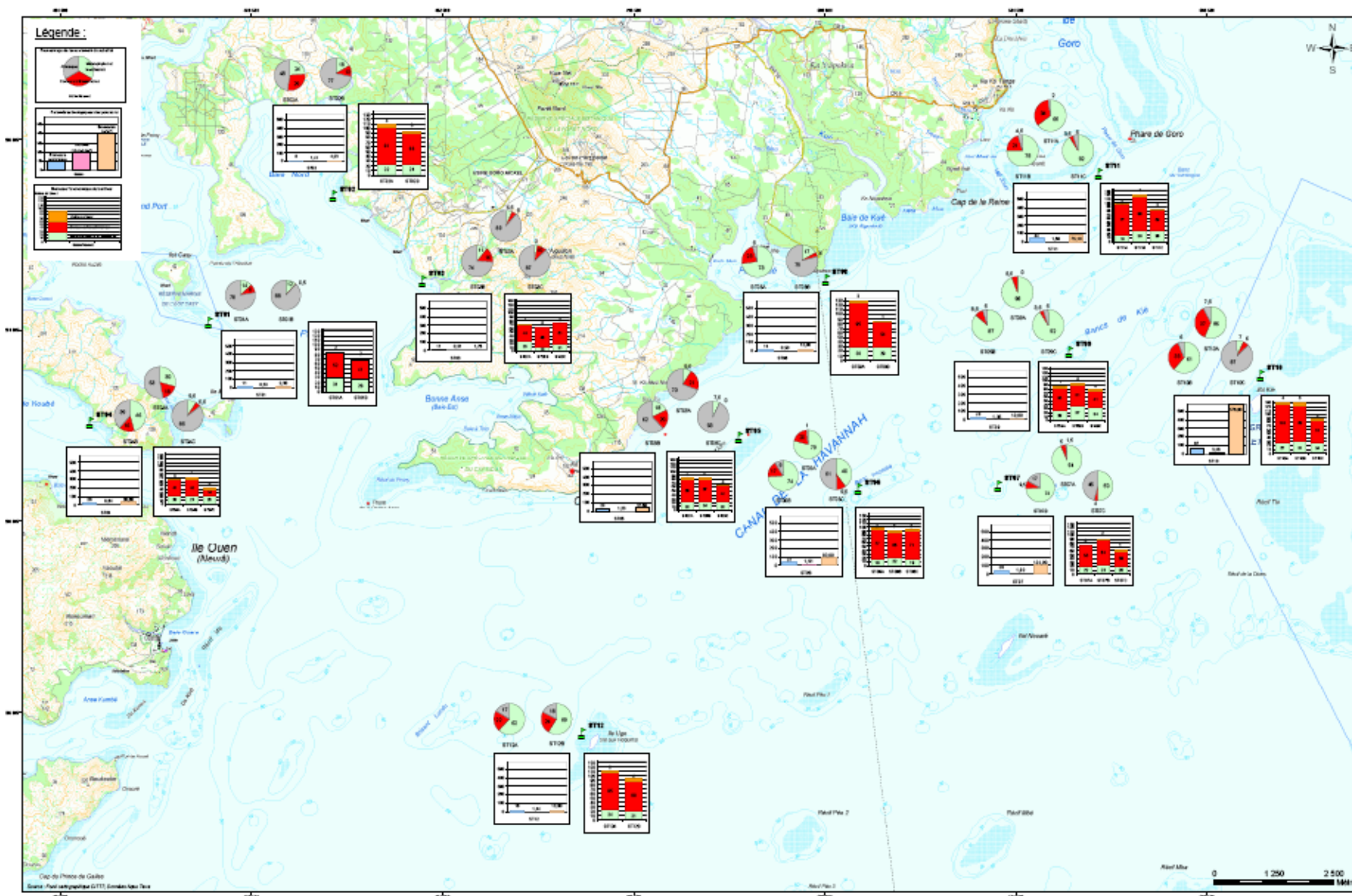


**Figure 36 : Dernière station inventoriée selon les prescriptions règlementaires : ST11 Toémo**

**Figure 37 : Comparaison entre stations pour le substrat sur LIT**


**Figure 38 : Comparaison entre stations pour le Benthos (histogrammes dans les icones cartographiques)**

**Tableau 12 : Comparaison entre stations pour les poissons**

STATION	ST01 Casy	ST02 B. nord	ST03 Port	ST04 Wood.	ST05 Ioro	ST06 Ionon.	ST07 Chamb	ST08 Puka	ST09 B. Kié	ST10 I. Kié	ST11 Toémo	ST12 Ugo
PARAMETRES BIOLOGIQUES												
Nombre individus	21	45	31	80	100	190	178	31	133	384	180	108
Richesse spécifique	11	8	11	26	24	37	38	14	28	67	44	18
Densité (nb ind/m <sup>2</sup> )	0,33	1,41	0,31	0,84	1,23	1,91	1,80	0,50	1,35	3,46	1,59	1,44
Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	2,30	4,23	1,26	38,60	37,89	93,00	104,00	12,00	10,60	576,0	75,10	13,90
Indice Shannon	3,30	2,26	2,97	4,08	4,09	4,41	4,70	3,46	4,02	4,92	4,76	3,39
Indice Equitabilité	0,95	0,75	0,86	0,87	0,89	0,85	0,90	0,91	0,84	0,81	0,87	0,81

Figure 39 : Résultats généraux pour le suivi biologique du milieu marin, campagne de septembre 2010



○ **L'évolution temporelle des stations de suivi éco-systémique**

La seconde moitié du rapport de suivi semestriel est consacrée à l'étude des variations temporelles grâce à l'historique du suivi des stations. Seuls quelques indicateurs sont rapportés ici, le document contenant les données intégrales se trouve à l'annexe 3.

○ **La richesse taxonomique des stations et des transects au niveau du benthos**

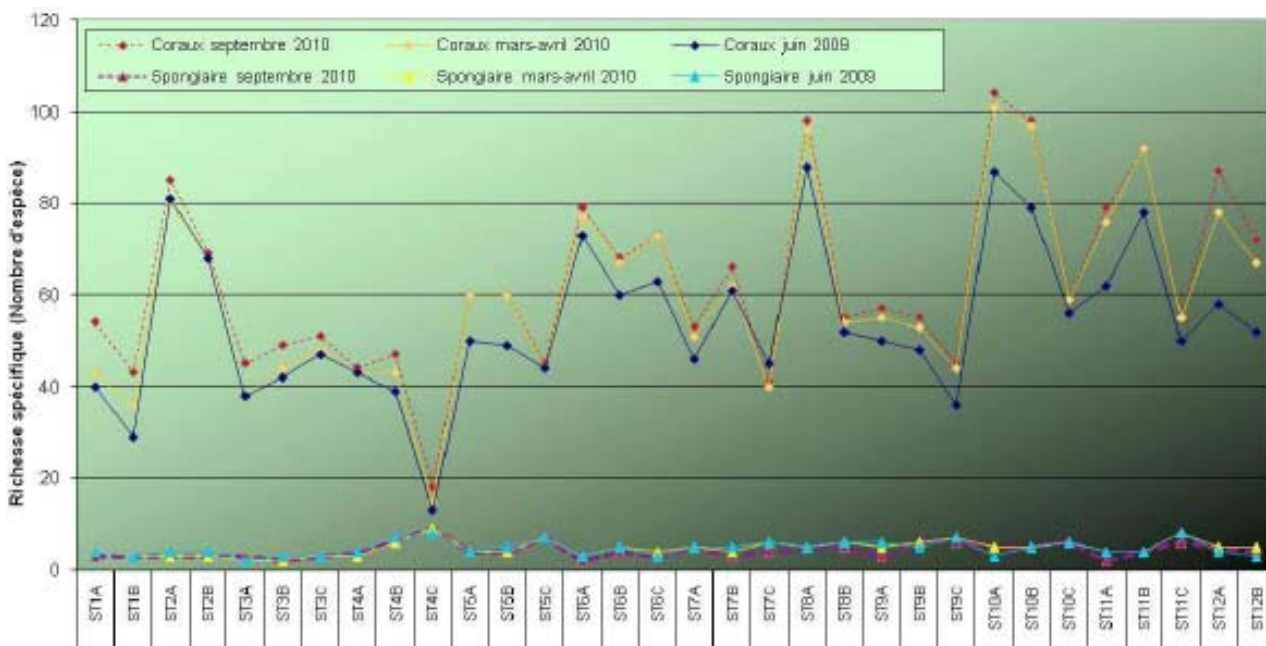
**Espèces nouvellement recensées**

Pour les stations de la baie de Prony, quatre espèces coralliennes ont été nouvellement recensées depuis la dernière mission : *Favia stelligera*, *Goniastrea australiensis*, *Lobophyllia pachysepta*, *Symphyllia valenciennesii*.

Pour les stations du canal de la Havannah ce sont 8 espèces qui ont été nouvellement recensées depuis la dernière mission :

- six espèces coralliennes : *Astreopora moretonensis*, *Euphyllia cristata*, *Favia stelligera*, *Favia pentagona*, *Acanthastrea bowerbanki*, *Symphyllia valenciennesii* ;
- une espèce d'algue rouge du genre *Liagora* ;
- une espèce d'holothurie *Actinopyga palauensis*.

**Figure 40 : Comparaison de la richesse taxonomique (coraux, spongiaires) par station et évolution depuis juin 2009**

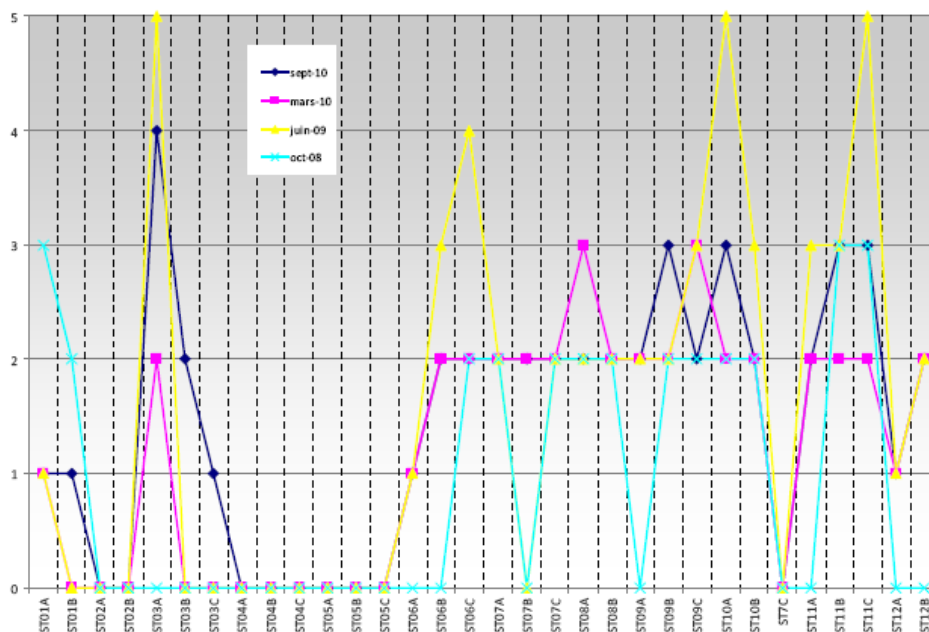


**L'abondance de colonies coralliennes juvéniles sur l'ensemble des stations est caractéristique de récifs en bonne santé, assurant le maintien des populations à l'échelle décennale (capacité de recolonisation et de résilience).**

**Les cyanobactéries** sont caractéristiques d'un dérèglement du système environnemental lorsque leur développement est important (milieu riche en composés organiques dissous et plus particulièrement en composés azotés). Leur développement est favorisé avec l'augmentation de la température de l'eau. Ces algues filamenteuses ont été observées en très faible proportion (présence) dans quasiment toutes les stations de suivi, sauf pour les stations ST02 et ST05 (absence). Le

développement en faible proportion est un phénomène naturel à surveiller mais qui n'a pas d'incidence sur l'environnement à ce stade (résultats en cohérence avec ceux de la thèse d'A.S. Kerbrat, 2010).

**Figure 41 : Abondance de cyanobactéries (suivi volontaire depuis 2008)**



*Abondance (échelle 1 à 5) des cyanobactéries (toutes stations, depuis 2008)*

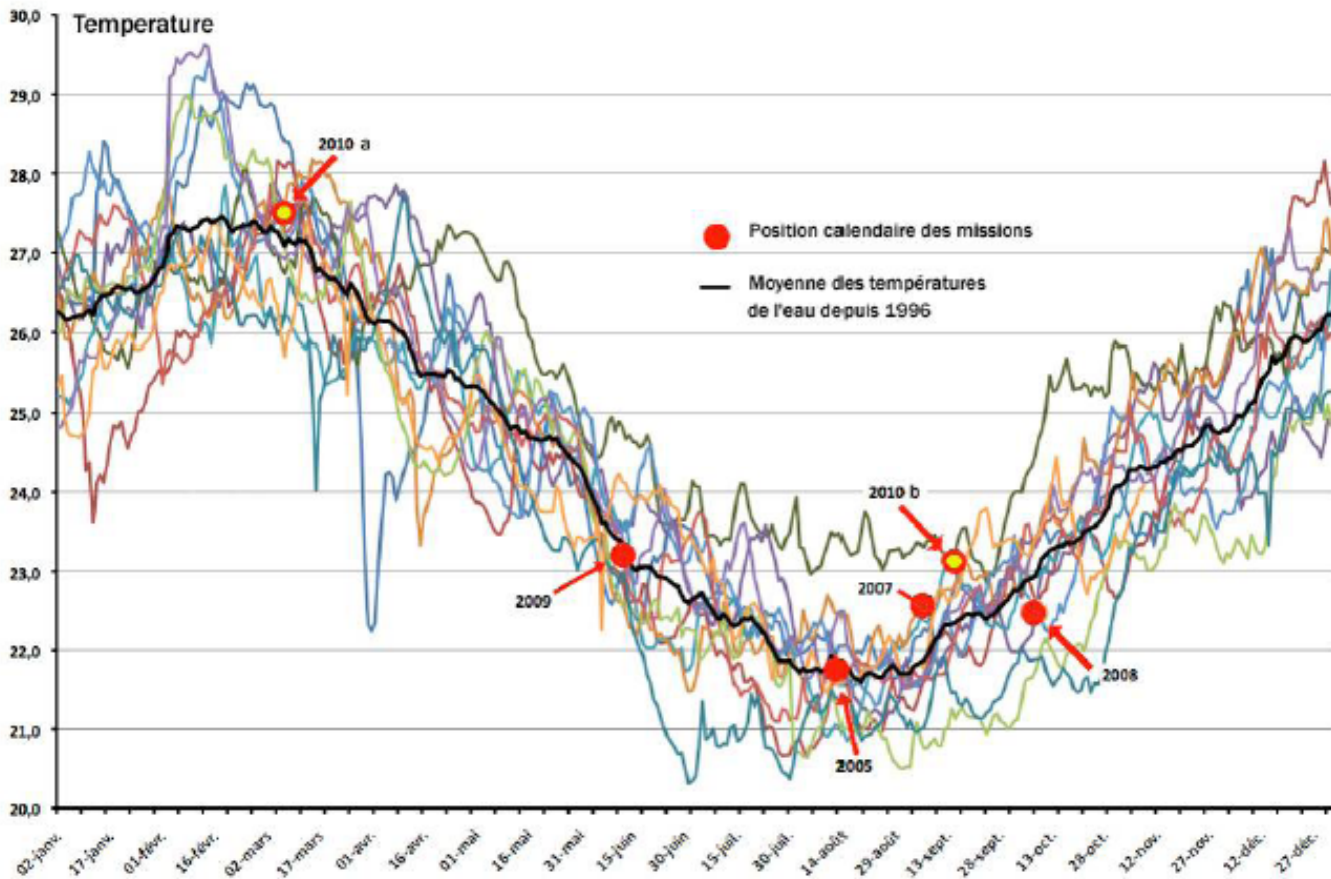
### o Les poissons

Cette dernière mission apporte 11 nouvelles espèces à la liste, ce qui porte à 531 le nombre total d'espèces dénombrées sur la zone depuis 2005. Un tiers de cet effectif est chaque année présent sur la zone tandis qu'un autre tiers n'a été vu qu'une seule fois sur la zone.

Les valeurs des paramètres de densité et de biomasse de la population de poissons de la zone étudiée ont présenté une chute en septembre 2010 par rapport à leur niveau de mars 2010. Les tests ne sont toutefois pas unanimes. En revanche, ils le sont pour dire que la biodiversité n'a pas significativement changé.

La biodiversité annuelle totale (By) des poissons montre peu de fluctuation interannuelle. Les fluctuations saisonnières sont plus importantes. Ainsi, les résultats de cette mission faite en septembre sont similaires à ceux des missions précédentes, faites également en saison fraîche et diffèrent de ceux de mars 2010. Ceci souligne leur saisonnalité et la stabilité intra-saisonnière du peuplement de poissons.

La température de l'eau présente un rythme saisonnier régulier (cf. figure suivante), avec des écarts interannuels de 6°C pour une même date. On note des retours intempestifs à des températures basses comme en octobre 2008 ou à des températures hautes comme en septembre 2010. Ces fluctuations sont à prendre en compte.

**Figure 42 : Evolution des températures de l'eau du lagon depuis 1996 (données IRD)**


### o Conclusion

Dans l'ensemble, les stations de suivi environnemental ne montrent pas d'évolution majeure de leurs communautés benthiques qui pourrait révéler des anomalies biologiques induites par l'activité anthropique (variations inscrites dans les normales saisonnières).

Les variations de la richesse spécifique et de l'abondance enregistrées (faune et flore benthiques) du canal de la Havannah, du canal Woodin et de la baie de Prony, s'inscrivent dans les variations naturelles de l'environnement pour la mission de septembre 2010.

L'étude de la biodiversité totale ichtyologique apporte un nouvel éclairage. Alors que la première partie du rapport amène à conclure que la zone étudiée est stable depuis le début du suivi régulier en 2007 (estimations de densité et de biomasse calculées à partir de la liste d'espèces restreinte), la deuxième partie montre un peuplement plastique. Il se renouvelle au niveau spécifique de manière dynamique. Moins de la moitié des espèces sont chaque année présente sur la zone. En revanche, le niveau « famille » est très stable.

### 1.5.3 Bio-accumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines

Les courants trop puissants régnant à la station ST05 (îlot Kié) ayant entraîné une perte du dispositif de suivi et un risque non négligeable pour les plongeurs lors de la première campagne de 2009, cette station a été remplacée par une nouvelle station « ST31 » non référencée dans la convention, créée sous le vent de l'îlot Nouaré, sur le bord sud-est du Canal de la Havannah. Cette station est supposée pouvoir être utilisée comme station de référence, ce que les résultats de la présente étude permettront d'établir.

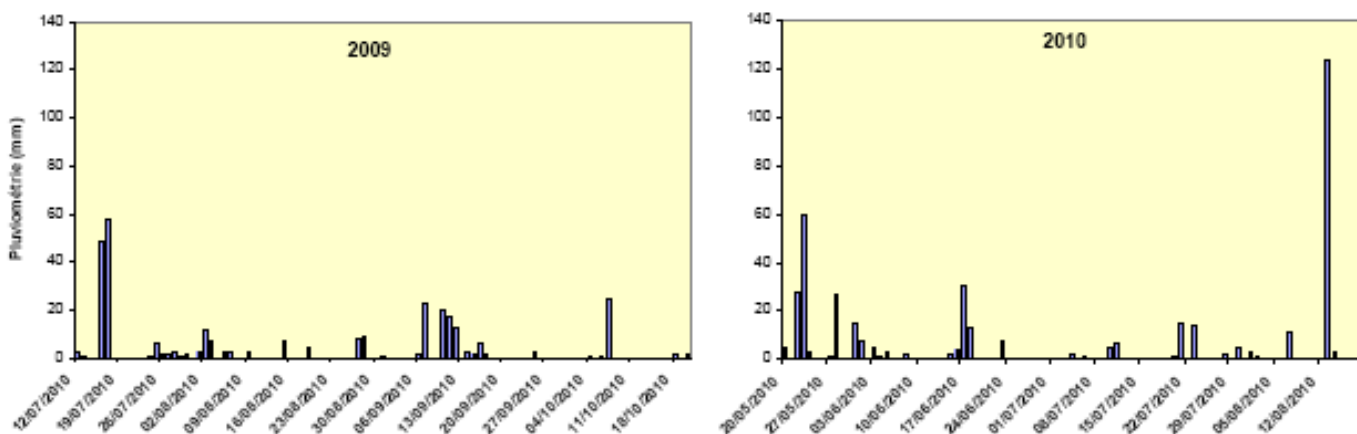
**Les conditions météorologiques**, dont la pluviométrie et les vents, sont enregistrées durant toute la période de la transplantation. Les conditions météorologiques régnant dans la zone pendant les trois mois d'immersion des cages, notamment la force et la direction des vents ainsi que les précipitations, sont susceptibles d'influer sur la nature et la quantité des apports en métaux à chaque station de suivi (lixiviation plus ou moins marquée des sols selon l'intensité des précipitations, puis variation de la dispersion des apports en mer selon la direction et la force des vents). La température de l'eau peut également influencer sur le métabolisme des organismes transplantés, donc potentiellement sur la croissance et la bio-accumulation des contaminants chimiques.

Un chapitre est donc consacré à la synthèse des données météorologiques, pour chaque rapport de suivi, avec une comparaison avec la saison précédente. Cette base de données permettra dans le futur une meilleure analyse et compréhension des phénomènes indicateurs.

La figure ci-dessous indique les données pour la durée de la campagne de transplantation en 2009 et en 2010, de la mi-juillet à la mi-octobre (3 mois en saison fraîche).

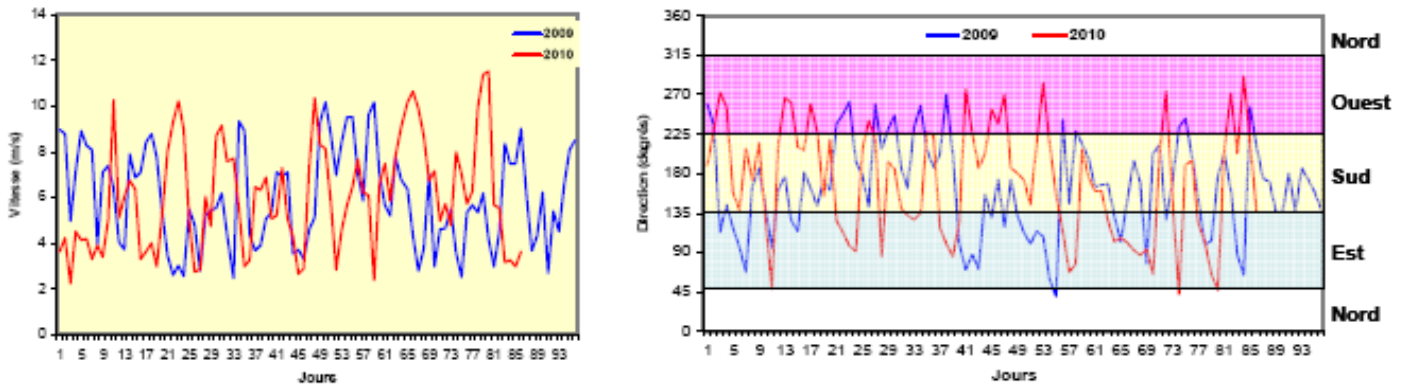
**Figure 43 : Pluviométrie, force et direction du vent, température de l'air durant les campagnes de transplantation d'espèces bio-indicatrices, en 2009 et en 2010**

(a) Pluviométrie journalière (au niveau de l'ancienne usine pilote)

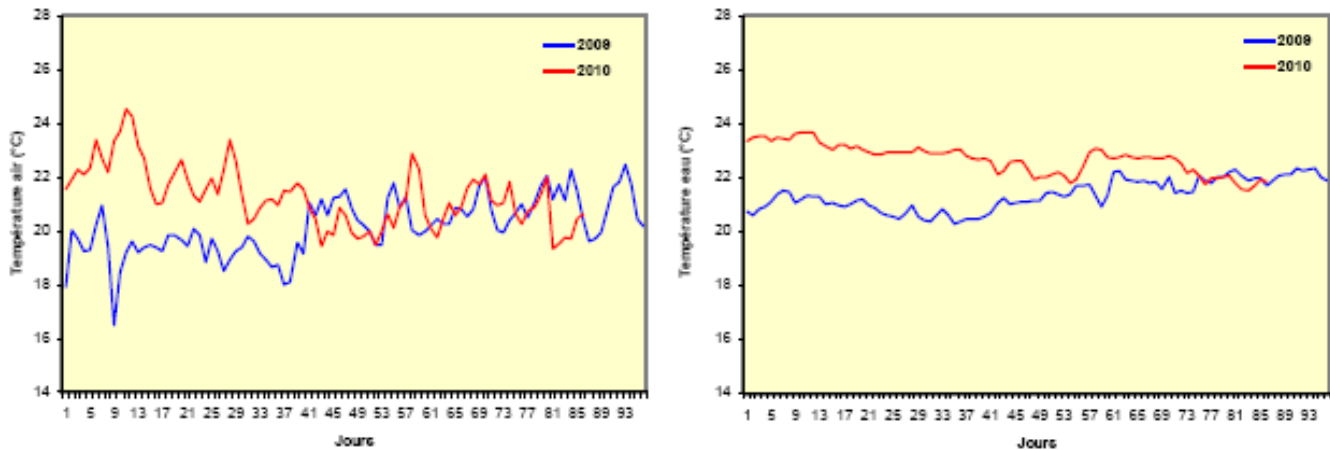




(b) Force (à gauche) et direction (à droite) des vents (moyennes journalières) – station Ioro



(c) Température de l'air (à gauche) et de l'eau (à droite) (moyennes journalières – Station Ioro)



### Résultats de la campagne 2010

Les taux de croissance journalière du poids frais total sont supérieurs à ceux obtenus lors de la première campagne de 2009 à toutes les stations, sauf à la station ST16-Port, à laquelle une diminution d'environ 30% est observée. En fin de transplantation, la cage de cette dernière station a été retrouvée posée au fond suite à la destruction de son flotteur ; la différence de croissance observée s'explique donc probablement par la diminution des apports trophiques (micro-algues planctoniques) à 42 m de fond par rapport à ceux précédemment rencontrés à 16 m de profondeur (correspondant à la position de la cage ST16 lors de la première campagne).

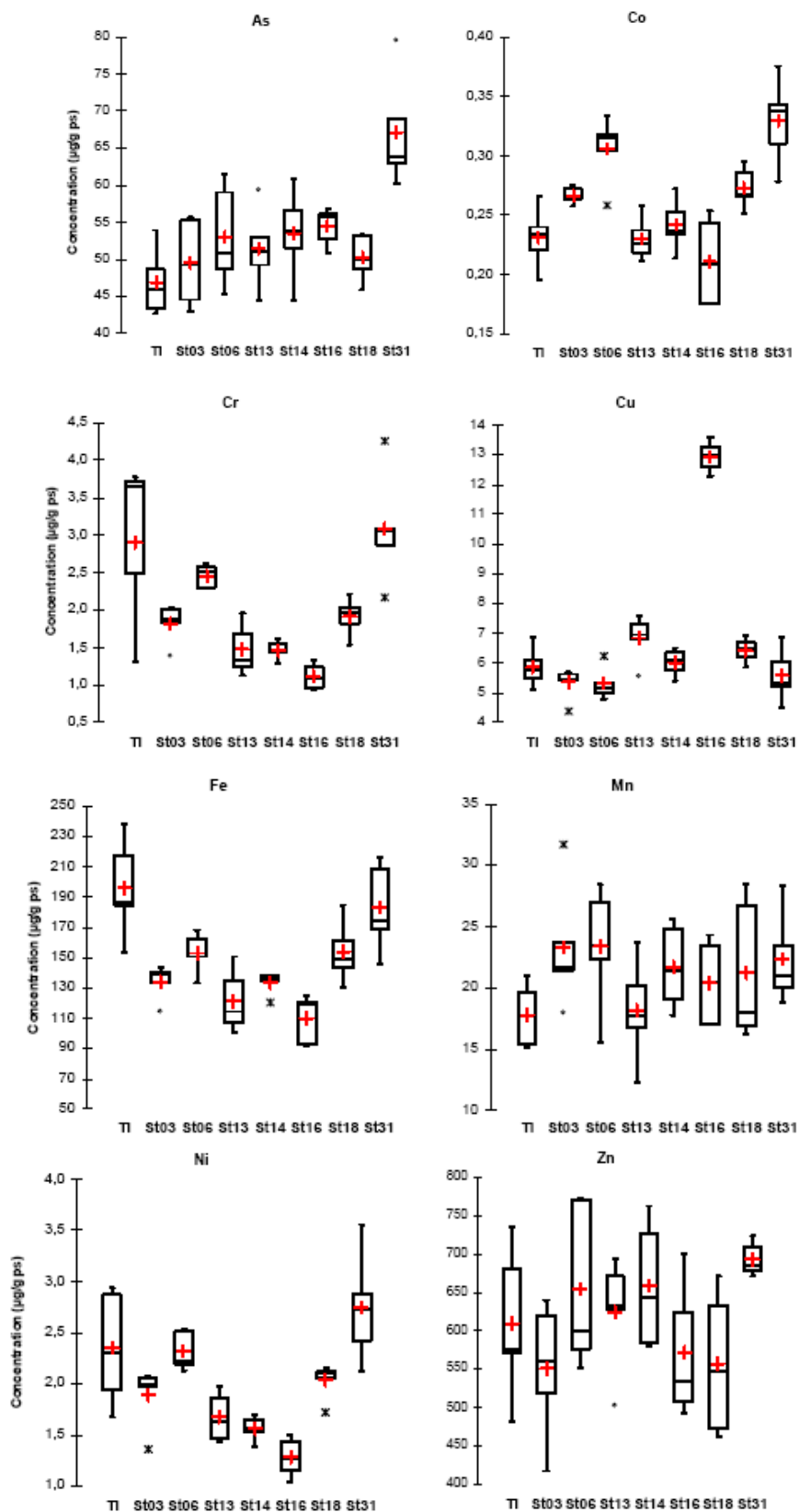
Les différences entre les taux de croissance reflètent la variabilité naturelle de la croissance de ces bivalves en relation avec les conditions du milieu. Parmi ces conditions, l'augmentation de la température de l'eau par rapport à celle qui a été mesurée lors de la campagne de 2009 pourrait en partie expliquer cette hausse de croissance en 2010.

### Concentration des métaux dans les tissus

Les résultats des analyses des chairs des bivalves sont indiqués sur les histogrammes suivants (figure 44).

**Figure 44 : Concentration en métaux Arsenic, Cobalt, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Nickel et Zinc dans les tissus des bivalves pour la campagne de transplants 2010**

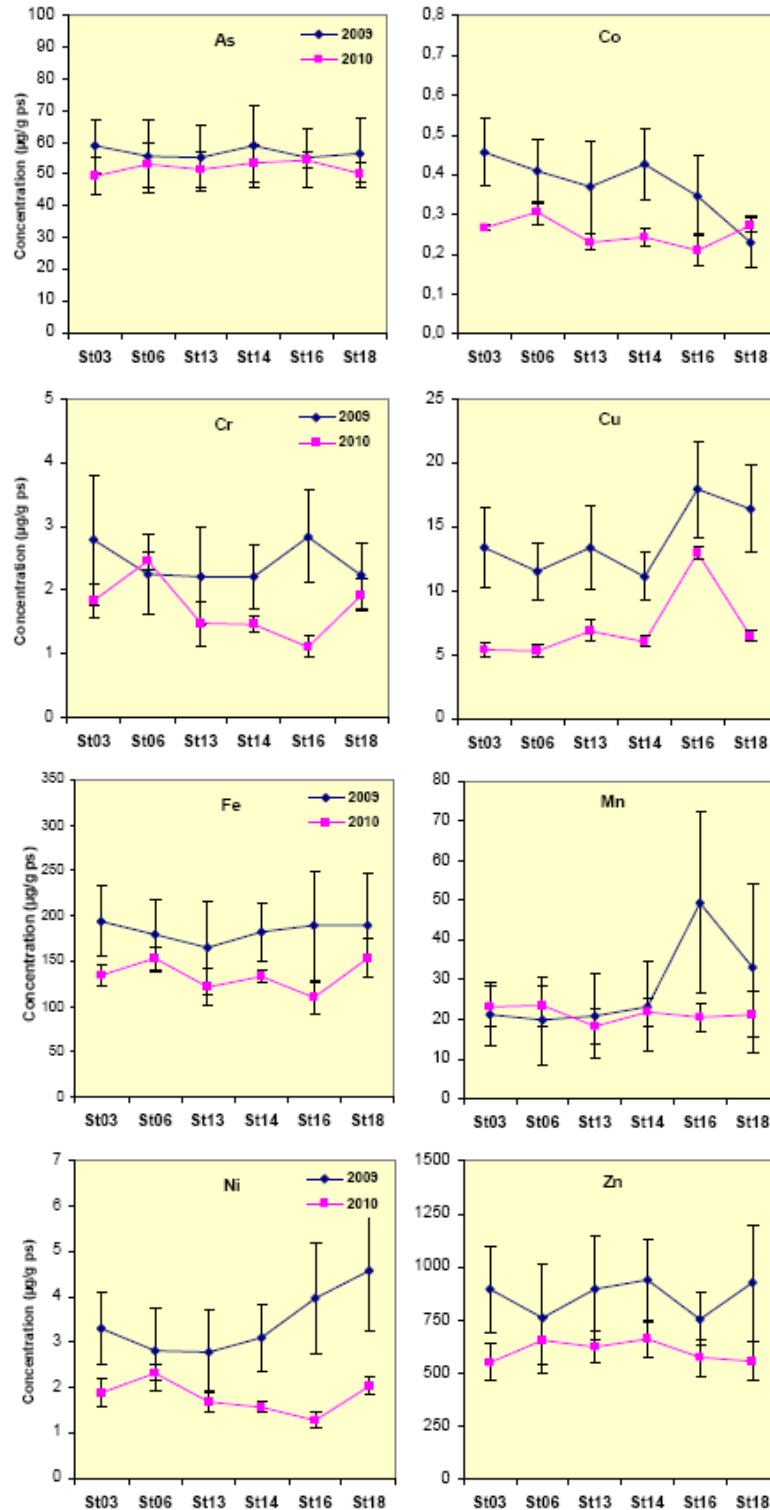
Variabilité des concentrations en métaux (en  $\mu\text{g/g}$  poids sec) chez le bivalve *Isoognomon isognomon* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station).



La comparaison interannuelle est explicitée à la figure suivante :

**Figure 45 : Evolution interannuelle des concentrations moyennes en métaux chez les bivalves transplantés (2009 et 2010)**

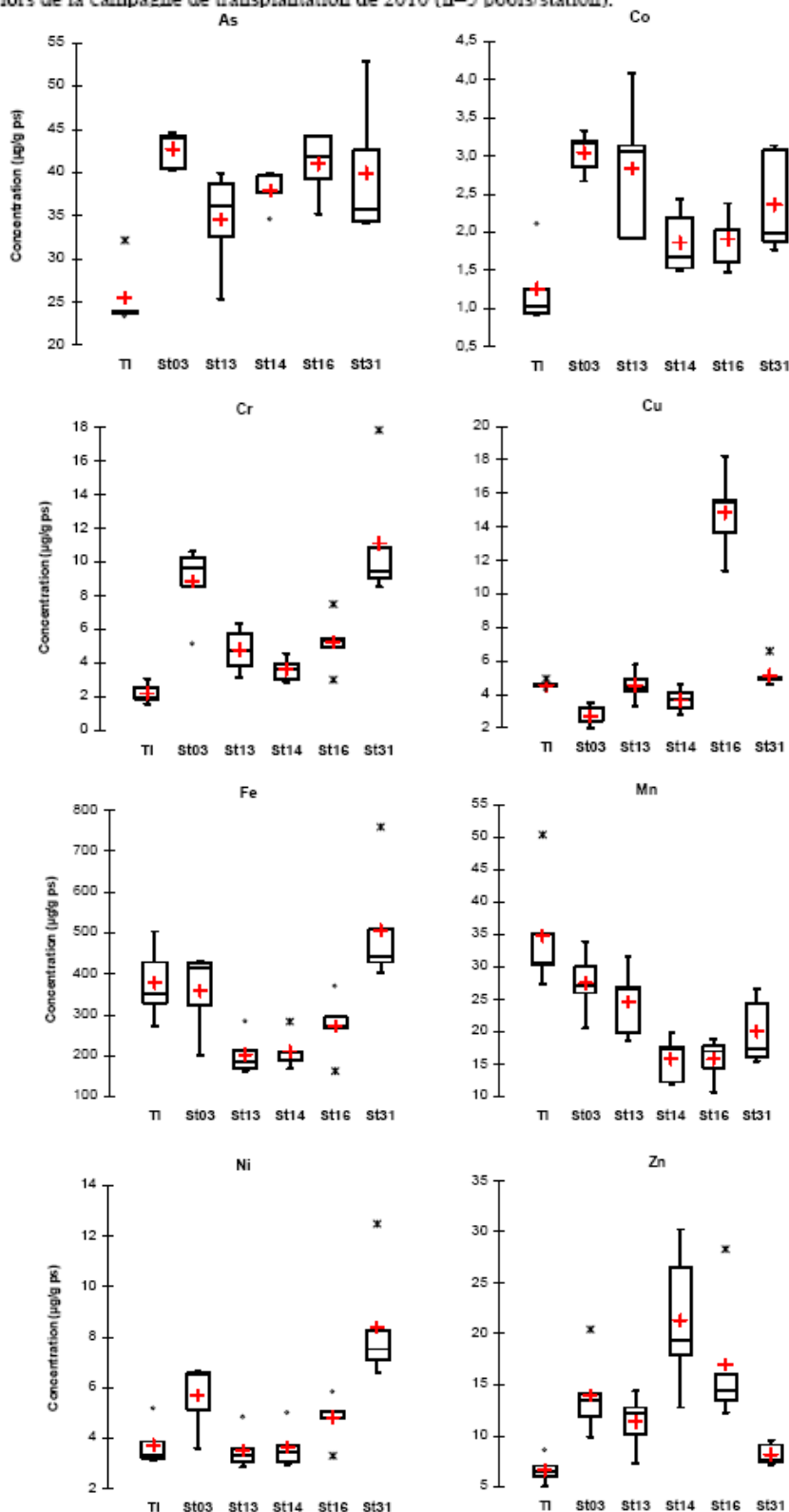
Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) des métaux chez les bivalves transplantés aux différentes stations en 2009 (n=20/station) et en 2010 (n=5 pools/station).



Les mêmes analyses sont conduites avec les tissus des algues mises en croissance et les résultats sont indiqués ci dessous :

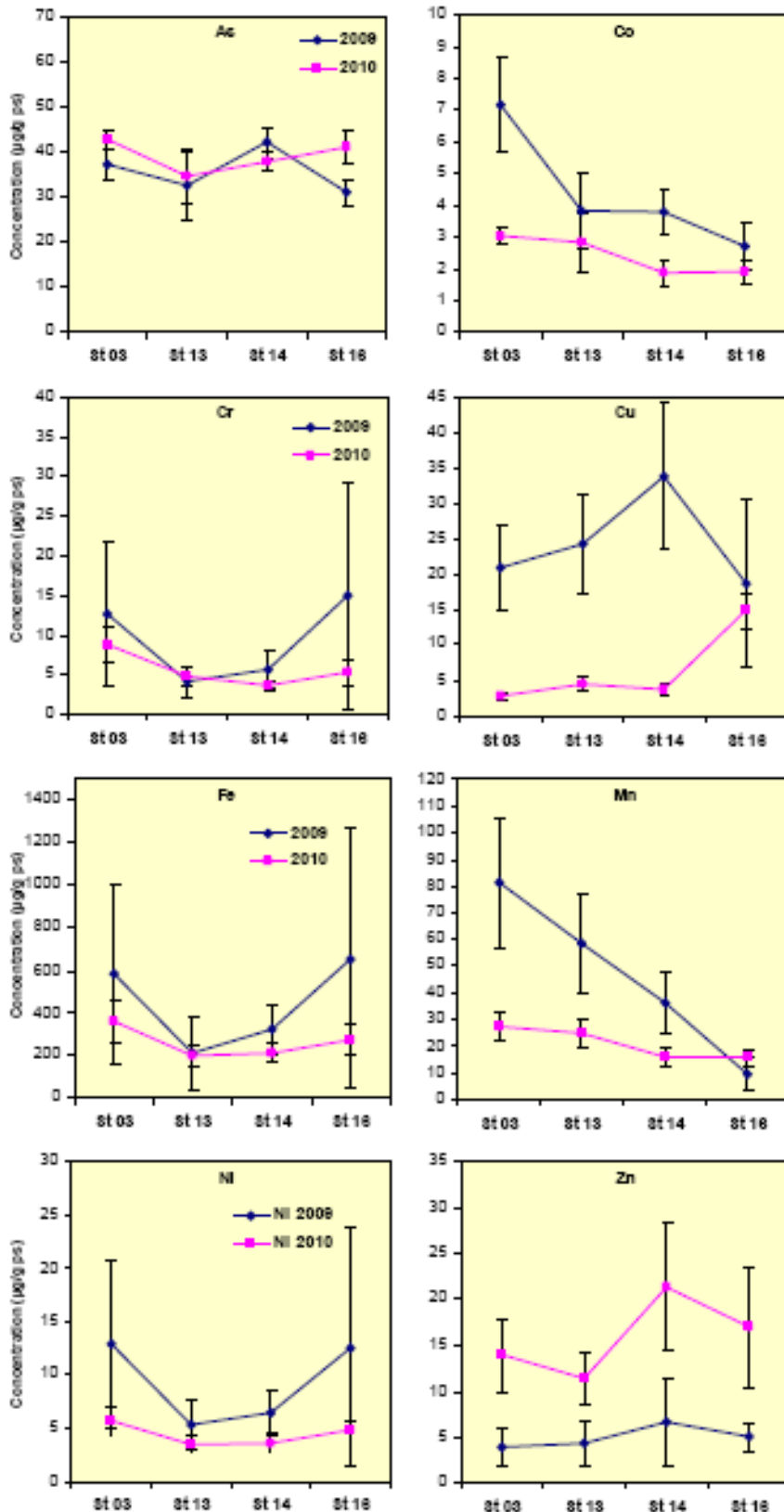
**Figure 46 : Concentration en métaux Arsenic, Cobalt, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Nickel et Zinc, dans les tissus des algues pour la campagne de transplants 2010**

Variabilité des concentrations en métaux (en  $\mu\text{g/g}$  poids sec) chez la macroalgue brune *Lobophora variegata* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station).



**Figure 47 : Evolution interannuelle de la concentration moyenne en métaux chez les algues transplantées (2009 et 2010)**

Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) en métaux chez les algues transplantées aux différentes stations en 2009 (n=20) et en 2010 (n=5 pools/station).



## Conclusion

Les résultats obtenus chez les bivalves sont en cohérence avec ceux obtenus chez les algues.

La seconde campagne de transplantation de bio-indicateurs quantitatifs dans la zone d'influence potentielle du complexe minier confirme que les conditions environnementales naturelles rencontrées au niveau des stations du suivi éco-toxicologique sont favorables à la vie et à la croissance des bivalves *Isognomon isognomon* transplantés. Une perte du nombre de macro-algues introduites dans les cages a été une nouvelle fois constatée après les trois mois de transplantation, vraisemblablement consécutive à une mortalité ou un broutage par de petits poissons pouvant passer à travers les mailles des cages.

Les croissances maximales lors de la campagne 2010 ont été mesurées aux stations ST03-Port Boisé, ST13-Ouen et ST14-Baie de Goro ; la comparaison des taux de croissance journalière correspondant avec ceux précédemment obtenus en 2009, on peut en déduire que les vitesses de croissance pondérale à ces trois stations sont généralement supérieures à celles obtenues lors de la première campagne ; une nette augmentation de la température de l'eau en 2010 pendant la période d'immersion par rapport à la première campagne de 2009 pourrait expliquer en partie cette hausse de croissance.

L'étude des indices de condition physiologique des bivalves transplantés confirme que la variabilité des trois indices est globalement peu marquée entre les stations, comme en 2009, ce qui suggère une relative homogénéité des conditions trophiques entre les diverses stations de suivi.

Les concentrations en métaux bio-accumulés varient également selon les stations. Chez les bivalves, la station ST31-Nouaré (pourtant initialement choisie comme une station de référence alternative à la station ST05-Kié) montre les concentrations en As, Co, Cr, Fe, Ni et Zn les plus fortes. Cette tendance se retrouve également chez les algues pour Cr, Fe et Ni uniquement. Sur la base de ces résultats, cette station ne peut donc pas être utilisée comme une station de référence océanique.

La station ST16-Port se caractérise par ses concentrations en cuivre nettement plus fortes chez les deux espèces par rapport aux autres stations.

Ces fortes concentrations seraient probablement dues à une contamination provenant des anti-fouling recouvrant les coques de certains navires (en remplacement du TBT) et/ou de certaines activités portuaires. Les premiers éléments de modélisation obtenus dans le cadre d'un récent programme de recherche conduit par l'équipe à l'IRD (Convention IRD/Vale NC n° 1124) ont révélé que le renouvellement des masses d'eau est relativement faible dans cette zone littorale enclavée : les apports en cuivre au niveau du port sont donc faiblement dispersés et enrichissent progressivement la masse d'eau. L'amélioration du modèle (par réduction de la taille de la maille dans la Rade du Nord) permettra d'évaluer avec plus de précision le temps de résidence des masses d'eau dans la zone portuaire.

L'étude comparative des concentrations en métaux mesurées lors des deux campagnes de 2009 et de 2010 chez les deux espèces révèle une diminution globale des concentrations moyennes de la plupart des métaux en 2010.

Selon les métaux, cette diminution ne s'observe cependant pas à toutes les stations et elle est plus ou moins marquée selon la station et l'espèce considérée. Cette tendance étant observée chez les deux espèces, ces résultats semblent refléter une réelle diminution des concentrations dans le milieu ambiant plutôt qu'un éventuel effet lié à la variabilité physiologique observée chez les bivalves entre 2009 et 2010.

*Les données intégrales et le rapport sont à l'annexe 4*

### 1.5.4 Taux de sédimentation

Le rapport intégral de la campagne de prélèvements se trouve à l'annexe 5

**Tableau 13 : Campagne 2010 de prélèvement des sédiments**

Date de prélèvement, positionnement GPS des stations (référentiel universel WGS 84), profondeur d'eau et longueur de la carotte aux quatre stations échantillonnées.

Station	Date	Longitude Est	Latitude Sud	Profondeur (m)	Longueur (cm)
St15	16/03/2010	166°52.590	22°20.037	24	42
St06-1	17/03/2010	166°59.077	22°20.643	27	44
St13-3	08/04/2010	166°52.421	22°24.533	60	13
St16	16/03/2010	166°53.300	22°21.455	42	26

#### Carotte ST15 (port de Prony)

La variabilité importante des taux de pélites et des concentrations en métaux montre que le dépôt sédimentaire résulte d'événements brusques, à répétitions.

- Du bas de la carotte jusqu'à la cote 28 cm environ, la diminution de la concentration en calcium biogène (CaCO<sub>3</sub>) reflète une nette décroissance ancienne de l'influence marine au cours du temps. Cette atténuation s'accompagne d'une augmentation de la concentration pour certains métaux marqueurs des apports terrigènes, comme le cobalt, le fer (hématite), voire le chrome.
- Des cotes 28 cm à 15 cm, on observe une phase d'inversion complète des influences marines. Cette augmentation s'accompagne d'une diminution des apports en métaux terrigènes comme le cobalt, le nickel, le fer ou le manganèse.
- Des cotes 15 cm à 5 cm environ, les sédiments sont caractérisés par une radioactivité décroissante vers les couches les plus récentes. Cette décroissance est à relier à des phénomènes de dilution isotopique générés par des apports en matériel particulaire pauvre en <sup>210</sup>Pb atmosphérique. Cet apport peut correspondre avec la mise en place brusque d'une grande quantité de matériel particulaire appauvri en <sup>210</sup>Pb, comme les remblais qui constituaient les bassins de rétention des eaux pluviales et de drainage (accident de mars 2006). Cette hypothèse est confortée par la brusque diminution du taux de pélites et par les variations conséquentes de la densité humide.
- De la cote 5 cm jusqu'à la surface, la remontée du taux de pélites suggère un retour progressif aux conditions normales de dépôt. Par ailleurs, les concentrations en métaux, plus élevées dans l'horizon de surface (0-2 cm), suggèrent que l'enrichissement en métaux peut provenir d'un événement particulier, par exemple les sols attaqués par le déversement de la solution d'acide sulfurique d'avril 2009.

Pour les deux épisodes les plus anciens, un taux moyen d'accumulation a pu être évalué à 0,36 g/cm<sup>2</sup>/an. Cette valeur est en parfaite correspondance avec la moyenne calculée en 2007

#### Carotte ST06 (Baie rivière Kwé)

La carotte St06-1 est caractérisée par un taux de pélites qui fluctue relativement peu (74,3 ± 2,4%) mais dont la mise en place s'est produite de manière pulsée.

L'influence marine s'est maintenue relativement constante, hormis un fléchissement progressif entre les cotes 25 et 15 cm et une régression plus nette qui concerne en particulier l'horizon de surface (0-2 cm). Cette dernière se traduit par une claire diminution de la concentration en calcium dans les sédiments de surface :

- Les apports en matériel particulaire généré par l'excavation des séries latéritiques anciennes (creusement de la mine) pauvres en Fe sont identifiables dans l'horizon de surface.

- Le dépôt de sub-surface témoigne d'une accumulation sédimentaire intense ( $1,83 \text{ g/cm}^2/\text{an}$ ) liée d'une part à la grande extension du bassin versant de la Kwé et d'autre part, à l'érosion des constructions coralliennes qui constituent une importante partie de l'estuaire. Cette altération est mise en évidence par l'importante concentration en calcium ; les carbonates biogènes représentent  $56,6 \pm 2,0 \%$  de la masse sédimentée.

Ces apports semblent progressivement diminuer en masse et un retour à des conditions de moindre apport sédimentaire par la rivière Kwe semble se profiler.

### **Carotte St13-3 (Est île Ouen)**

Contrairement aux deux autres sites, les principaux minéraux présents dans les échantillons de cette carotte sont des minéraux calciques : calcite, calcite magnésienne et aragonite.

Contrairement aux deux autres carottes très marquées par l'influence du substrat latéritique, les dépôts de la carotte St13-3 montrent une prédominance très nette des apports d'origine marine.

Les profils de concentrations en calcium et du taux de pélites montrent que la sédimentation des particules s'est effectuée de manière relativement constante et que seuls les sédiments de la base de carotte présentent des caractéristiques quelque peu différentes. Les hypothèses ci-dessus présentées semblent être corroborées par les mesures de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  qui montrent assez nettement la mise en place récente d'un processus de sédimentation rapide dont l'apparition pourrait être estimée il y a plus de 20 ans, approximativement. Cependant, en l'absence d'un traceur complémentaire cette géochronologie est à considérer avec précaution.

### **Carotte ST16 (port de Prony)**

Les analyses réalisées permettent d'établir un état de référence détaillé des niveaux de concentration des éléments métalliques (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn), du calcium et du soufre contenus dans les fractions pélitiques sédiments de la station portuaire St16. Les concentrations déterminées ne présentent pas de particularité spécifique mais sont conformes aux résultats obtenus pour des milieux lagunaires similaires.

### **Conclusion**

Les sédiments de surface de la station St15 du Creek de la baie Nord résultent d'un passé sous influence terrigène et des événements sédimentaires qui se sont succédés au cours des dernières années :

- l'apport accidentel de mars 2006 suite à la rupture de la digue de rétention des eaux pluviales et de drainage,
- l'apport accidentel en particules enrichies en métaux suite à l'accident de la fuite d'acide sulfurique.

En ce qui concerne la station St06-1 de la baie Kwé, les sédiments traduisent, pour leurs horizons les plus récents, des changements dans leur nature, origine et probablement quantité. Toutefois, ces apports semblent progressivement diminuer en masse et un retour à des conditions normales d'alimentation par la rivière Kwé semble se profiler.

Aucune donnée antérieure n'étant disponible pour la couverture sédimentaire échantillonnée au niveau de la carotte St13-3 (île Ouen), seule une étude ultérieure (campagne de suivi 2013) permettra d'observer une éventuelle évolution des rythmes sédimentaires. Cette dernière observation s'applique également pour les sédiments de la station St16, mais d'un point de vue géochimique. L'analyse détaillée par extraction séquentielle des métaux permettra maintenant de déceler toute évolution future.



### 1.5.5 La station du port et son suivi trimestriel (synthèse annuelle)

*Le rapport complet est fourni à l'annexe 6*

Les campagnes ont été effectuées à une fréquence trimestrielle en 2010 en conformité avec la réglementation.

#### **Campagne du 16 mars 2010**

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : SE 25-30 nœuds, rafales à 35 nœuds ;
- Pluie : 57,2 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : 15-20 nœuds, pluie, mer agitée ;
- Pluie : 12,2 mm.

#### **Campagne du 26 mai 2010**

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 90,2 mm accumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : SE < 5 nœuds ;
- Pluie : 0 mm.

#### **Campagne du 4 août 2010**

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 1,2 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : O-NO 10 nœuds ;
- Pluie : 0 mm.

#### **Campagne du 9 novembre 2010**

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 44 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

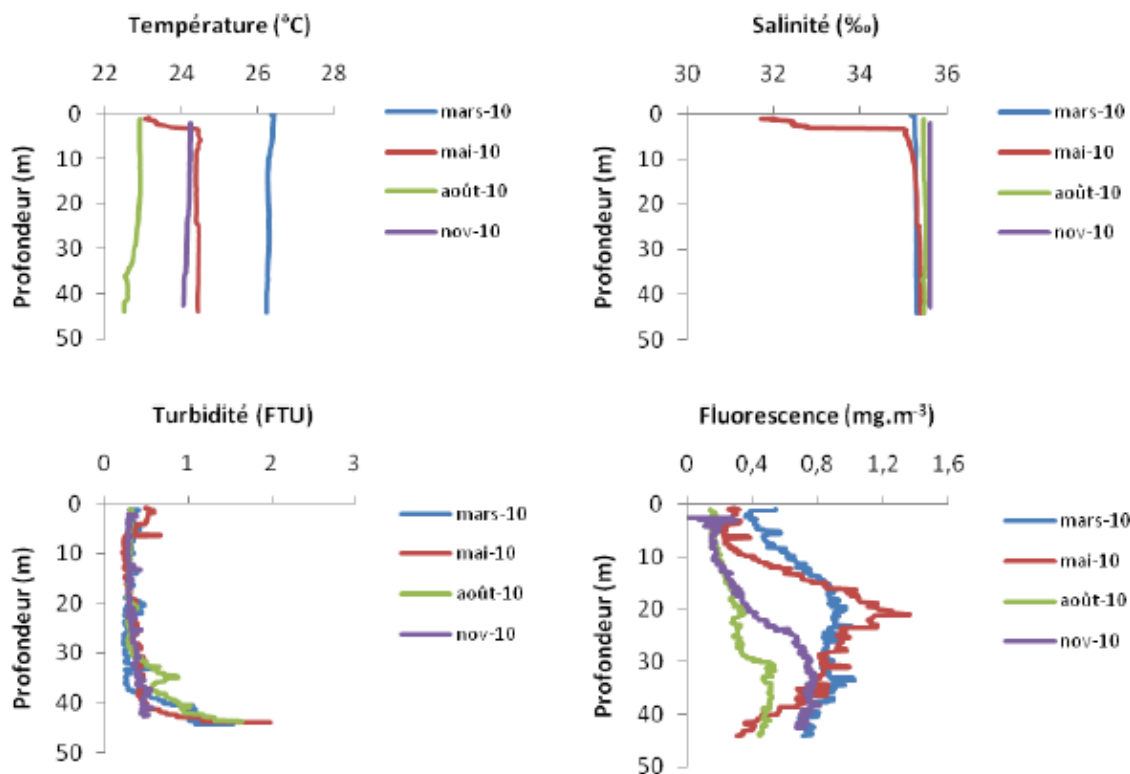
- Vent : N-NE < 5 nœuds ;
- Pluie : 0 mm.

**Tableau 14 : Précipitations au cours des mois de prélèvements d'échantillons d'eau de mer - Station du port**

Hauteur des précipitations quotidiennes (mm) ayant eu lieu cinq jours avant et pendant les campagnes de prélèvements de mars, mai, août et novembre 2010.

Campagne	Date	Hauteur des précipitations quotidiennes (mm)			
Mars 2010	11/03	11,2	Août 2010	30/07	4,6
	12/03	18,2		31/07	0,0
	13/03	6,6		01/08	2,6
	14/03	13,2		02/08	1,0
	15/03	8,0		03/08	0,2
	16/03	12,2		04/08	0,0
Mai 2010	21/05	0,0	Novembre 2010	05/11	0,0
	22/05	27,8		06/11	30,5
	23/05	59,4		07/11	5,4
	24/05	3,0		08/11	8,1
	25/05	0,0		09/11	0,0
	26/05	0,0		10/11	0,0

Les résultats de la structure verticale de la colonne d'eau sont présentés aux figures suivantes :

**Figure 48 : ST16 Port de Prony, 2010 - Structure de la colonne d'eau, suivi trimestriel 2010**


Les courbes de caractérisation de la structure de la colonne d'eau en mai (tracé rouge) montrent bien un afflux d'eau douce en surface : dessalure de surface, visible sur l'histogramme salinité, eau plus fraîche en surface. Les courbes du mois d'août, à l'opposé, montrent une période sans pluie avec une homogénéité parfaite de toute la colonne d'eau. Ces résultats montrent la fiabilité de la méthode qui est bien corrélée à la réalité du terrain.

Les résultats sur les teneurs en matières en suspension MST montrent qu'il n'y a pas eu d'afflux de MST lors des épisodes pluvieux de mai. Il n'existe pas de corrélation entre ces variations de valeurs de MES et celles observées le long des profils physico-chimiques.

### **Hydrocarbures**

L'analyse des prélèvements de la station St16 (Annexe 3) n'a pas permis de mettre en évidence de concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de détection de la méthode (LD < 0,1 mg/L).

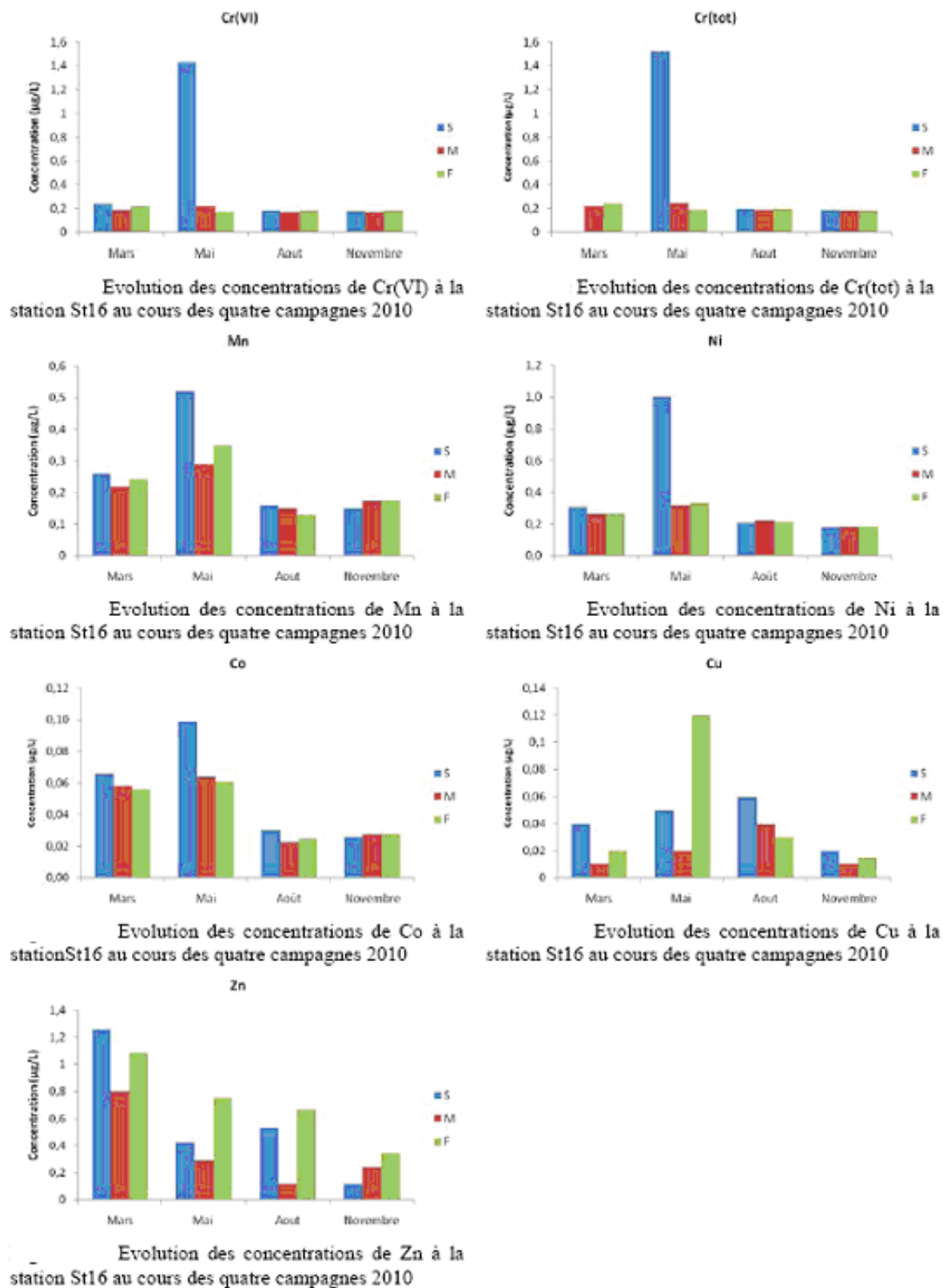
**Les concentrations en métaux** sont présentées aux histogrammes suivants, à trois profondeurs et pour les 4 suivis 2010.

Les analyses des échantillons prélevés en mai montrent bien l'afflux d'eau douce de surface due aux pluies lors de la campagne de mai 2010 (fortes pluies), une augmentation des concentrations de certains métaux tels que le Co, Cr(VI), Cr (total), Mn et Ni est enregistrée dans la couche de surface. Cette augmentation peut être mise en parallèle avec les différences de paramètres physico-chimiques des masses d'eau de surface par rapport à celles des eaux du fond : température et salinité des eaux de surface plus basses que celle des eaux du fond.

Cette couche d'eau dessalée et plus froide traduit, notamment, l'influence d'apports d'eau douce dans la baie de Prony (creeks), enrichis en métaux, à l'issue des importantes précipitations ayant eu lieu pendant la semaine précédant la campagne de prélèvements.

Notons que les matières en suspension n'ayant pas augmenté, les bassins de sédimentation ont bien fonctionné.

Ces résultats sont en cohérence avec le suivi des taux de sédimentation et le suivi écosystémique du substrat, ainsi qu'avec les résultats du *caging* d'espèces bio-indicatrices.

**Figure 49 : ST16 Port de Prony, 2010 - Suivi trimestriel 2010, concentrations en métaux**


### 1.5.6 Les transplants coralliens : mission de synthèse 5 ans après la transplantation corallienne

Au titre de mesure compensatoire en faveur de la biodiversité, et en raison de la construction d'un port sur la côte Est de la baie de Prony, Vale Nouvelle-Calédonie a réalisé un programme de reconstitution du biotope corallien sur une superficie 2000 m<sup>2</sup>. Cette opération a été réalisée du 5 décembre 2005 au 23 janvier 2006 par le bureau d'études SOPRONER. Le projet a consisté à collecter des coraux de différentes espèces dans la zone d'emprise du futur port, puis à les déplacer sur 3 sites de transplantation. Ces sites, choisis en accord avec la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, (devenue la DENV) sont situés sur la côte protégée de la presqu'île de Montravel (2 sites dénommés ci-après *Montravel abrité* – Site 1, et *Montravel exposé* – Site 2) et sur la côte protégée de l'îlot Casy (dénommé *Casy* – Site 3). La localisation des sites de collecte et de transplantation est présentée à la figure suivante.

**Figure 50 : Zones de collecte et zones de transplantation de 1762 colonies coralliennes**



Un total de 1762 colonies coralliennes ont été prélevées et transplantées, dont près des deux tiers présentant une forme de croissance branchue, 15% de formes massives et sub-massives. 14% étaient de forme *encroûtante*, 6% de forme « en buisson » et 1% de formes libre et foliacée. Les transplants ont été répartis comme suit sur les 3 sites choisis :

- 832 transplants sur le site 1 (47% de l'ensemble des transplants) : accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%) ;
- 615 transplants sur le site 2 (35% de l'ensemble des transplants) : accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%) ;
- 315 transplants sur le site 3 (18% de l'ensemble des transplants) : accroissement de 6% de la couverture corallienne vivante (de 11 à 17%).

La mission du second semestre 2010 est une synthèse de l'opération et a été présentée à la Direction de l'environnement de la Province sud (DENV) le 11 février car elle clôturait le suivi des transplants coralliens effectué sur 5 années à une fréquence semestrielle, durée exceptionnellement longue pour ce genre de suivi.

Tous les rapports intermédiaires ont été communiqués aux administrations concernées et à l'observatoire ŒIL.

Le taux de survie des transplants coralliens est généralement considéré comme un paramètre permettant de mesurer la réussite d'une opération de transplantation. Le tableau suivant présente quelques exemples de taux de survie de transplants coralliens obtenus sur différents projets de transplantation corallienne de par le monde.

**Tableau 15 : Résultats de transplantations effectuées de par le monde**

Contexte du projet	Transplants	Localisation	Taux de survie (durée du suivi)	Référence
Expérimentation	Massifs coralliens Assemblage mixte	Mer Rouge	65% (12 mois)	Bouchon <i>et al.</i> (1981)
Restauration d'un site dégradé par la pêche à la dynamite	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Philippines	61% (12 mois)	Auberson (1982)
Expérimentation	Fragments Assemblage mixte	Philippines	40% (12 mois)	Alcala <i>et al.</i> (1982)
Expérimentation	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	GBR Australie	57-96% (5 mois)	Harriott & Fisk (1988)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Cozumel (Mexique)	96% (1 mois)	Munoz-Chagin (1997)
Restauration d'un site dégradé par l'extraction de corail	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Maldives	75% (12 mois) 51% (28 mois)	Edwards & Clark (1998)
Expérimentation	Colonies adultes entières Coraux massifs	Porto Rico	7% (12 mois)	Ortiz-Prosper <i>et al.</i> (2001)
Restauration d'un récif frangeant impacté par un cyclone	Colonies adultes entières Assemblage mixte	La Réunion	50% (12 mois)	Chabanet & Naim (2001)
Expérimentation	Acropores	Floride	8,2% (27 mois)	Thornton <i>et al.</i> (2002)
Restauration d'une zone dégradée par l'extraction de corail et création d'un jardin corallien	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Bora Bora	95% (12 mois)	Salvat <i>et al.</i> (2002)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Mayotte	80% (12 mois)	Morancy <i>et al.</i> (2005)
Transplantation corallienne sur des structures métalliques (projet touristique)	Fragments et colonies adultes entières Acropores	Maldives	90% (12 mois)	Etude de cas n°3 Edwards (2010)
Transplantation de coraux cultivés en nurserie	Fragments et colonies adultes entières Assemblage mixte	Israël	95% (4 mois) 62% (24 mois)	Etude de cas n°5 Edwards (2010)
Restauration d'un site dégradé par l'échouage d'un navire	Large fragments <i>Acropora palmata</i>	Porto Rico	57% (24 mois) 6% (10 ans)	Etude de cas n°6 Edwards (2010)
Transplantation corallienne sur une zone Tabou	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	Fidji	80% (1 mois) 5% (9 mois)	Etude de cas n°8 Edwards (2010)

*L'expérience menée en Nouvelle-Calédonie par le projet minier KNS n'est pas citée car les résultats ne nous sont pas connus.*

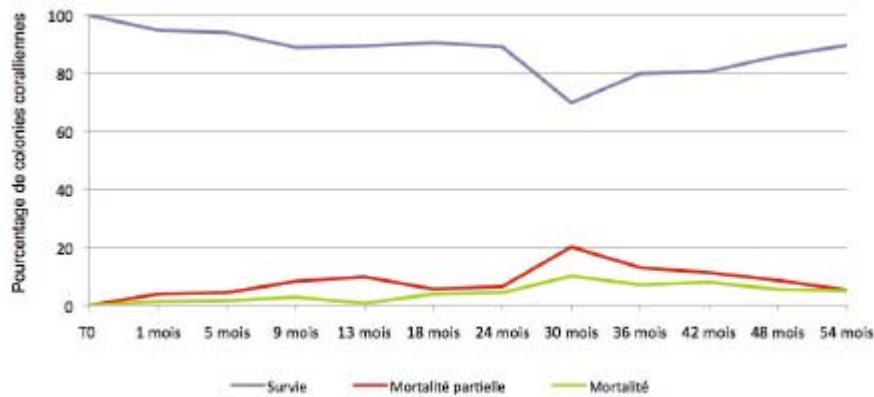
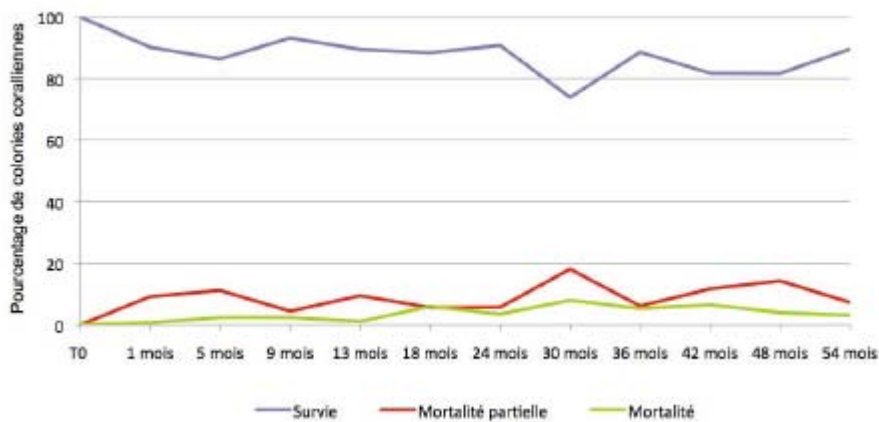
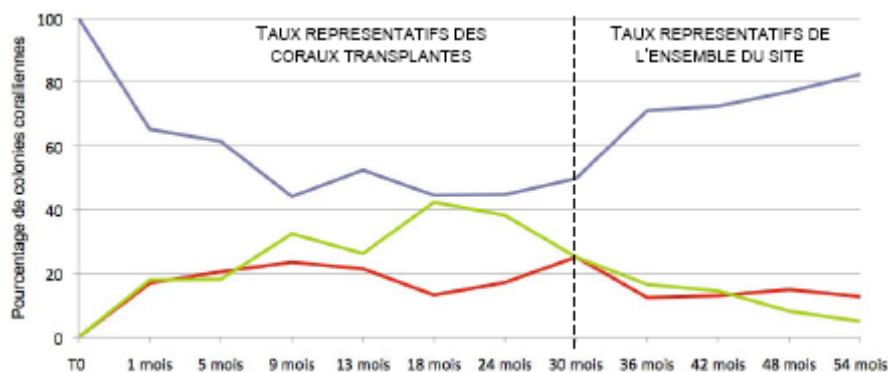
### Résultats de la transplantation en baie de Prony

Si on ne considère que les taux de survie des sites de la presqu'île de Montravel (qui ont abrité plus de 80% des coraux transplantés initialement), le taux de survie global après 54 mois est de 90%, c'est une réussite remarquable.

Compte tenu de ces résultats et en les comparant à des projets passés (tableau ci-dessus), on peut considérer que l'opération de transplantation corallienne entreprise en baie de Prony est un net succès, particulièrement sur les sites de Montravel. Les résultats de la face Nord de l'îlot Casy sont plus mitigés, mais en comparaison avec les résultats internationaux publiés il s'agit encore d'un bon résultat.

**Tableau 16 : Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois**

Site	Vivant	Mortalité partielle	Mortalité	Effort d'échantillonnage
Site 1 - Montravel abrité	89,6%	5,3%	5,1%	97% (804/832)
Site 2 - Montravel exposé	89,6%	7,3%	3,1%	89% (547/615)
Site 3 - Casy	82,5%	12,7%	4,9%	NApp

**Figure 51 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi – Site 1 (Montravel abrité)**

**Figure 52 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi - Site 2 (Montravel exposé)**

**Figure 53 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours du suivi - site 3 (Casy)**


Ont été suivis durant les 5 années :

- les causes de mortalité ;
- l'attachement du pied de corail transplanté au substrat jusqu'à recouvrement complet du pied qui empêche toute reconnaissance des colonies transplantées par rapport aux colonies naturelles ;
- l'évolution du taux de recouvrement corallien global de chaque site ;
- le recrutement corallien de juvéniles sur chaque site ;
- la colonisation des sites par des macro-invertébrés benthiques ;
- la colonisation par 3 familles de poissons inféodés au corail des sites transplantés en comparaison avec des sites témoins voisins.

**Tableau 17 : Tableau de synthèse des résultats**

	Surface du site transplantation	Nombre de transplants	Nombre de Transects pour le suivi	% de recouvrement moyen en Corail vivant				% de survie moyen des transplants			Nombre moyen annuel de coraux juvéniles/100m <sup>2</sup>
				T=0	T= 1 mois	T= 4 ans	Croissance annuelle moyenne (§ 4.2.2)	T=1 mois	T= 24 mois	T=54 mois	Moyenne sur 5 années
Site 1 Montravel abrité)	1000 m <sup>2</sup>	832	10	4%	14,4%	27,90%	3%	94,8%	89,0%	89,0%	54
Site 2 Montravel exposé)	600 m <sup>2</sup>	615	5	5%	13,0%	31,70%	3,10%	90,2%	91,0%	89,0%	32
Site 3 (Casy)	400 m <sup>2</sup>	315	5	11%	17,0%	22,90%	<<1%	65,5%	45,0%		9

**Figure 54 : Aspect des fonds 1 mois après la transplantation et 54 mois après (Site de Montravel abrité)**



*Le rapport complet se trouve à l'annexe 7.*



## 1.6 Interprétation et discussion

- Le suivi du milieu marin en 2010 a été effectué en conformité avec les prescriptions réglementaires.
- La communication des rapports de suivi semestriel a été effectuée en conformité avec les prescriptions réglementaires et, au-delà, vers l'observatoire de l'environnement « CEIL ».
- L'ensemble des indicateurs choisis, aussi bien physiques que chimiques ou biologiques donnent des informations cohérentes et complémentaires entre elles.
- Les études supplémentaires volontaristes et/ou dans le cadre de la Convention pour la conservation de la biodiversité, sont en cohérence avec les résultats de ce suivi (ex. : suivi saisonnier des populations de baleines à bosse ; thèse sur la ciguatera et les algues toxiques Dinoflagellés et Cyanobactéries...).
- Une révision conduisant à l'amélioration des plans de suivi du milieu marin est certainement nécessaire dans le cadre de l'amélioration continue des processus (*transects* sur milieux quasi-abiotiques, donc peu informatifs, station en milieu trop hydrodynamique qui provoque la perte des cages des transplants bio-accumulateurs, affinement de la position de stations éco-systémiques, grand nombre de paramètres chimiques pas tous indicateurs pertinents ...). Cependant, la base de données qui s'étoffe depuis 2007 (elle-même basée sur un socle ancien d'études d'état des lieux qui ont été plus moins consolidées) permet un suivi des évolutions saisonnières en corrélation avec les conditions météorologiques et les marées, base de données qu'il convient de poursuivre sans perte d'information.
- Les modélisations du comportement de l'effluent traité en fonction de la courantologie et des conditions météorologiques ont été validées par des essais de traçages de l'effluent rejeté (coloré) et par des échantillonnages dits « d'effluent réel », de part et d'autre du diffuseur. Ces études et travaux sont consolidés par les résultats du suivi semestriel, notamment au niveau de la barrière de forte courantologie et d'hydrodynamisme qui sépare les stations côtières du nord du canal de la Havannah des stations centrales du sud-est du canal de la Havannah, ces dernières n'étant pas influencées par les apports terrigènes et les traceurs terrigènes, même par temps de fortes pluies.
- Les caractéristiques très spécifiques du biotope physico-chimique et de la biocénose de type « fond de baie » de la baie de Prony sont encore confortées par le suivi des indicateurs physiques, chimiques et biologiques. Cette influence de type « fond de baie » suit un gradient d'autant plus fort que l'on s'éloigne du cap et du phare de Bonne-Anse pour aller vers le nord de la baie de Prony.
- Le recoupement cohérent de toutes les informations données par tous les indicateurs montre que le suivi des indicateurs 2010 est conclusif.

## 3. BILAN DES NON-CONFORMITES

Aucune non-conformité n'a été constatée pour le milieu « récepteur marin ».

## **ANNEXE I**

### **LISTE RESTREINTE DES POISSONS FAISANT L'OBJET DU SUIVI ICHTHOLOGIQUE**

**LISTE DE POISSONS RETENUS POUR L'EVALUATION DE LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE**

<b>Famille</b>	<b>Genre</b>	<b>espèce</b>
<b>Requins</b>		spp
<b>Raies</b>		spp
<b>Scorpaenidae</b>	Rascasses "poules"	spp
<b>Serranidae</b>	<i>Anthias</i> et <i>Pseudanthias</i>	spp
	<i>Cromileptes</i>	<i>altivelis</i>
	<i>Epinephelus</i>	<i>cyanopodus</i>
	Autres loches	spp
	<i>Plectropomus</i>	spp
<b>Pseudchromidae</b>	<i>Pictichromis</i>	<i>coralensis</i>
<b>Carangidae</b>		spp
<b>Lutjanidae</b>	<i>Aphareus</i>	<i>furca</i>
	<i>Aprion</i>	<i>virescens</i>
	<i>Lutjanus</i>	<i>adetii</i>
	<i>Lutjanus</i>	<i>sebae</i>
	<i>Lutjanus</i>	spp
	<i>Symphorus</i>	<i>nematophorus</i>
<b>Caesionidae</b>		spp
<b>Haemulidae</b>	<i>Diagramma</i>	<i>pictum</i>
	<i>Plectorhinchus</i>	spp
<b>Lethrinidae</b>	<i>Lethrinus</i>	<i>nebulosus</i>
	Autres bossus et bec	spp
<b>Nemipteridae</b>	<i>Scolopsis</i>	<i>bilineatus</i>
<b>Mullidae</b>		spp
<b>Kyphosidae</b>		spp
<b>Ephippidae</b>	<i>Platax</i>	spp
<b>Chaetodontidae</b>	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>flavirostris</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lineolatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunula</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>melannotus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>rafflesi</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>reticulatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>semeion</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>unimaculatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>vagabundus</i>
	<i>Coradion</i>	<i>altivelis</i>
	<i>Forcipiger</i>	<i>flavissimus</i>
	<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>
	<i>Hemitaenichthys</i>	<i>polylepis</i>
	<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>
	<i>Heniochus</i>	<i>chrysostomus</i>
	<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>
	<i>Heniochus</i>	<i>singularis</i>
	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>

<b>Pomacanthidae</b>	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>flavissima</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>tibicen</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>vroliki</i>
	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>sextriatus</i>
	<i>Pygoplites</i>	<i>diacanthus</i>
<b>Pomacentridae</b>	<i>Abudefduf</i>	spp
	<i>Amphiprion</i>	<i>perideraion</i>
	<i>Amphiprion</i>	spp
	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
	<i>Chromis</i>	<i>fumea</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>
	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
	<i>Dascyllus</i>	<i>reticulatus</i>
	<i>Dascyllus</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
	<i>Neopomacentrus</i>	<i>violascens</i>
	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Stegastes</i>	spp	
<b>Labridae</b>	<i>Bodianus</i>	<i>loxozonus</i>
	<i>Bodianus</i>	<i>perditio</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourous</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>trilobatus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>
	<i>Choerodon</i>	<i>graphicus</i>
	<i>Coris</i>	<i>aygula</i>
	<i>Coris</i>	<i>gaimard</i>
	<i>Gomphosus</i>	<i>varius</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>hortulanus</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>margaritaceus</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>
	<i>Labroides</i>	<i>dimidiatus</i>
	<i>Novaculichthys</i>	<i>taeniourus</i>
	<i>Stethojulis</i>	<i>bandanensis</i>
	<i>Stethojulis</i>	<i>strigiventer</i>
	<i>Thalassoma</i>	<i>amblycephalum</i>
	<i>Thalassoma</i>	<i>hardwicke</i>
<i>Thalassoma</i>	<i>lunare</i>	
<i>Thalassoma</i>	<i>lutescens</i>	
<b>Scaridae</b>	<i>Bolbometopon</i>	<i>muricatum</i>
	<i>Scarus</i>	<i>ghobban</i>
	<i>Chlorurus</i>	<i>microrhinos</i>
	Scaridae	spp
<b>Blennidae</b>	<i>Ecsenius</i>	<i>bicolor</i>
	<i>Meicanthus</i>	<i>atrodorsalis</i>
<b>Gobbidae</b>	<i>Amblygobius</i>	<i>phalaena</i>
<b>Ptereleotridae</b>	<i>Ptereleotris</i>	<i>evides</i>
	<i>Ptereleotris</i>	<i>microlepis</i>
<b>Acanthuridae</b>	<i>Acanthurus</i>	<i>dussumieri</i>
	<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>
	<i>Acanthurus</i>	<i>triestegus</i>
	<i>Acanthurus</i>	spp
	<i>Ctenochaetus</i>	spp
	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>

---

<b>Acanthuridae</b>	<i>Naso</i>	spp
<b>(suite)</b>	<i>Zebrasoma</i>	spp
<b>Siganidae</b>	<i>Siganus</i>	<i>argenteus</i>
	<i>Siganus</i>	spp
<b>Zanclidae</b>	<i>Zanclus</i>	<i>cornutus</i>
<b>Scombridae</b>	<i>Scomberomorus</i>	<i>commerson</i>
<b>Balistidae</b>	<i>Balistoides</i>	<i>conspicillum</i>
	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>
	<i>Rhinecanthus</i>	<i>aculeatus</i>
	<i>Rhinecanthus</i>	<i>rectangulus</i>
<b>Tetraodontidae</b>	<i>Canthigaster</i>	spp

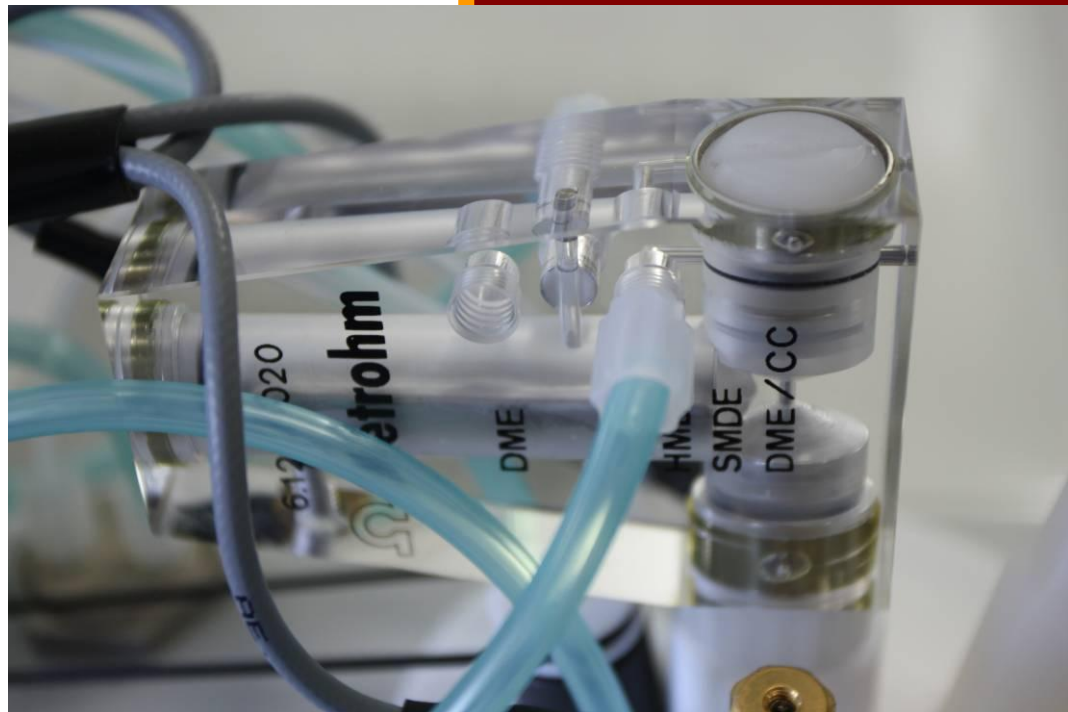
---

## **ANNEXE II**

# **SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE LA COLONNE D'EAU, 2010-2012 QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS (2ème semestre 2010)**



**SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012**  
**QUALITE PHYSICO-CHIQUE ET CONCENTRATIONS**  
**EN METAUX DISSOUS DES EAUX**  
**(2<sup>ème</sup> semestre 2010)**



**RAPPORT SEMESTRIEL**  
**DECEMBRE 2010**





## CONTRAT DE CONSULTANCE AEL-LEA/VALE-NC

### **Convention n° C2445**

SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012 :  
QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET CONCENTRATION EN  
METAUX DISSOUS DES EAUX.  
SUIVI SAISON SECHE (Août 2010)

Le Grand H.  
Dolbecq M.  
Moreton B.  
Goyaud A.  
Malet A.  
Fernandez JM.

AEL-LEA, Nouvelle-Calédonie, Janvier 2011

**Nombre de pages : 73**


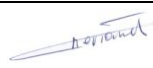
	<b>N/Ref</b>	<b>V/Ref</b>
<b>Identification</b>	100216-VI-04	C2445

<b>Titre complet</b>	Suivi environnemental « colonne d'eau » (2010-2012) : Qualité physico-chimique et concentration en métaux dissous des eaux en Baie du Prony et Canal de La Havannah (2 <sup>ème</sup> semestre).
----------------------	--

<b>Auteurs</b>	Le Grand H., Dolbecq M., Moreton B., Goyaud A., Malet A. Fernandez JM.
----------------	--

**Résumé :**

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux. Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties comme suit : neuf stations localisées dans le Canal de la Havannah, quatre stations dans la Baie du Prony et une station dans le Canal Woodin. Ce suivi est réalisé semestriellement ; une campagne ayant lieu en saison humide (mars) et une ayant lieu en saison sèche (août). Ce document présente les résultats obtenus lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010. Les profils physico-chimiques, notamment ceux de turbidité, permettent de distinguer les stations influencées par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony, de la Kwé et de Port Boisé et les stations influencées par les eaux océaniques du Canal de la Havannah. Les nitrates et nitrites, comme observé lors de la campagne « saison humide » présentent des concentrations plus faibles près des côtes alors que les concentrations de silicates, d'ammonium, de chlorophylle *a* et phéopigments ne montrent aucun gradient vertical et horizontal. L'azote dissous, l'azote, le phosphore et le carbone particulaires ont des concentrations relativement homogènes dans l'ensemble de zone d'étude. Comme mesuré lors de la campagne « saison humide » 2010, le Co, Mn et Ni présentent la même distribution, avec des concentrations plus élevées près des côtes et dans les eaux de surface. En revanche, les concentrations de Cr total et Cr(VI) sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude en saison sèche. Les concentrations des sels nutritifs, de la matière organique ainsi que des métaux dissous mesurées lors de cette campagne ont été comparées à celles obtenues lors des deux campagnes « saison sèche » précédentes. Contrairement, à ce qui avait été observé en saison humide, aucune corrélation n'est observée entre le cumul des précipitations des campagnes 2008, 2009 et 2010 et les résultats obtenus.

APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		18/01/11
Vérificateur	Jean Michel Fernandez		19/01/11
Approbateur(s)	Jean Michel Fernandez		19/01/11

EVOLUTION		
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
V1.0	Rapport semestriel (Janvier 2010)	18/01/11

COPIE - DIFFUSION	
NOM	ORGANISME
C. Casalis	VALE NC, Département Environnement

## SOMMAIRE

<i>INTRODUCTION</i> .....	7
<i>OBJECTIFS</i> .....	7
<i>METHODOLOGIE</i> .....	7
Site d'étude et conditions météorologiques .....	7
Echantillonnage .....	10
Paramètres physico-chimiques et analyse .....	10
<i>RESULTATS</i> .....	10
Paramètres physico-chimiques .....	10
<i>Structures des masses d'eau</i> .....	10
<i>Éléments majeurs et pH</i> .....	15
<i>Matières en suspension</i> .....	15
<i>Sels nutritifs</i> .....	16
<i>Carbone, azote et phosphore organiques</i> .....	17
<i>Chlorophylle a et phéopigments</i> .....	19
Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau .....	19
<i>SYNTHESE DES RESULTATS DE CAMPAGNES « SAISON SECHE » (2008, 2009, 2010)</i> .....	21
Comparaison interannuelle des concentrations en sels nutritifs des campagnes « saison sèche » .....	22
<i>Distribution globale dans le domaine</i> .....	22
<i>Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09</i> .....	22
Comparaison interannuelle des concentrations de la matière organique et des pigments chlorophylliens des campagnes « saison sèche » .....	24
Comparaison interannuelle des concentrations des métaux dissous des campagnes « saison sèche » .....	25
<i>Distribution globale dans le domaine</i> .....	25
<i>Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09</i> .....	26
<i>CONCLUSION</i> .....	28
<i>REFERENCES</i> .....	31
<i>LISTE DES FIGURES</i> .....	32
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	33
<i>LISTE DES ANNEXES</i> .....	34



## INTRODUCTION

Le programme de travail ici présenté a été défini en réponse au cahier des charges proposé par la Province-Sud de Nouvelle-Calédonie au titre des arrêtés ICPE relatifs à l'autorisation d'exploitation des installations industrielles et portuaires.

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux (Conventions IRD-Goro-Ni n°1124 de 2005 et n°1312 de 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC poursuit un programme de suivi des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau depuis août 2008.

Ce document présente les résultats des campagnes de prélèvements du **2<sup>ème</sup> semestre 2010** de ce suivi environnemental des impacts dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

## OBJECTIFS

Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties comme suit : neuf stations localisées dans le Canal de la Havannah, quatre stations dans la Baie du Prony et une station dans le Canal Woodin.

Le suivi a consisté en une campagne complète de prélèvements d'eau (Baie du Prony et Canal de la Havannah) afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les sels nutritifs et la matière organique dissoute et particulaire.

Les techniques de prélèvement, de conditionnement, de traitement et d'analyses sont spécifiques et reconnues pour l'analyse en milieu marin et saumâtre.

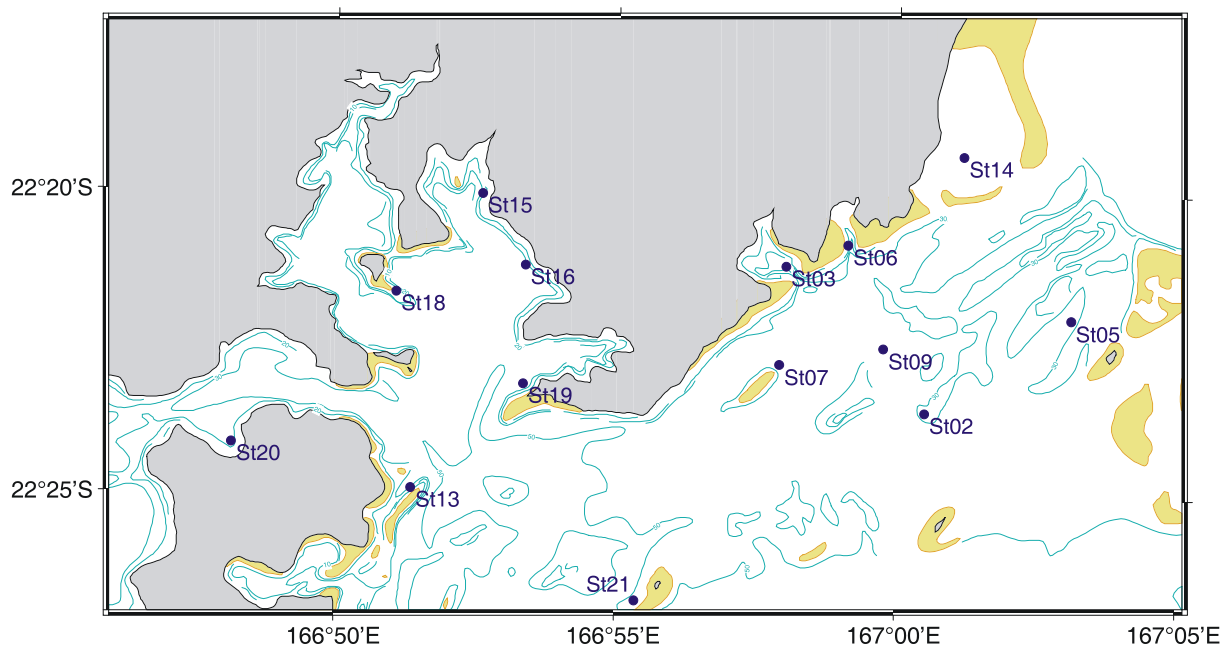
## METHODOLOGIE

### ***Site d'étude et conditions météorologiques***

Les opérations de terrain ont été réalisées sur les 14 stations prédéfinies, au cours de la campagne de prélèvements semestrielle (Figure 1 ; Tableau 1). Cette campagne s'est déroulée du 2 au 4 août 2010 à bord de l'Alurha.

**Tableau 1** : Liste et localisation des stations de prélèvement dans la colonne d'eau (référenciel WGS-84).

STATION AU REFERENCIEL WGS-84				
Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St02	167° 00,506	22° 23,599	36
Baie Port Boisé	St03	166° 58,010	22° 21,190	13
Ilot Kié	St05	167° 03,100	22° 22,050	20
Récif de la Baie Kwé	St06	166° 59,112	22° 20,830	15
Récif loro	St07	166° 57,910	22° 22,820	31
Canal de la Havannah	St09	166° 59,754	22° 22,540	35
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	27
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	23
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	33
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	25
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	15
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	36
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	24
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	34


**Figure 1** : Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau.

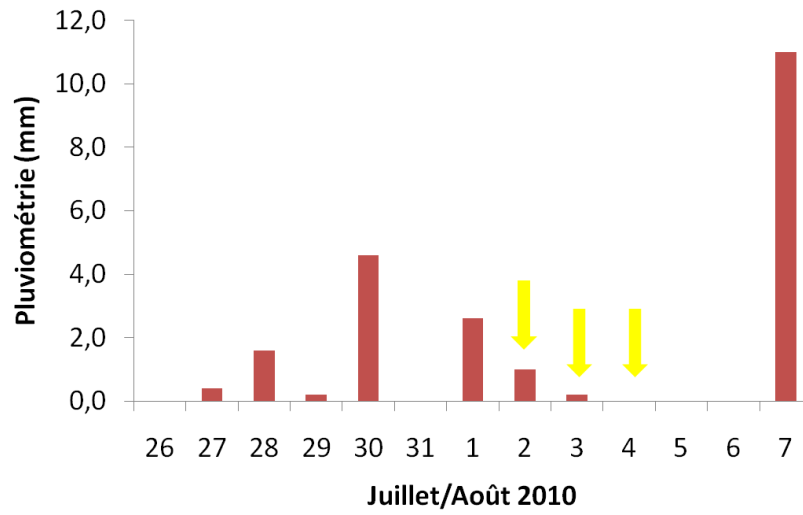
Les conditions météorologiques et hydrodynamiques ont une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de resituer chaque prélèvement dans ce contexte, les principales données météorologiques ont été relevées (Figure 2) et les heures d'arrivée en station ont été reportées sur un marégramme (Figure 3).

Conditions météorologique de la semaine précédant la campagne de prélèvement:

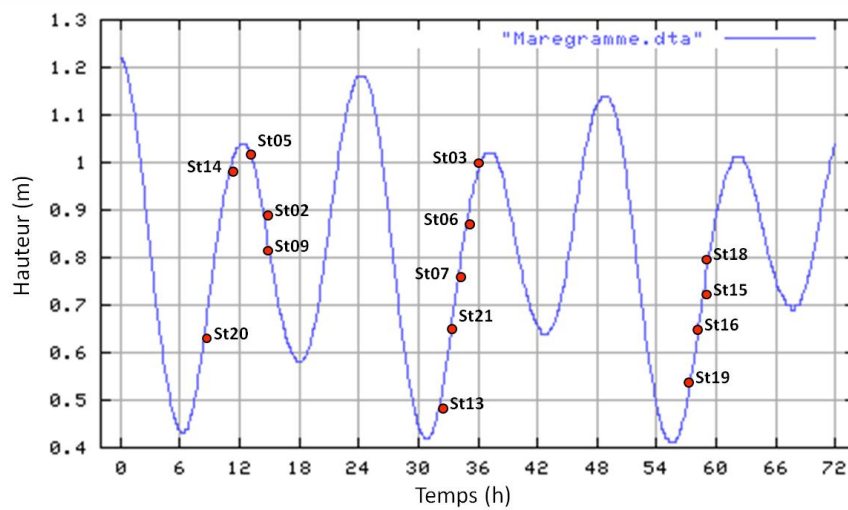
- Vent : Vent 5-10 nœuds ;
- Pluie : 9 mm de pluie accumulés cinq jours avant la campagne.

Conditions météorologique du 2-4 août (campagne de prélèvement) :

- 02/08/2010 : Vent E-NE 5 nœuds, beau temps ;
- 03/08/2010 : Vent E-NE 5 nœuds, beau temps ;
- 04/08/2010 : Vent O-NO 10 nœuds ;
- Pluie : 1,2 mm de pluie tombés pendant la campagne.



**Figure 2 :** Pluviométrie journalière du 26 Juillet au 7 Août 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches jaunes.



**Figure 3 :** Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la mission du 2 au 4 août 2010.

## Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués par bouteille « Niskin » pour le dosage des sels nutritifs et des ions majeurs et par bouteille « Goflo, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous et des hydrocarbures totaux. L'eau a été échantillonnée aux profondeurs suivantes :

- Sub-surface (-3 m) ;
- Mi-profondeur ;
- Proximité du fond (environ 3 m).

Lors des campagnes de prélèvement, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- Prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES, et des concentrations en sulfates, Ca, Na, K, Mg et Cl ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates), de la charge organique dissoute et particulaire (azote et phosphore organiques dissous, carbone, azote et phosphore organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle a et phéopigments) ;
- Prélèvements d'eau à des fins d'analyse des métaux dissous par torche à plasma (ICP-OES) pour Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn et par électrochimie (Voltammétrie) pour les dosages de As et du couple Cr/Cr(VI).

## Paramètres physico-chimiques et analyse

Les méthodes sont décrites en Annexe 1.

## RESULTATS

### Paramètres physico-chimiques

#### Structures des masses d'eau

Rappel : Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau. En milieu côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (Aminot et Kérouel 2004). En milieu côtier et estuarien, la turbidité peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières, d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de blooms planctoniques. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigment chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Kérouel 2004).

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité obtenues pour la campagne de suivi « saison sèche » de l'année 2010 sont répertoriées en Annexe 2, dans le Tableau 2 et les Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7.



Comme remarqué lors de la campagne semestrielle de mars 2010 (Convention AEL-LEA/Vale-Inco n°C2445), les valeurs des variables température, salinité et fluorescence sont plus élevées dans le Canal de la Havannah ( $23,71 \pm 0,09$  °C ;  $35,54 \pm 0,02$  ‰ ;  $0,55 \pm 0,11$  mg/m<sup>3</sup>) que dans la Baie du Prony ( $22,82 \pm 0,11$  °C ;  $35,51 \pm 0,03$  ‰ ;  $0,31 \pm 0,12$  mg/m<sup>3</sup>). A l'inverse, les valeurs de turbidité sont plus élevées en Baie du Prony ( $0,43 \pm 0,20$  FTU) que dans le Canal de la Havannah ( $0,31 \pm 0,07$  FTU).

**Tableau 2** : Synthèse des valeurs de température, salinité, turbidité et fluorescence dans la zone d'étude en saison sèche (02-04 août 2010).

		Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (FTU)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )
<b>Domaine entier</b>	Min	22,31	35,24	0,06	0,06
	Max	24,06	35,62	1,53	0,91
	Moyenne	23,37	35,53	0,35	0,47
	Ecart-type	0,10	0,02	0,11	0,11
<b>Canal de la Havannah</b>	Min	23,05	35,24	0,06	0,10
	Max	24,06	35,62	1,35	0,91
	Moyenne	23,71	35,54	0,31	0,55
	Ecart-type	0,09	0,02	0,07	0,11
<b>Baie du Prony</b>	Min	22,48	35,36	0,25	0,06
	Max	23,03	35,57	1,53	0,59
	Moyenne	22,82	35,51	0,43	0,31
	Ecart-type	0,11	0,03	0,20	0,12

Les profils de turbidité, différent selon les stations et permettent de mettre en évidence :

- Des stations influencées par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15 ; St16 ; St18 ; St19), de la Kwé (St06) et de Port Boisé (St03). Les profils de turbidité permettent de distinguer la présence d'un néphéloïde benthique aux stations St03, St15, St16, St18 et St19 ;
- Des stations influencées par les eaux océaniques et soumises à l'important mélange vertical lié à la turbulence des courants du Canal de la Havannah (St02 ; St05 ; St07 ; St09) et très faiblement influencées par les apports en eaux douces de la Baie du Prony (St13 ; St20 ; St21), de la Kwé et Port Boisé (St14). Les profils de turbidité des ces stations ne varie pas ou très peu au sein de la colonne d'eau.

### Salinité

Les profils de salinité de toutes les stations sont identiques et homogènes au sein de la colonne d'eau avec des valeurs comprises entre 35,24 et 35,62 ‰ et une moyenne de  $35,53 \pm 0,02$  ‰. Seul le profil de la station St03 (Port Boisé) montre une légère différence ; les valeurs de salinité sont plus faibles dans les cinq premiers mètres ( $35,28 \pm 0,01$  ‰) que dans le reste de la colonne d'eau ( $35,50 \pm 0,04$  ‰).

### Température

Une légère thermocline est distinguée aux stations St16, St18 et St19 de la Baie du Prony avec des températures plus élevées et homogènes dans les couches de surface (St16 :  $22,91 \pm 0,01$  °C ; St18 :  $22,98 \pm 0,04$  °C ; St19 :  $22,96 \pm 0,01$  °C) et diminuant dans la couche de profondeur jusqu'à des valeurs de 22,48 °C, 22,62 °C et 22,53 °C, respectivement. En revanche, le profil de la station St15, également localisée dans la Baie du Prony, est homogène au sein de la colonne d'eau. Les valeurs de température des profils des stations St03 influencé par les apports en eaux douces de Port Boisé diminuent progressivement avec

la profondeur ; les valeurs varient de 23,85 °C en surface à 23,51 °C en profondeur. Le profil de la station St06 se distingue par trois masses d'eau de température différente ; une de surface diminuant dans les cinq premiers mètres (de 24,04 à 23,88 °C), une de demi-profondeur avec des températures homogènes de 5 à 20 m (23,82-23,88 °C) et une masse de profondeur dont la température diminue brusquement de 23,82 à 23,47 °C.

Les valeurs de température des stations St02, St05, St09, St13 et St14 ne varient pas ou très peu avec la profondeur alors que les stations St07 et St21, présentant le même profil, mettent en évidence une baisse de température progressive entre la surface et le fond. Le profil de température de St20 présente une nette stratification entre les eaux de surface dont les valeurs de température diminuent jusqu'à une profondeur de 11 m puis stagne jusqu'au fond.

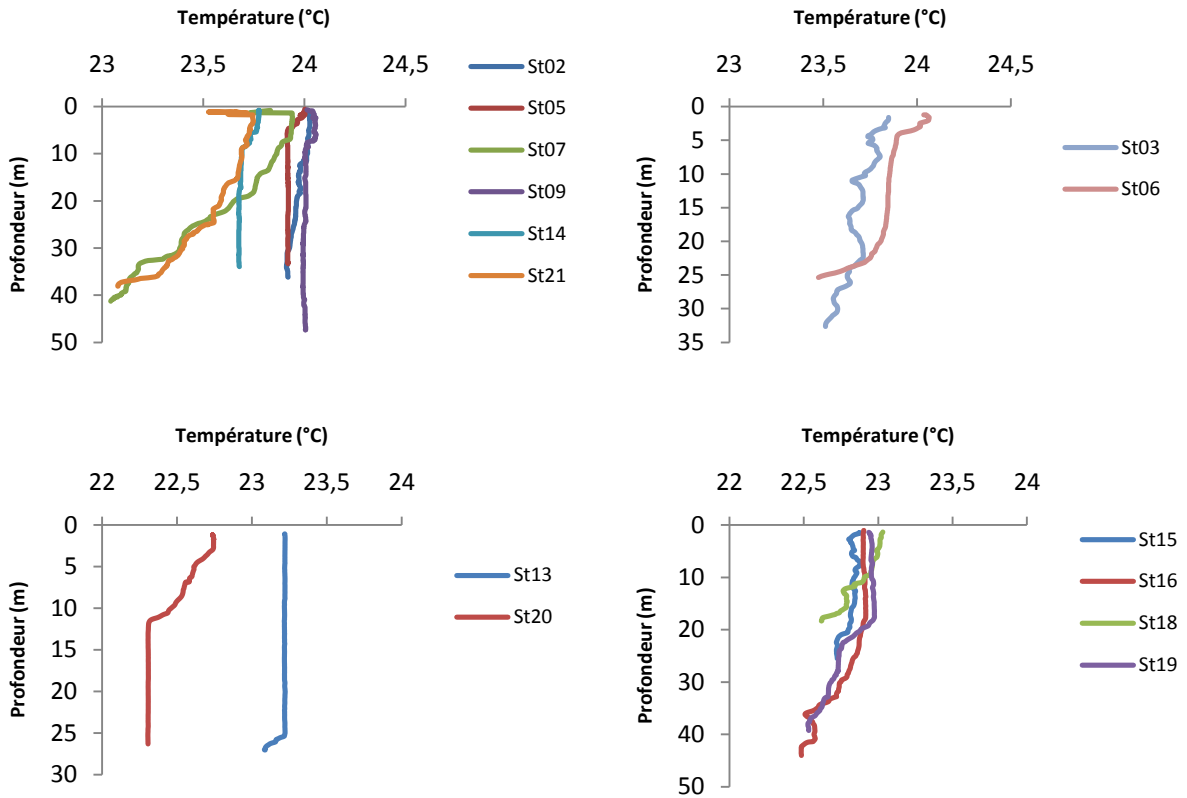
### Turbidité

Les profils de turbidité des stations influencées par les apports terrigènes de la Baie du Prony permettent de distinguer un néphéloïde benthique. Pour toutes les stations, les valeurs de turbidité stagnent dans la colonne d'eau (0,35-0,40 FTU) puis augmentent dans la masse d'eau la plus profonde à des valeurs atteignant 1,50 FTU. La station St15 montre aussi un pic de turbidité à 7 m (0,80 FTU). Le profil de la station St03 (Port Boisé) met également en évidence un néphéloïde benthique ; les valeurs de turbidité varient peu de 0 à 25 m ( $0,48 \pm 0,09$  FTU) puis atteignent un pic à 30 m d'une valeur de 1,35 FTU. Contrairement aux autres stations influencées par des apports terrigènes, le profil de la station St06, influencée par les apports de la Kwé, ne montre qu'une très légère augmentation des valeurs de turbidité à partir de 20 m jusqu'au fond (0,50 FTU). On peut également remarquer un pic de turbidité à 3 m (0,50 FTU). A l'inverse, les stations St02 ( $0,17 \pm 0,01$  FTU), St05 ( $0,17 \pm 0,01$  FTU), St09 ( $0,17 \pm 0,03$  FTU), St13 ( $0,45 \pm 0,03$  FTU), St14 ( $0,32 \pm 0,06$  FTU) et St20 ( $0,34 \pm 0,03$  FTU) montrent des similitudes de comportement avec des profils de turbidité homogènes sur toute la colonne d'eau. Les profils des stations St07 (Récif Ioro) et St21 (Ilot Ugo) sont homogènes jusqu'à 20 m avec des valeurs de  $0,20 \pm 0,08$  FTU et  $0,25 \pm 0,03$  FTU, respectivement, puis ces valeurs augmentent progressivement jusqu'au fond pour atteindre jusqu'à 0,47 FTU et 0,78 FTU, respectivement.

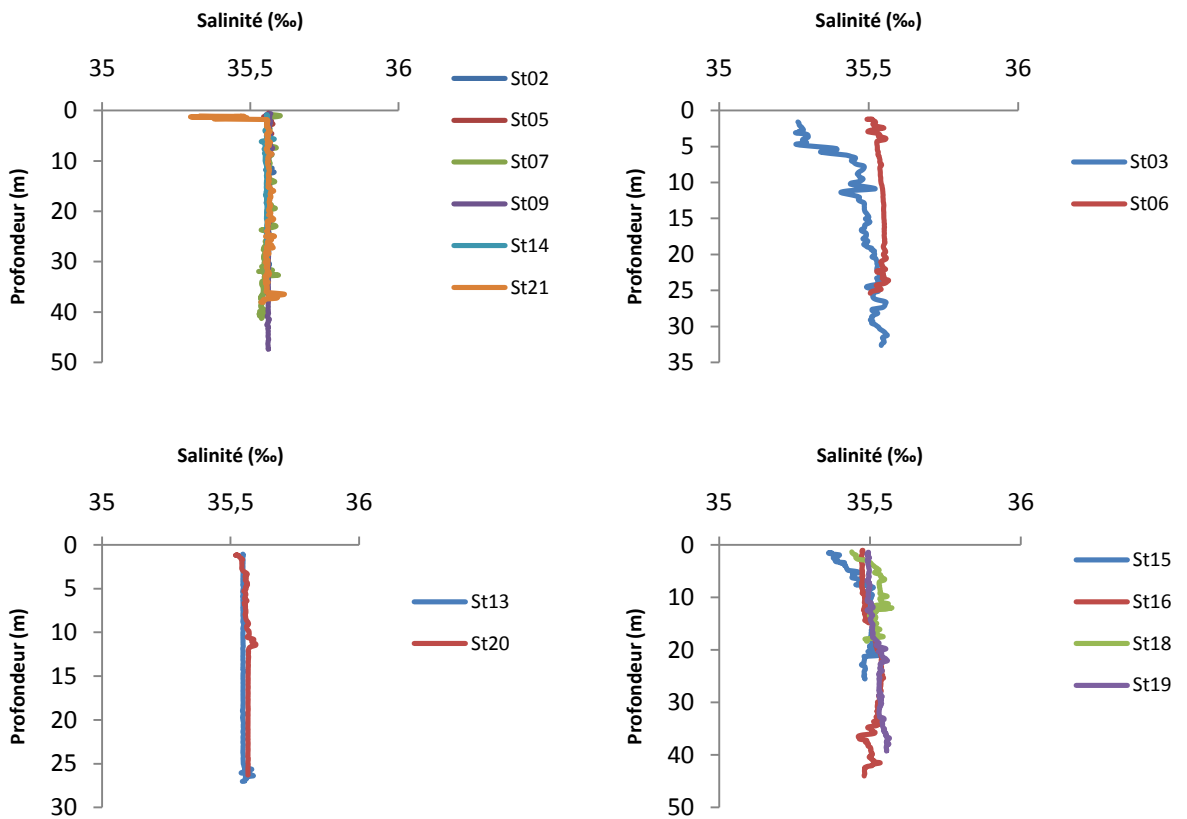
### Fluorescence

Les profils de fluorescence des stations St05, St09 et St20 sont homogènes dans la colonne d'eau avec des valeurs moyennes de  $0,40 \pm 0,08$  mg/m<sup>3</sup>,  $0,63 \pm 0,08$  mg/m<sup>3</sup> et  $0,42 \pm 0,03$  mg/m<sup>3</sup>. Les profils de fluorescence des stations St02, St07, St14, St21, St13, St03 et St06 présentent tous la même particularité ; ils se singularisent par une couche de fluorescence maximale dans les couches de mi-profondeur ou de fond. Les valeurs maximales des stations St07, St13 et St21 s'élèvent à 0,68 mg/m<sup>3</sup>, 0,62 mg/m<sup>3</sup>, 0,66 mg/m<sup>3</sup>, respectivement. Les valeurs maximales des quatre autres stations St02, St06, St14 et St03 sont légèrement plus élevées que celles des stations précédentes atteignant 0,80 mg/m<sup>3</sup>, 0,84 mg/m<sup>3</sup>, 0,89 mg/m<sup>3</sup> et 0,91 mg/m<sup>3</sup>.

Les profils de fluorescence des stations de la Baie du Prony peuvent être corrélés avec ceux de turbidité. En effet, les valeurs de fluorescence augmentent progressivement avec les profondeurs puis brusquement dans les masses d'eau profonde. Cette brusque augmentation de fluorescence semble correspondre au néphéloïde benthique observé sur les profils de turbidité de ces mêmes stations. Les valeurs de fluorescence observées dans cette masse d'eau profonde sont comprises entre 0,45 et 0,60 mg/m<sup>3</sup>.



**Figure 4 :** Profils de température des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d’août 2010.



**Figure 5 :** Profils de salinité des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d’août 2010.

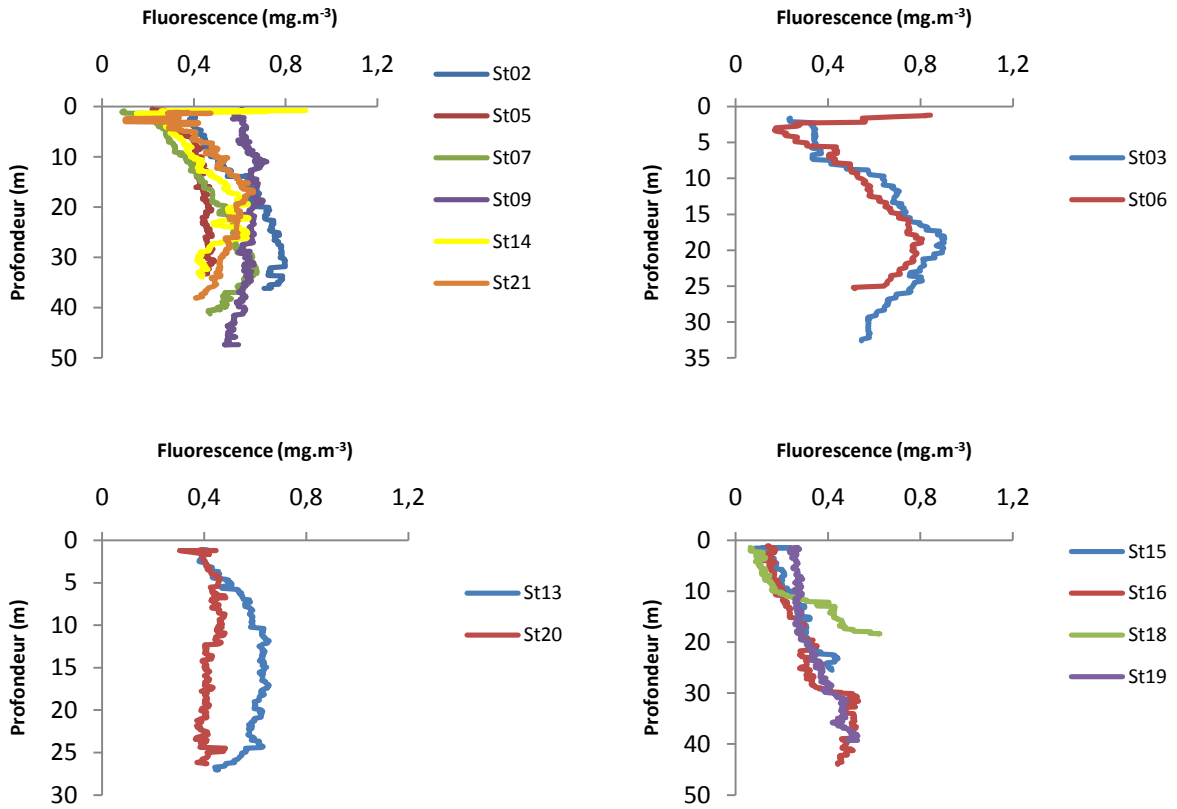


Figure 6 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010.

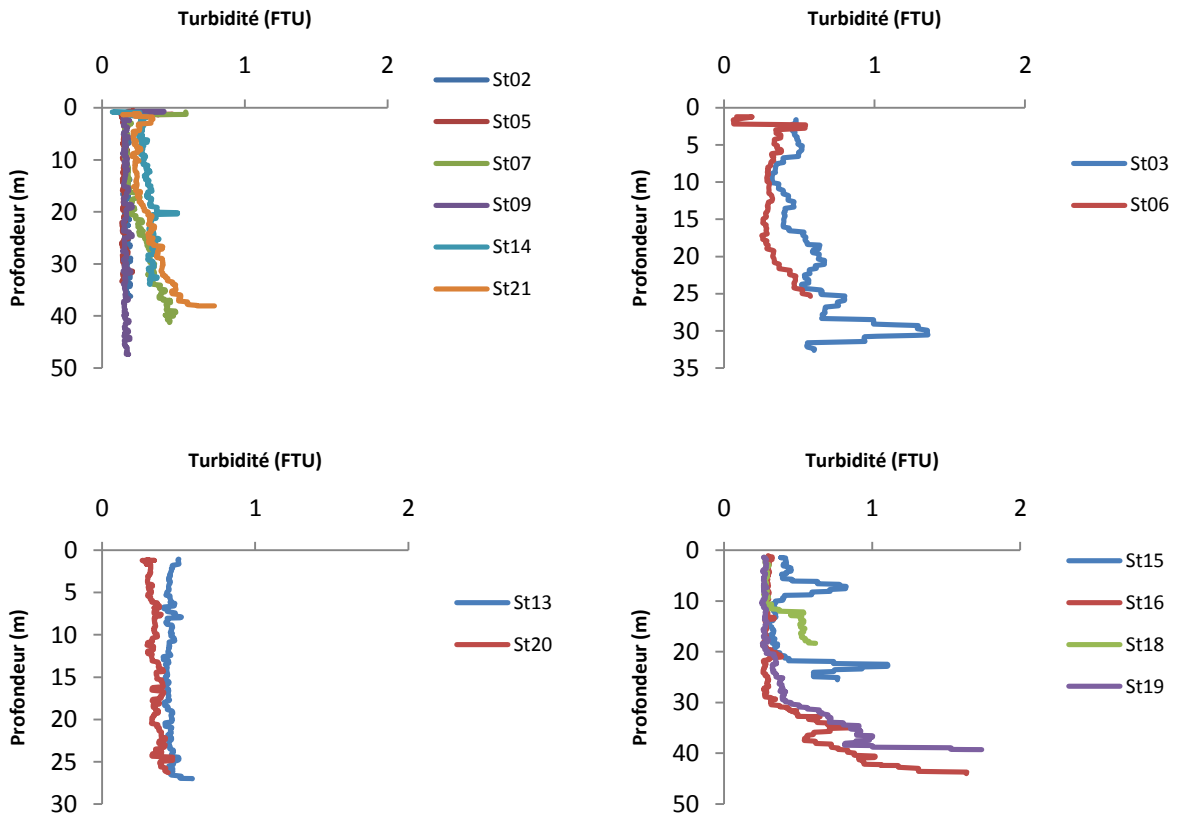


Figure 7 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010.

## Eléments majeurs et pH

Les résultats d'analyse des éléments majeurs et les mesures de pH sont réunis en Annexe 3.

Ces résultats sont conformes aux valeurs attendues et similaires avec celles obtenues lors des campagnes de suivi précédentes (Convention IRD/Vale-Inco N°C2284/E13517 ; Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445). Aucune variation significative n'est observable.

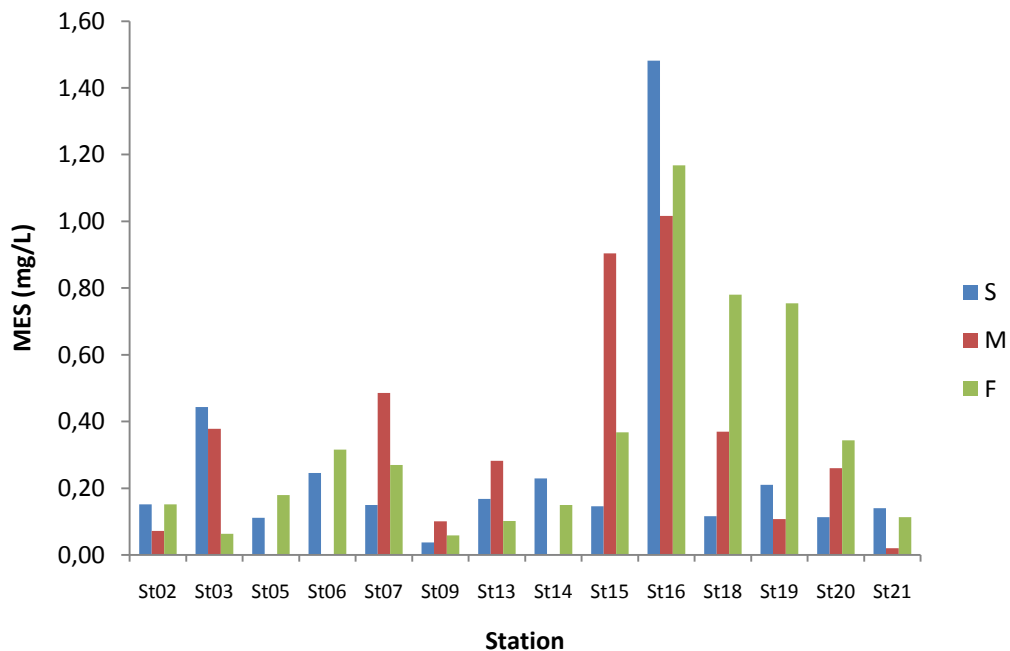
## Matières en suspension

**Rappel :** *La mesure des MES est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète l'importance des apports continentaux et de la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'épaisseur de la couche euphotique (Aminot et Kérouel 2004). En milieu côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5 mg/l (Aminot et Kérouel 2004).*

Les résultats de la détermination des matières en suspension sont répertoriés en Annexe 3 et Figure 8.

Les concentrations des MES sont environ deux fois plus élevées en Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) qu'au niveau des autres stations. Ces MES doivent provenir des apports d'eaux douces des creeks de la baie du Prony. A l'inverse, les stations St03 et St06, influencées par les apports terrigènes de Port Boisé et la Kwé, respectivement, ont des concentrations de MES assez faibles comparées à celles de la Baie du Prony. Les concentrations de MES varient de façon hétérogène dans la colonne d'eau.

Cependant, on remarquera que les valeurs maximales de la charge sont mesurées au niveau de la station St16, proche du port de commerce.



**Figure 8 :** Concentrations des MES (mg/L) en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux 14 stations de la zone étudiée.

## **Sels nutritifs**

Les concentrations des sels nutritifs sont regroupées en Annexe 4 et dans le Tableau 3.

### **Ammonium**

Rappel : Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium ( $NH_4^+$ ). Naturellement, il provient des excréments animaux et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles.

Les concentrations d'ammonium varient fortement dans l'ensemble de la zone d'étude ; elles sont comprises entre 0,017 et 0,240  $\mu\text{mol/L}$  avec une moyenne de  $0,068 \pm 0,049 \mu\text{mol/L}$ . Globalement, les concentrations d'ammonium ne montrent pas de distribution particulière dans la zone d'étude ainsi qu'au sein de la colonne d'eau. On remarque cependant que les concentrations d'ammonium du Canal de la Havannah ( $0,083 \pm 0,061 \mu\text{mol/L}$ ) sont presque deux fois plus élevées que celles mesurées en Baie du Prony ( $0,048 \pm 0,036 \mu\text{mol/L}$ ). En effet, les stations St07 ( $F = 0,240 \pm 0,036 \mu\text{mol/L}$ ), St21 ( $F = 0,197 \pm 0,001 \mu\text{mol/L}$ ) et St14 ( $M = 0,166 \pm 0,097 \mu\text{mol/L}$ ) présentent des concentrations d'ammonium plus hautes que celles mesurées aux autres stations ( $< 0,160 \mu\text{mol/L}$ ).

### **Nitrates + Nitrites**

Rappel : L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale ( $NO_3$ ). La vitesse de régénération peut être parfois différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.

Dans l'ensemble de la zone étudiée, les valeurs de  $NO_3+NO_2$  varient entre la limite de détection ( $0,002 \mu\text{mol/L}$ ) et  $0,27 \mu\text{mol/L}$  avec une moyenne de  $0,14 \pm 0,07 \mu\text{mol/L}$ . Comme remarqué lors de la campagne semestrielle précédente (mars 2010), les concentrations de  $NO_3+NO_2$  présentent un gradient côte-large avec des concentrations plus faibles près des côtes. En effet, les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah ( $0,18 \pm 0,07 \mu\text{mol/L}$ ) sont deux fois plus élevées que celles obtenues en Baie du Prony ( $0,08 \pm 0,04 \mu\text{mol/L}$ ). Les concentrations mesurées aux stations St03 ( $0,07 \mu\text{mol/L}$ ) et St06 ( $0,12 \mu\text{mol/L}$ ) sont également plus faibles que celles obtenues aux stations du Canal de la Havannah. Les concentrations de  $NO_3+NO_2$  de la zone étudiée ne présentent pas de distribution verticale particulière.

### **Phosphates**

Rappel : Dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates. ( $PO_4^{2-}$ ) Leur concentration dépend de phénomènes physiques et biologiques ou chimiques. Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique (La zone euphotique correspond à la hauteur d'eau qui est pénétrée par la lumière). En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.

Les prélèvements destinés à l'analyse des phosphates doivent être conservés par congélation. Une panne de chambre froide a eu pour conséquence un réchauffement des échantillons pendant plusieurs heures. Malgré tout, les analyses ont été conduites sur ces échantillons

décongelés mais les résultats ont montré que les teneurs en ions phosphates avaient évolué de telle façon que l'interprétation n'a pu être réalisée.

## Silicates

**Rappel :** *Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi, dans le domaine océanique, les concentrations en surface sont généralement très faibles mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes ou des fonds abyssaux.*

A l'inverse des concentrations de silicates mesurées en mars 2010 se distinguant par une nette distribution côte-large, les concentrations d'août 2010 ne montrent pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude. Celles-ci sont cependant comprises dans une large gamme comprise entre 0,45 (St21-M) et 3,15 (St16-F)  $\mu\text{mol/L}$  avec une moyenne de  $1,26 \pm 0,68 \mu\text{mol/L}$ . Les concentrations moyennes mesurées dans la Baie du Prony ( $1,44 \pm 0,82 \mu\text{mol/L}$ ) et dans le Canal de la Havannah ( $1,30 \pm 0,71 \mu\text{mol/L}$ ) sont quasiment similaires. Les concentrations ne montrent également pas de gradient vertical.

**Tableau 3 :** Concentration des sels nutritifs dissous ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  et  $\text{SiO}_4$ ) dans la zone d'étude en saison sèche (2-4 août 2010)

		$\text{NH}_4$ ( $\mu\text{mol/L}$ )	$\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ( $\mu\text{mol/L}$ )	$\text{SiO}_4$ ( $\mu\text{mol/L}$ )
Domaine entier	Min	0,017	<LD	0,45
	Max	0,240	0,27	3,15
	Moyenne	0,068	0,14	1,26
	Ecart-type	0,049	0,07	0,68
Canal de la Havannah	Min	0,030	0,05	0,45
	Max	0,240	0,27	2,48
	Moyenne	0,083	0,18	1,30
	Ecart-type	0,061	0,07	0,71
Baie du Prony	Min	0,017	<LD	0,75
	Max	0,121	0,14	3,15
	Moyenne	0,048	0,08	1,44
	Ecart-type	0,036	0,04	0,82

## Carbone, azote et phosphore organiques

La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire ; cependant les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille soit de 0,45  $\mu\text{m}$  pour les séparer (Strickland & Parsons, 1972). Les concentrations de carbone, azote et phosphore organiques sont regroupés en Annexe 5 et dans le Tableau 4.

### Azote et phosphore dissous

**Rappel :** *La contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique (bactéries, phytoplancton,*

zooplancton, macro-organismes pélagiques, ...) ou terrestre (bactéries, débris végétaux, ...) voire éolienne (bactéries, pollens, ...). D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan ouvert.

Comme observé lors de la campagne précédente (mars 2010), les concentrations en azote dissous ne montrent aucun gradient horizontal et vertical bien défini ; Les concentrations varient de 4,51 à 7,44  $\mu\text{mol/L}$  avec une moyenne de  $6,03 \pm 0,81 \mu\text{mol/L}$ .

### Azote, phosphore et carbone particuliers

**Rappel :** La fraction particulaire de ces éléments constitue des matières en suspension de tailles diverses transportées au sein des masses d'eau. Leur origine est également océanique, terrestre voire éolienne. Les concentrations présentent d'ordinaire un gradient côte-large et peuvent montrer des discontinuités verticales en fonction de l'existence ou non de couches turbides.

Les concentrations de NOP ne mettent pas en évidence de distributions horizontale et verticale particulières. Dans le domaine entier, les valeurs sont comprises entre 0,05 et 0,60  $\mu\text{mol/L}$  avec une moyenne de  $0,27 \pm 0,11 \mu\text{mol/L}$ .

Les concentrations de POP sont distribuées de façon homogène dans l'ensemble de la zone étudiée et au sein de la colonne d'eau. Celles-ci sont comprises entre 0,08 et 0,16  $\mu\text{mol/L}$  avec une valeur moyenne de  $0,10 \pm 0,02 \mu\text{mol/L}$ . Ces concentrations sont légèrement supérieures à celles mesurées en mars 2010 ( $0,06 \pm 0,03 \mu\text{mol/L}$ ), mais restent du même ordre.

Les concentrations de COP sont réparties de façon relativement homogène dans l'ensemble de la zone étudiée, avec une moyenne de  $7,08 \pm 2,07 \mu\text{mol/L}$ . Cependant, les concentrations se distribuent de façon relativement hétérogène au sein de la colonne d'eau. En effet, la concentration de mi-profondeur mesurée à la station St21 est deux à quatre fois plus élevée que celles obtenues en surface (7,64  $\mu\text{mol/L}$ ) et profondeur (4,66  $\mu\text{mol/L}$ ), respectivement. Il en est de même pour la station St06, dont la concentration de mi-profondeur (10,66  $\mu\text{mol/L}$ ) est deux fois plus élevée que celles de surface (5,57  $\mu\text{mol/L}$ ) et de profondeur (5,67  $\mu\text{mol/L}$ ).

**Tableau 4 :** Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particuliers dans la zone d'étude en saison sèche (2-4 août 2010).

		NOD ( $\mu\text{mol/L}$ )	POP ( $\mu\text{mol/L}$ )	NOP ( $\mu\text{mol/L}$ )	COP ( $\mu\text{mol/L}$ )
Domaine entier	Min	4,51	0,08	0,05	4,11
	Max	7,44	0,16	0,60	16,19
	Moyenne	6,03	0,10	0,27	7,08
	Ecart-type	0,81	0,02	0,11	2,07
Canal de la Havannah	Min	4,54	0,09	0,14	4,66
	Max	7,43	0,16	0,51	16,19
	Moyenne	5,96	0,10	0,28	7,48
	Ecart-type	0,88	0,02	0,11	2,51
Baie du Prony	Min	4,51	0,11	0,27	6,92
	Max	7,16	0,12	0,60	11,21
	Moyenne	5,79	0,11	0,27	6,92
	Ecart-type	0,68	0,01	0,12	1,94



## **Chlorophylle *a* et phéopigments**

**Rappel :** La chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et de ce fait le niveau trophique (oligotrophie/eutrophie) du milieu (Fichez et al. 2005). Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéopigments.

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments sont répertoriés dans le Tableau 5 et en Annexe 6.

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments ne semblent pas montrer de distribution particulière dans la zone d'étude ainsi que verticalement au sein de la colonne d'eau. Les concentrations de chlorophylle *a* sont comprises entre 0,40 et 2,55 µg/L avec une moyenne de  $0,92 \pm 0,37$  µg/L. Les concentrations de phéopigments varient de 0,19 à 1,35 µg/L avec une moyenne de  $0,42 \pm 0,20$  µg/L. Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments sont légèrement plus faibles en Baie du Prony (Chlo :  $0,74 \pm 0,13$  µg/L ; Phéo :  $0,32 \pm 0,10$  µg/L) que dans le Canal de la Havannah (Chlo :  $1,05 \pm 0,48$  µg/L ; Phéo :  $0,50 \pm 0,26$  µg/L). Seules les stations St09 de profondeur (Chlo : 2,55 µg/L ; Phéo : 1,35 µg/L) et St21 de mi-profondeur (Chlo : 1,97 µg/L ; Phéo : 0,83 µg/L) se démarquent des autres stations avec des concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments deux fois élevées que celles mesurées aux autres stations.

**Tableau 5 :** Concentrations en pigments chlorophylliens dans la zone d'étude en saison sèche (2-4août 2010).

		Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Phéopigments (µg/L)	% Phéopigments
<b>Domaine entier</b>	<b>Min</b>	0,40	0,19	21,3
	<b>Max</b>	2,55	1,35	55,3
	<b>Moyenne</b>	0,92	0,42	31,3
	<b>Ecart-type</b>	0,37	0,20	7,1
<b>Canal de la Havannah</b>	<b>Min</b>	0,59	0,22	21,6
	<b>Max</b>	2,55	1,35	53,1
	<b>Moyenne</b>	1,05	0,50	32,2
	<b>Ecart-type</b>	0,48	0,26	7,7
<b>Baie du Prony</b>	<b>Min</b>	0,59	0,19	21,3
	<b>Max</b>	1,09	0,57	38,7
	<b>Moyenne</b>	0,74	0,32	29,4
	<b>Ecart-type</b>	0,13	0,10	4,7

## ***Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau***

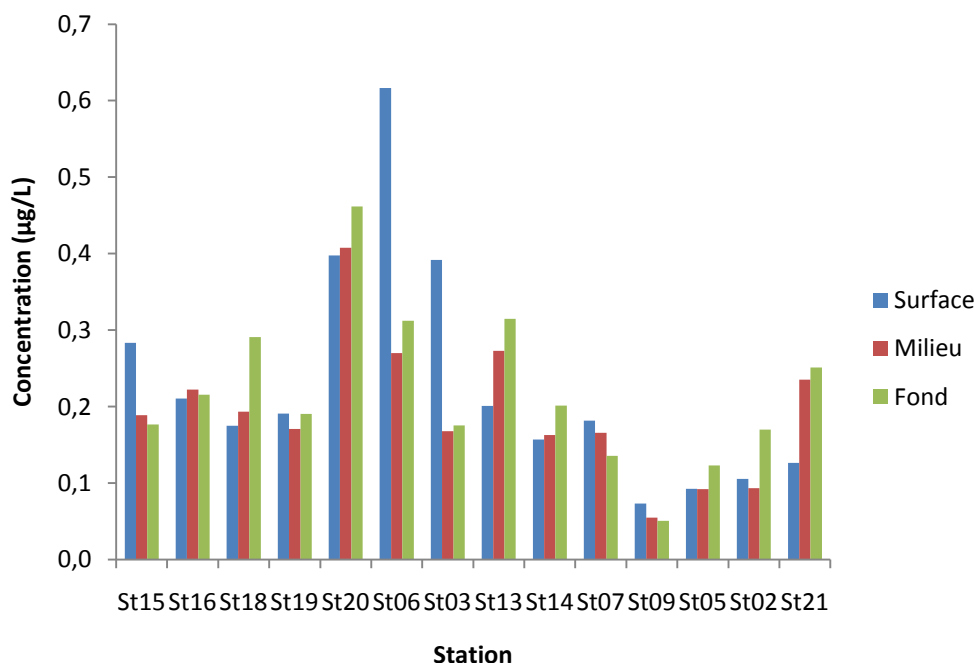
Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle d'août 2010 sont regroupés dans le Tableau 6, Figure 9 et en Annexe 7.

En saison sèche, les concentrations de Co, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé ainsi qu'un gradient surface-fond avec des concentrations plus élevées en surface qu'en profondeur. On peut clairement distinguer les stations du Canal de La Havannah (St02, St05, St07, St09, St14 et St21) influencées par les masses d'eaux océaniques dont les concentrations sont beaucoup plus faibles que celles mesurées aux stations proches des côtes influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St15, St16, St18,

St19). En effet, les concentrations de surface de Co mesurées aux stations proches des côtes (St06 : 0,096  $\mu\text{g/L}$  ; St03 : 0,069  $\mu\text{g/L}$  ; Prony : 0,026  $\pm$  0,010  $\mu\text{g/L}$ ) sont deux à huit fois plus élevées que celles mesurées dans le Canal de la Havannah (0,012  $\pm$  0,007  $\mu\text{g/L}$ ).

**Tableau 6 :** Valeurs moyennes et domaines de variations des concentrations en métaux dissous pour la campagne saison sèche (02-04 août 2010).

		As ( $\mu\text{g/l}$ )	Co ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	Mn ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Cr(VI) ( $\mu\text{g/l}$ )	Cr(tot) ( $\mu\text{g/l}$ )	Zn ( $\mu\text{g/l}$ )
Domaine entier	Min	-	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,11	0,13	0,01
	Max	-	0,10	0,06	0,13	0,69	0,62	0,22	0,25	1,15
	Moyenne	-	0,02	0,03	0,06	0,18	0,21	0,14	0,16	0,23
	E-type	-	0,02	0,01	0,03	0,13	0,11	0,03	0,03	0,25
Canal de la Havannah	Min	-	0,00	0,01	0,03	0,03	0,05	0,11	0,13	0,01
	Max	-	0,10	0,04	0,13	0,69	0,62	0,21	0,23	1,15
	Moyenne	-	0,02	0,03	0,06	0,17	0,19	0,13	0,15	0,18
	E-type	-	0,02	0,01	0,03	0,14	0,13	0,02	0,02	0,23
Baie du Prony	Min	-	0,02	0,02	0,01	0,11	0,17	0,15	0,17	0,11
	Max	-	0,04	0,06	0,05	0,28	0,29	0,22	0,25	1,09
	Moyenne	-	0,02	0,03	0,03	0,15	0,21	0,17	0,20	0,38
	E-type	-	0,01	0,02	0,01	0,05	0,04	0,02	0,02	0,27



**Figure 9 :** Evolution spatiale des concentrations en Ni en fonction de l'éloignement à la côte (Campagne du 02 au 04 août 2010).

Les concentrations de Mn et Ni sont deux à sept fois plus élevées aux stations St06 (Mn : 0,69  $\mu\text{g/L}$  ; Ni : 0,62  $\mu\text{g/L}$ ), St03 (Mn : 0,31  $\mu\text{g/L}$  ; Ni : 0,39  $\mu\text{g/L}$ ) et aux stations de la Baie du Prony (Mn : 0,17  $\pm$  0,07  $\mu\text{g/L}$  ; Ni : 0,21  $\pm$  0,05  $\mu\text{g/L}$ ) qu'aux stations du Canal de la Havannah (Mn : 0,10  $\pm$  0,06  $\mu\text{g/L}$  ; Ni : 0,12  $\pm$  0,05  $\mu\text{g/L}$ ) (Figure 9). A l'inverse, les concentrations de Cr(VI) (0,14  $\pm$  0,03  $\mu\text{g/L}$ ), Cr total (0,16  $\pm$  0,03  $\mu\text{g/L}$ ) et Cu

( $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g/L}$ ) sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone étudiée. Les concentrations de Fe et Zn montrent une distribution hétérogène dans l'ensemble de la zone étudiée notamment pour le Zn dont les concentrations varient de 0,01 à 1,15  $\mu\text{g/L}$ . Les concentrations moyennes de Fe sont deux fois plus hautes dans le Canal de la Havannah ( $0,06 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$ ) que dans la Baie du Prony ( $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g/L}$ ).

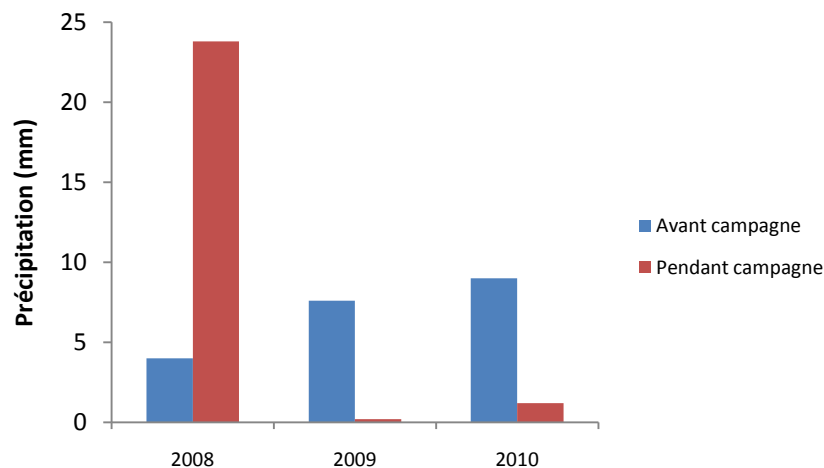
Les concentrations de Cd et Pb sont en dessous des limites de détection compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques de sud calédonien (Atlas de la Nouvelle-Calédonie, 1981).

*Note :*

*L'analyse de l'arsenic n'a pas été réalisée en raison d'un problème d'approvisionnement en réactifs nécessaires à la technique. Toutefois, les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et feront l'objet d'un addendum.*

## SYNTHESE DES RESULTATS DE CAMPAGNES « SAISON SECHE » (2008, 2009, 2010)

Les valeurs moyennes des concentrations en sels nutritifs, matières organiques dissoutes et particulaires, chlorophylle *a*, phéopigments et métaux dissous dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivis « saison sèche » réalisées en août 2008, 2009 et 2010 sont regroupées dans les tableau 7, 8, 9, 10 et 11, ainsi que dans les Figure 11 et 12. Les conditions météorologiques, notamment les précipitations peuvent avoir une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux et leurs concentrations en métaux. Le cumul des précipitations ayant eu lieu avant les campagnes et pendant les campagnes de prélèvement a été reporté dans la Figure 10.



**Figure 10 :** Cumuls des précipitations avant les campagnes (5 jours avant les campagnes) et pendant les campagnes de prélèvement « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

## **Comparaison interannuelle des concentrations en sels nutritifs des campagnes « saison sèche »**

### **Distribution globale dans le domaine**

Les concentrations minimales de  $\text{NH}_4$  ont été mesurées lors de la campagne de 2008. Pour l'ensemble de la zone étudiée ainsi que pour les deux zones, Prony et Havannah, les concentrations mesurées lors de cette campagne s'élèvent à  $0,02 \mu\text{mol/L}$  (Tableau 7). Les concentrations moyennes de  $\text{NH}_4$  du domaine entier et de la Baie du Prony sont quasiment similaires pour les campagnes 2009 et 2010. Cependant, celles-ci sont plus hautes en 2010 ( $0,08 \mu\text{g/L}$ ) qu'en 2009 ( $0,05 \mu\text{g/L}$ ) dans le Canal de la Havannah. En effet, la valeur de concentration maximale obtenue dans cette zone est deux fois plus élevée en 2010 ( $0,24 \mu\text{g/L}$ ) qu'en 2009 ( $0,13 \mu\text{g/L}$ ).

Les concentrations moyennes de  $\text{NO}_2+\text{NO}_3$  sont minimales en 2008 ( $0,06 \mu\text{mol/L}$ ) et presque identiques en 2009 ( $0,15 \mu\text{mol/L}$ ) et 2010 ( $0,14 \mu\text{mol/L}$ ) pour l'ensemble de la zone étudiée (Tableau 7). Alors que les concentrations moyennes maximales du Canal de la Havannah sont observées en 2009 ( $0,22 \mu\text{g/L}$ ) celles-ci sont minimales dans la Baie du Prony ( $0,04 \mu\text{g/L}$ ). Dans cette dernière zone, les concentrations mesurées en 2008 et 2010 sont identiques ( $0,08 \mu\text{g/L}$ ) alors que celles-ci sont plus hautes en 2010 ( $0,18 \mu\text{g/L}$ ) qu'en 2008 ( $0,14 \mu\text{g/L}$ ) dans le Canal de la Havannah.

### **Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09**

Les concentrations en  $\text{NO}_2+\text{NO}_3$  et  $\text{NH}_4$  des trois stations, St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) représentatives de différentes sources d'influences de la zone d'étude (Influence terrigène des creeks de la Baie et Prony (St15) et de la Kwé (St06) et océanique dans le Canal de la Havannah (St09)) ont été comparées pour les trois campagnes « saison sèche » réalisées entre 2008 et 2010.

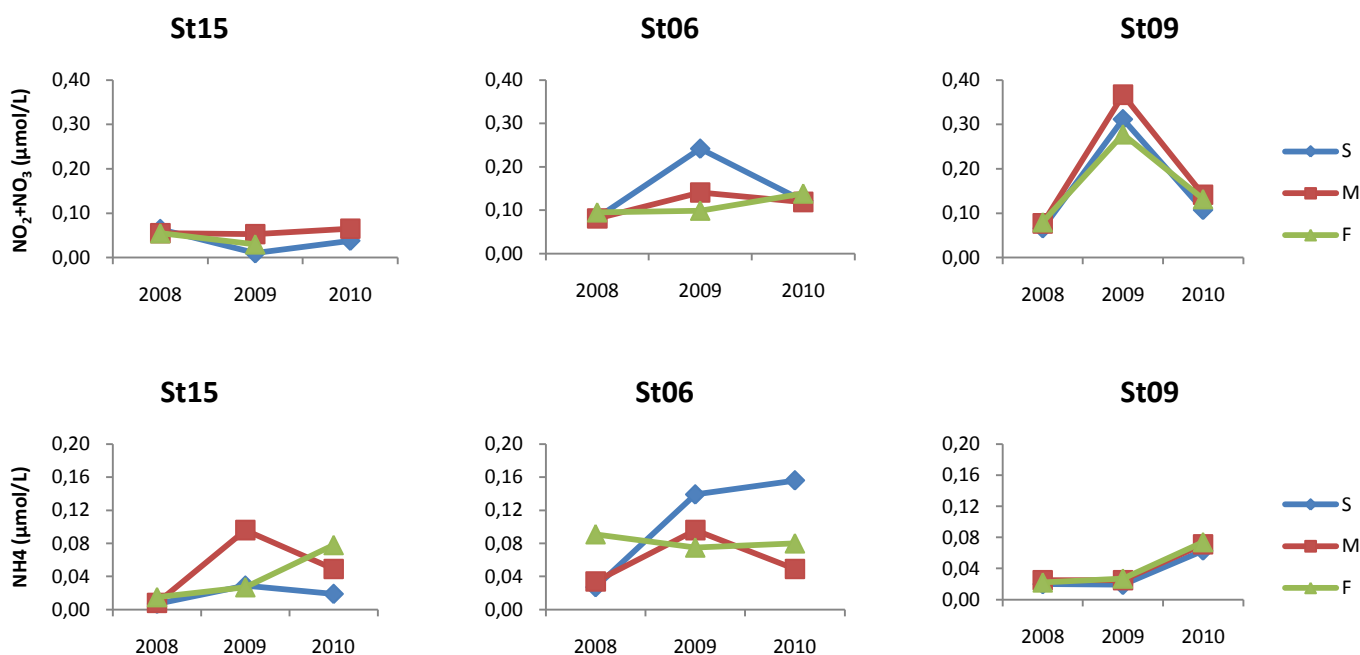
Les concentrations de  $\text{NO}_2+\text{NO}_3$  de la station St15 sont plus faibles que celles mesurées en St06 et St09 pour les trois campagnes de prélèvement ; celles-ci ne varient pas ou très peu entre les campagnes et ceci aux trois profondeurs étudiées. A la station St06, les concentrations de mi-profondeur et fond diffèrent très peu entre les trois campagnes alors que la concentration de surface est deux fois plus élevée en 2009 ( $0,24 \mu\text{mol/L}$ ) qu'en 2008 ( $0,08 \mu\text{mol/L}$ ) et 2010 ( $0,12 \mu\text{mol/L}$ ). Les concentrations de  $\text{NO}_2+\text{NO}_3$  aux trois profondeurs échantillonnées à la station St09 montrent la même variation entre les trois campagnes avec des concentrations trois à quatre fois plus hautes en 2009 qu'en 2008 et 2010.

Les concentrations de  $\text{NH}_4$  des stations St15 et St06 varient différemment aux trois profondeurs échantillonnées lors des trois campagnes de prélèvement. La tendance globale est que les concentrations de  $\text{NH}_4$  sont supérieures en 2009 et 2010 à celles de 2008. Pour la station St09, les trois profondeurs se comportent de la même façon ; elles sont similaires en 2008 et 2009 ( $0,02 \mu\text{g/L}$ ) et trois fois plus élevées en 2010 ( $0,06-0,07 \mu\text{g/L}$ ).

Lors de la comparaison des trois campagnes de suivis « saison humide » de 2007, 2009 et 2010, les concentrations des sels nutritifs étaient corrélées à celles de la pluviométrie (Convention AEL/LEA-Vale-NC n°C2445, mars 2010). La comparaison des trois campagnes « saison sèche » ne met pas en évidence de corrélation entre la pluviométrie et les concentrations de sels nutritifs. En effet, le cumul de précipitation est beaucoup plus faible en saison sèche qu'en saison humide.

**Tableau 7 :** Concentrations en nitrates + nitrites, phosphates, silicates et ammonium mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

Année		NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (µmol/L)			PO <sub>4</sub> (µmol/L)			SiO <sub>4</sub> (µmol/L)			NH <sub>4</sub> (µmol/L)		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Domaine entier	Min	0,01	0,00	<LD	0,01	0,01	-	0,80	0,92	0,45	0,00	0,02	0,02
	Max	0,11	0,40	0,27	0,08	0,12	-	3,02	4,31	3,15	0,10	0,15	0,24
	Moyenne	0,06	0,15	0,14	0,04	0,05	-	1,36	1,98	1,26	0,02	0,06	0,07
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,04	0,05	0,01	0,02	-	0,80	0,92	0,45	0,00	0,02	0,03
	Max	0,11	0,37	0,27	0,08	0,08	-	2,40	1,76	2,48	0,07	0,13	0,24
	Moyenne	0,14	0,22	0,18	0,04	0,06	-	1,18	1,32	1,30	0,02	0,05	0,08
Baie du Prony	Min	0,06	0,00	<LD	0,01	0,01	-	1,23	1,89	0,75	0,01	0,03	0,02
	Max	0,10	0,18	0,14	0,04	0,09	-	3,02	4,31	3,15	0,10	0,15	0,12
	Moyenne	0,08	0,04	0,08	0,02	0,03	-	1,87	2,88	1,44	0,02	0,06	0,05


**Figure 11 :** Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub> et NH<sub>4</sub> aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

## Comparaison interannuelle des concentrations de la matière organique et des pigments chlorophylliens des campagnes « saison sèche »

Les concentrations de POD ne sont pas disponibles pour cette campagne (août 2010) en raison de la mauvaise conservation des phosphates dont les valeurs n'ont pas été interprétables.

Les concentrations de NOD et POP mesurées lors de cette campagne sont, respectivement, environ deux et quatre fois plus élevées que celles mesurées lors des deux campagnes « saison sèche » précédentes (Tableau 8). A l'inverse, les concentrations de NOP sont environ trois à quatre fois moins hautes en 2010 qu'en 2008 et 2009.

Dans le domaine entier, les concentrations de chlorophylle *a* et phéopigment ont légèrement diminué de 2008 à 2009 puis, comme observé pour les concentrations de NOP et POP, celles-ci ont doublé (phéopigments) et triplé (chlorophylle *a*) entre 2009 et 2010 (Tableau 9). Cette augmentation est plus prononcée dans la Canal de la Havannah qu'en Baie du Prony ; les concentrations de chlorophylle *a* et phéopigment ont triplé dans le Canal de la Havannah et doublé en Baie du Prony.

**Tableau 8 :** Concentrations en phosphore et azote organiques et particuliers mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

Année		POD ( $\mu\text{mol/L}$ )			NOD ( $\mu\text{mol/L}$ )			POP ( $\mu\text{mol/L}$ )			NOP ( $\mu\text{mol/L}$ )		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Domaine entier	Min	0,11	0,23	-	2,60	1,56	4,51	0,03	0,03	0,05	0,34	0,11	0,05
	Max	0,32	0,90	-	4,90	4,59	7,44	0,12	0,34	0,60	1,32	4,58	0,60
	Moyenne	0,19	0,59	-	4,02	3,40	6,03	0,08	0,06	0,27	0,73	0,93	0,27
Canal de la Havannah	Min	0,11	0,23	-	2,60	1,56	4,54	0,03	0,04	0,14	0,34	0,39	0,14
	Max	0,32	0,84	-	4,89	4,59	7,43	0,10	0,34	0,51	1,32	3,28	0,51
	Moyenne	0,18	0,51	-	3,87	3,09	5,96	0,07	0,09	0,28	0,70	1,33	0,28
Baie du Prony	Min	0,16	0,53	-	3,67	2,45	4,51	0,08	0,05	0,27	0,70	0,11	0,27
	Max	0,28	0,90	-	4,15	4,25	7,19	0,12	0,09	0,60	1,12	1,72	0,60
	Moyenne	0,20	0,68	-	3,93	3,50	5,79	0,09	0,06	0,27	0,85	0,66	0,27

**Tableau 9 :** Concentrations de la chlorophylle *a* et des phéopigments mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

Année		Chlorophylle <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )			Phéopigments ( $\mu\text{g/L}$ )		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010
Domaine entier	Min	0,09	0,15	0,4	0,05	0,04	0,19
	Max	0,98	0,90	2,55	0,47	0,40	1,35
	Moyenne	0,43	0,33	0,92	0,17	0,15	0,42
Canal de la Havannah	Min	0,09	0,15	0,59	0,11	0,08	0,22
	Max	0,98	0,43	2,55	0,47	0,36	1,35
	Moyenne	0,43	0,32	1,05	0,18	0,17	0,5
Baie du Prony	Min	0,16	0,16	0,59	0,05	0,04	0,19
	Max	0,57	0,90	1,09	0,23	0,40	0,57
	Moyenne	0,39	0,35	0,74	0,13	0,14	0,32

## Comparaison interannuelle des concentrations des métaux dissous des campagnes « saison sèche »

### Distribution globale dans le domaine

Dans le domaine d'étude, en saison sèche, les concentrations des éléments métalliques Co, Cr(VI) et Cr total sont plus élevées en 2009 comparées à 2008 et 2010 (Tableau 10). En effet, pour le Cr(VI) et le Cr total, les concentrations de 2009 (Cr(VI) : 0,20 µg/L ; Cr total : 0,32 µg/L) sont deux fois plus hautes que celles de 2008 (Cr(VI) : 0,10 µg/L ; Cr total : 0,14 µg/L) et 2010 (Cr(VI) : 0,14 µg/L ; Cr total : 0,16 µg/L). Les concentrations de Cr(VI) et Cr total suivent la même tendance dans la Baie du Prony et le Canal de La Havannah alors que les concentrations de Co diminuent d'un facteur deux de 2008 à 2010 dans les deux zones.

Les concentrations moyennes de Mn et Ni de l'ensemble de la zone étudiée ne varient pas ou très peu entre les trois campagnes « saison sèche » (Tableau 11). Cependant les concentrations de ces deux métaux dans le Canal de la Havannah sont légèrement plus élevées en 2008 (Mn : 0,14 µg/L ; Ni : 0,19 µg/L) qu'en 2009 (Mn : 0,10 µg/L ; Ni : 0,14 µg/L) et 2010 (Mn : 0,12 µg/L ; Ni : 0,15 µg/L). En Baie du Prony, les concentrations de ces deux métaux, comme pour celle du Co, diminuent de 2008 à 2010 passant de 0,26 à 0,15 µg/L pour le Mn et de 0,33 à 0,21 µg/L pour le Ni.

A l'inverse, les concentrations de Cu ne diffèrent pas entre la Baie du Prony et le Canal de la Havannah (Tableau 10). Globalement, celles-ci sont deux fois plus élevées en 2008 (0,06 µg/L) qu'en 2009 (0,02 µg/L) et 2010 (0,03 µg/L) dans l'ensemble du domaine ainsi que dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony. Une exception pourrait se dessiner au niveau de la station St16 (port de commerce), qu'il faudra confirmer.

Les minimas des concentrations de Fe dans le domaine étudié sont observés en 2010 alors que les minimas des concentrations de Zn ont été mesurés en 2009. Ces métaux ne montrent pas de tendance particulière entre les deux zones d'études.

**Tableau 10** : Concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr total, Cr(VI)) mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010 ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.

Année		Co (µg/L)			Cu (µg/L)			Cr total (µg/L)			Cr(VI) (µg/L)		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Domaine entier	Min	0,012	0,004	0,001	0,03	< LD	0,01	0,10	0,18	0,13	0,07	0,12	0,11
	Max	0,073	0,132	0,096	0,18	0,08	0,06	0,24	0,71	0,25	0,18	0,43	0,22
	Moyenne	0,027	0,032	0,023	0,06	0,02	0,03	0,14	0,32	0,16	0,10	0,20	0,14
Canal de la Havannah	Min	<LD	0,007	0,001	0,03	< LD	0,01	0,10	0,18	0,13	0,07	0,12	0,12
	Max	0,012	0,059	0,038	0,13	0,08	0,04	0,24	0,46	0,25	0,11	0,18	0,22
	Moyenne	0,029	0,028	0,013	0,07	0,03	0,02	0,13	0,28	0,15	0,11	0,15	0,13
Baie du Prony	Min	0,032	0,004	0,015	0,03	< LD	0,02	0,12	0,24	0,17	0,09	0,17	0,15
	Max	0,073	0,132	0,038	0,18	0,05	0,06	0,19	0,71	0,25	0,18	0,43	0,22
	Moyenne	0,046	0,036	0,024	0,09	0,02	0,03	0,15	0,38	0,20	0,12	0,25	0,17

**Tableau 11** : Concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr total, Cr(VI)) mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010 ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.

Année		Fe (µg/L)			Mn (µg/L)			Ni (µg/L)			Zn (µg/L)		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Domaine entier	Min	0,01	0,03	0,01	0,08	0,05	0,03	0,11	0,07	0,05	0,00	0,00	0,01
	Max	0,39	0,26	0,13	0,51	0,47	0,69	0,50	0,71	0,62	1,06	0,80	1,15
	Moyenne	0,10	0,11	0,06	0,17	0,17	0,18	0,20	0,23	0,21	0,26	0,13	0,23
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,07	0,03	0,08	0,05	0,03	0,11	0,07	0,05	0,00	0,00	0,01
	Max	0,15	0,24	0,12	0,18	0,19	0,28	0,20	0,25	0,28	0,31	0,80	1,15
	Moyenne	0,07	0,11	0,05	0,14	0,10	0,12	0,19	0,14	0,15	0,14	0,17	0,22
Baie du Prony	Min	0,10	0,03	0,01	0,20	0,14	0,11	0,26	0,20	0,17	0,23	0,02	0,11
	Max	0,17	0,12	0,05	0,45	0,36	0,28	0,50	0,48	0,29	1,06	0,22	1,09
	Moyenne	0,13	0,08	0,03	0,26	0,22	0,15	0,33	0,30	0,21	0,59	0,11	0,38

### Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09

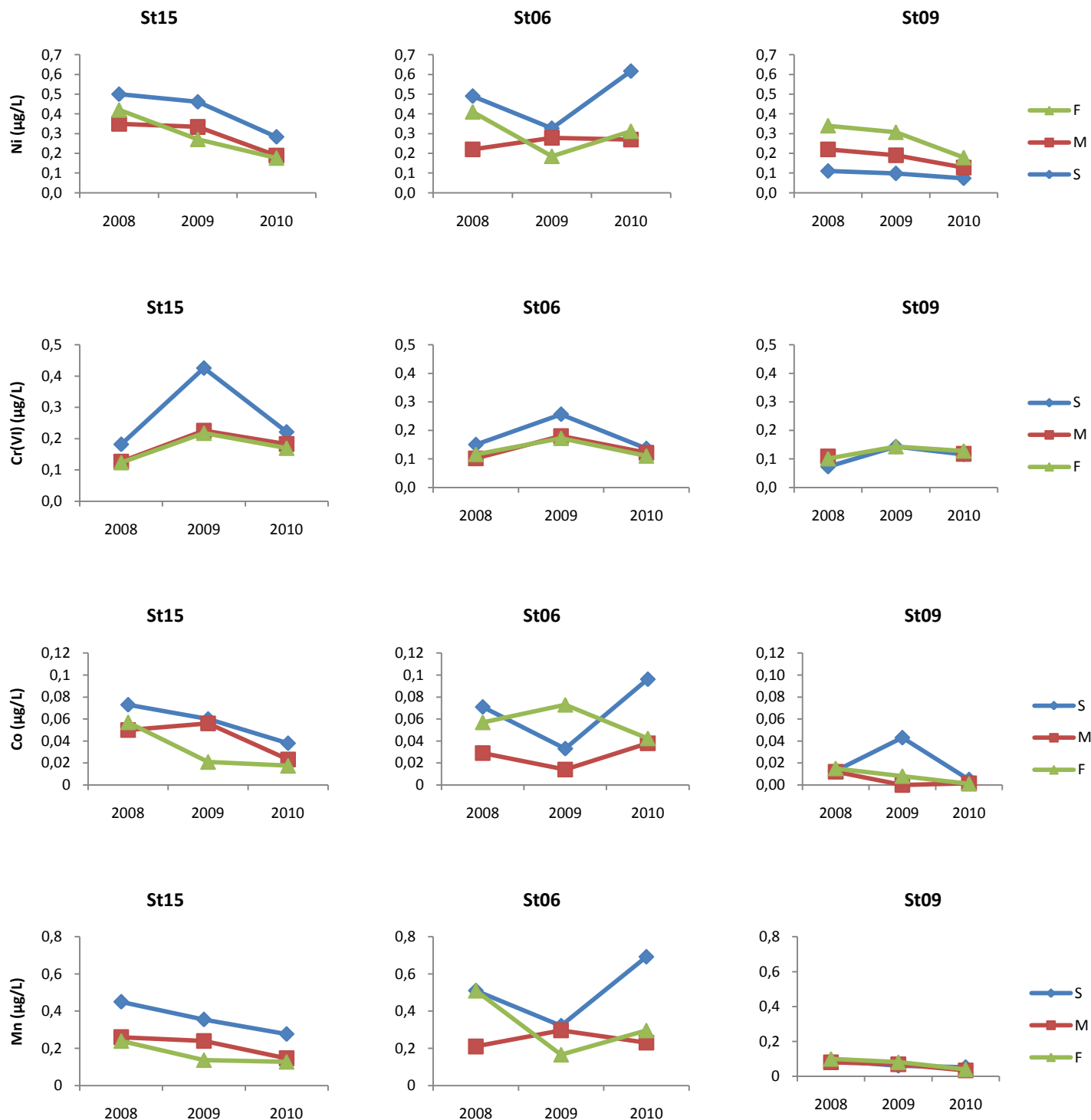
Dans les eaux de surface, les concentrations en Ni, Cr(VI), Co et Mn sont généralement supérieures à celles mesurées à mi-profondeur et au fond pour les stations St15 et St06. Cette tendance est inversée pour Ni dans les eaux de la station St09 et non observée pour les Cr(VI) ni Mn.

En ce qui concerne la variation temporelle à la station St15, les concentrations de Ni, Co et Mn, celle-ci présente une diminution régulière de 2008 à 2010. En revanche, les concentrations de Cr(VI) de cette même station ne montrent pas la même tendance, les concentrations étant plus élevées en 2009 qu'en 2008 et 2010. La concentration de Cr(VI) de surface est deux fois plus élevée en 2009 (0,43 µg/L) qu'en 2008 (0,18 µg/L) et 2010 (0,22 µg/L) (Figure 12).

A la station St06, les concentrations de surface de Ni, Co et Mn présentent des distributions semblables de 2008 à 2010. Les concentrations de surface minimales sont mesurées en 2009 alors qu'en 2008 et surtout 2010 elles sont nettement plus élevées. Les concentrations de mi-profondeur montrent la même distribution pour le Ni et le Mn alors qu'à l'inverse, les concentrations de mi-profondeur de Co sont maximales en 2009. Les concentrations dans les eaux de fond pour ces trois métaux ne varient que très peu entre les trois campagnes « saison sèche ». Les concentrations de Cr(VI) mesurées présentent une distribution opposée à celles de Ni, Co et Mn ; la concentration de Cr(VI) aux trois profondeurs est maximale en 2009 et sensiblement identiques en 2008 et 2010.

De 2008 à 2010, les concentrations de Ni et Mn aux trois profondeurs de la station St09 diminuent de moitié pour Ni, et Mn, voire Co si l'on fait abstraction d'une valeur très forte dans les eaux de surface en 2009. Les concentrations de Cr(VI) aux trois profondeurs sont similaires; celles-ci sont très légèrement plus élevées en 2009 qu'en 2008 et 2010.





**Figure 12 :** Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en Ni, Cr(VI), Co et Mn aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.

## CONCLUSION

Une synthèse des résultats acquis depuis le mois de mai 2007 a été réalisée (Figure 13, Tableau 12). Elle concerne trois métaux traceurs de l'érosion des formations latéritiques : Ni et Cr(VI). Le troisième élément, Mn, a été pris en considération essentiellement pour des raisons évidentes de communication vis à vis du public, ce métal ne présentant que peu de problèmes écotoxicologiques (Breau et al, 2009).

Pour le **manganèse et le nickel**, les 6 campagnes réalisées montrent que :

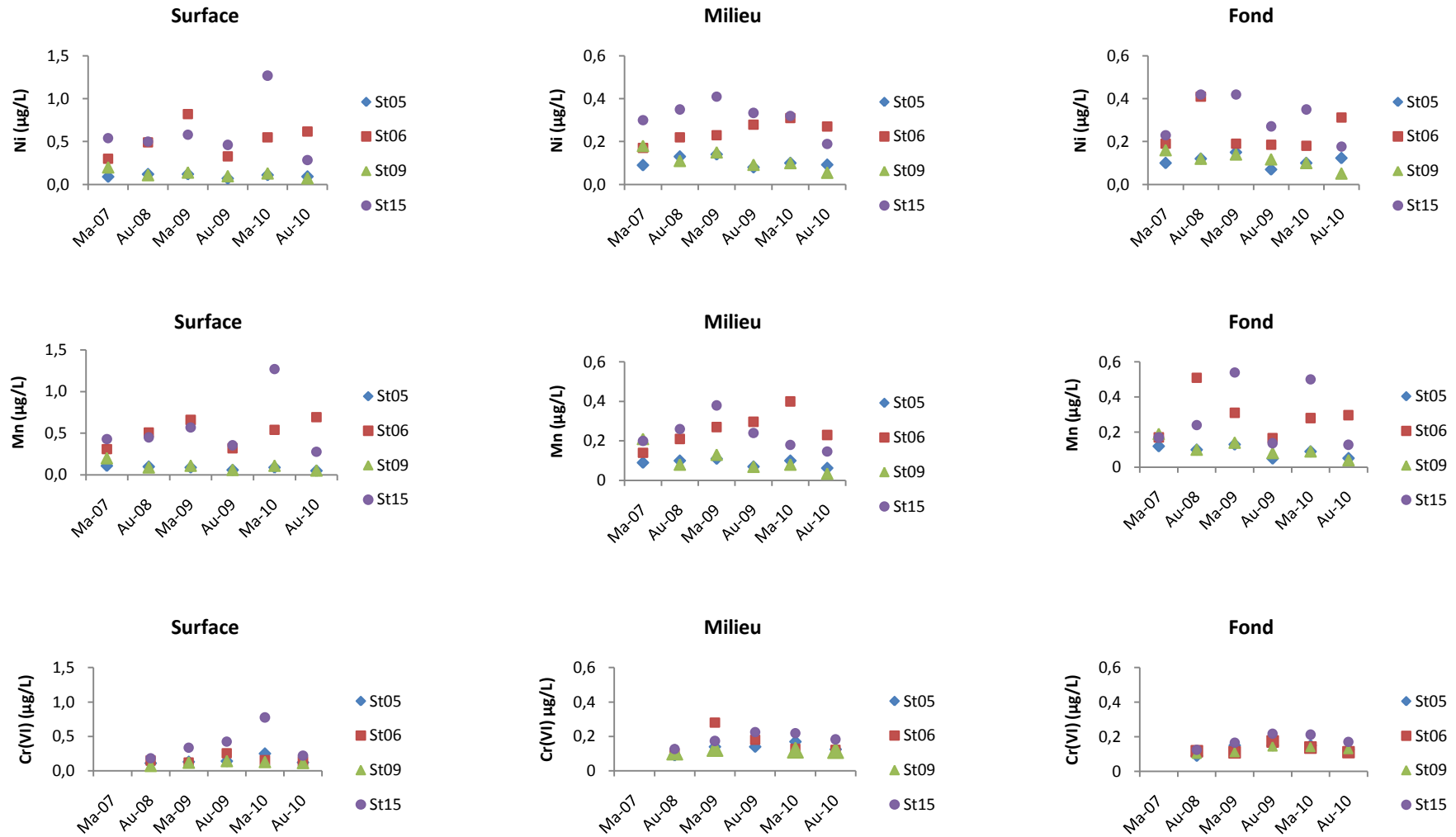
- Aux stations St06 (Récif de la Baie Kwé) et St15 (Creek de la Rade Nord, Baie du Prony), les concentrations mesurées **varient fortement** entre les campagnes. Par ailleurs, les concentrations sont bien plus élevées que celles obtenues aux stations St05 et St09, aux trois profondeurs échantillonnées, et elles présentent les mêmes variations entre les campagnes ; l'influence des apports terrigènes est ici mise en évidence ;
- Aux stations St05 (Ilot Kié) et St09 (Canal de la Havannah), les concentrations des eaux de surface, mi-profondeur et fond **ne varient pas ou très peu** entre les campagnes ; celles-ci sont comprises entre 0,04 et 0,21 µg/L et 0,05 et 0,16 µg/L, respectivement. Cette constatation conforte les résultats de la modélisation hydrodynamique (Douillet et Fernandez, 2009) qui montre que la réserve Merlet est isolée des influences terrigènes grâce à l'existence de forts courants prenant naissance à la passe de la Havannah et longeant le Canal. La délimitation des zones d'influences océanique ou terrigènes passe approximativement au niveau de la station St09 (Fernandez et al, 2009).

**Tableau 12 :** Moyennes, écart-types, et dispersion des concentrations en métaux (Cr(VI), Mn, Ni) aux stations St06, St15 (influence terrigène), St09 (zone de mélange) et St05 (influence océanique). Valeurs pour l'ensemble des campagnes réalisées de 2007 à 2010.

Station		Cr(VI)	Mn	Ni
St06	Min	0,10	0,14	0,17
	Max	0,28	0,69	0,82
	Moyenne	0,15	0,35	0,34
	Ecart-type	0,05	0,17	0,18
St15	Min	0,12	0,13	0,18
	Max	0,78	1,27	1,27
	Moyenne	0,25	0,36	0,41
	Ecart-type	0,16	0,27	0,24
St09	Min	0,07	0,03	0,05
	Max	0,14	0,21	0,20
	Moyenne	0,12	0,10	0,12
	Ecart-type	0,02	0,05	0,04
St05	Min	0,09	0,05	0,07
	Max	0,25	0,13	0,15
	Moyenne	0,14	0,09	0,11
	Ecart-type	0,04	0,02	0,02

Pour le **chrome**, les résultats sont beaucoup moins dispersés. En effet, aux 4 stations St05, St06, St09 et St15, la plupart des concentrations de surface, milieu et fond de Cr(VI) sont **relativement constantes** au cours des campagnes et donnent un aperçu des valeurs générées par le fond géochimique de ce secteur du lagon sud. On remarque cependant quelques niveaux de concentrations qui confirment l'impact des influences terrigènes aux stations St06 et notamment à la station St15 après de fortes précipitations.

L'empreinte terrigène la plus marquée est enregistrée à la station St15 où les concentrations en métaux (Mn, Ni et Cr(VI)) dépendent directement des apports terrigènes. L'impact est particulièrement visible pour les eaux de surface de cette station où les fortes concentrations observées pour ces 3 métaux sont principalement corrélées à l'intensité des précipitations.



**Figure 13 :** Concentrations de Ni, Mn et Cr(VI) de surface, milieu et fond aux stations St05 (Ilot Kié), St06 (Récif de la Baie Kwé), St09 (Canal de La Havannah) et St15 (Prony Creek Baie Nord) aux campagnes « saison sèche » et « saison humide » de 2007 à 2010.

## REFERENCES

Atlas de Nouvelle-Calédonie et dépendances, 1981. Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, Paris, pp 53.

Aminot A, Kérouel, 2004. Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, pp 336.

Breau L, Senia A, Pangrani K, Garcia JP et Debenay JP, 2009. Développement de méthodes d'évaluation de la toxicité et analyse du risque chimique de l'effluent pour l'environnement marin. Convention IRD/Goro-Ni, n°1124, « Ecotoxicologie », pp 117.

Douillet P et Fernandez JM, 2009. Modélisation et simulation du transport des formes particulières d'origine naturelle : Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRD/Goro-Ni, n°1124, « Modélisation hydrodynamique », pp 55.

Fernandez JM, Dolbecq M, Damien P et Le Grand H, 2009. Validation du modèle de transport en phase dissoute par traçage à la rhodamine-WT. Convention IRD/Vale-Inco, N° 2131, 2009, pp 152.

Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A, 2007. Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention n°1312.

Fernandez JM, Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Damien P, 2010. Suivi environnemental 2009 : Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous des eaux. Convention n°C2284/E13517.

Fichez R, Adjeroud M, Bozec YM, Breau L, Chancerelle Y, Chevillon C, Douillet P, Fernandez JM, Frouin P, Kulbicki M, Moreton B, Ouillon S, Payri C, Perez T, Sasal P, Thébault J, 2005. A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems. *Aquatic Living Resources* 18:125-147.

Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM, 2010. Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n°C2445.

Strickland JDH, Parsons TR, 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 167:207-211.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau.....	8
Figure 2 :	Pluviométrie journalière du 26 Juillet au 7 Août 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches jaunes. ....	9
Figure 3 :	Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la mission du 2 au 4 août 2010. ....	9
Figure 4 :	Profils de température des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010. ....	13
Figure 5 :	Profils de salinité des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010. ....	13
Figure 6 :	Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010. ....	14
Figure 7 :	Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées lors de la campagne « saison sèche » d'août 2010. ....	14
Figure 8 :	Concentrations des MES (mg/L) en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux 14 stations de la zone étudiée.....	15
Figure 9 :	Evolution spatiale des concentrations en Ni en fonction de l'éloignement à la côte (Campagne d'août 2010).....	20
Figure 10 :	Cumuls des précipitations avant les campagnes (5 jours avant les campagnes) et pendant les campagnes de prélèvement « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.....	21
Figure 11 :	Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> et NH <sub>4</sub> aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010. ....	23
Figure 12 :	Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en Ni, Cr(VI), Co et Mn aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.....	27
Figure 13 :	Concentrations de Ni, Mn et Cr(VI) de surface, milieu et fond aux stations St05 (Ilot Kié), St06 (Récif de la Baie Kwé), St09 (Canal de La Havannah) et St15 (Prony Creek Baie Nord) aux campagnes « saison sèche » et « saison humide » de 2007 à 2010.....	30

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Liste et localisation des stations de prélèvement dans la colonne d'eau (référenciel WGS-84).....	8
Tableau 2 :	Synthèse des valeurs de température, salinité, turbidité et fluorescence dans la zone d'étude en saison sèche (02-04 août 2010).....	11
Tableau 3 :	Concentration des sels nutritifs dissous (NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> et SiO <sub>4</sub> ) dans la zone d'étude en saison sèche (2-4 août 2010) .....	17
Tableau 4 :	Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particulaires dans la zone d'étude en saison sèche (2-4 août 2010).....	18
Tableau 5 :	Concentrations en pigments chlorophylliens dans la zone d'étude en saison sèche (2-4août 2010).....	19
Tableau 6 :	Valeurs moyennes et domaines de variations des concentrations en métaux dissous pour la campagne saison sèche (02-04 août 2010).....	20
Tableau 7 :	Concentrations en nitrates + nitrites, phosphates, silicates et ammonium mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.....	23
Tableau 8 :	Concentrations en phosphore et azote organiques et particulaires mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010. ....	24
Tableau 9 :	Concentrations de la chlorophylle <i>a</i> et des phéopigments mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010.....	24
Tableau 10 :	Concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr total, Cr(VI)) mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010 ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.....	25
Tableau 11 :	Concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr total, Cr(VI)) mesurées lors des campagnes « saison sèche » de 2008, 2009 et 2010 ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.....	26
Tableau 12 :	Moyennes, écart-types, et dispersion des concentrations en métaux (Cr(VI), Mn, Ni) aux stations St06, St15 (influence terrigène), St09 (zone de mélange) et St05 (influence océanique). Valeurs pour l'ensemble des campagnes réalisées de 2007 à 2010.....	28

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie.

Annexe 2 : Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD de salinité, température, turbidité et fluorescence.

Annexe 3 : Concentration en MES, éléments majeurs et pH.

Annexe 4 : Concentrations en sels nutritifs.

Annexe 5 : Concentrations en matière organique dissoute et particulaire.

Annexe 6 : Concentrations en chlorophylle *a* et phéopigments.

Annexe 7 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau.



## **ANNEXE 1**

### **METHODOLOGIE**

#### **Paramètres physico-chimiques et analyse**

##### **Profils verticaux**

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées, a été obtenue par des profils verticaux réalisés à l'aide d'une sonde CTD SBE19 équipée de capteurs additionnels. La fréquence d'acquisition des données étant de 0,5 secondes et la vitesse de descente d'environ 0,5 m/s, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Les paramètres mesurés par la sonde CTD sont les suivants :

- La pression qui permet de calculer la profondeur ;
- La salinité déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélométrie exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1 FTU  $\simeq$  1 mg/L de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;
- La fluorescence *in-vivo* exprimée en unités arbitraires et permettant après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons collectés, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).

##### **Eléments majeurs, pH et matière en suspension**

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin a été effectué pour :

- Les dosages des ions Ca, Na, K et Mg. Après dilution, les concentrations ont été déterminées par analyse directe à l'ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, marque Varian, modèle Vista) ;
- Les dosages des chlorures et des sulfates ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- La mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- L'évaluation de charge en MEST. Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et la pesée du filtre (Nuclepore de 0,45  $\mu$ m de porosité).

Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4 °C) jusqu'à leur analyse de retour au laboratoire.

## Sels nutritifs dissous

Les échantillons d'eau nécessaires aux différentes déterminations analytiques ont été directement conditionnés à bord dans du flaconnage soit en :

- PEHD pour être stockés à  $-20^{\circ}\text{C}$  en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL/LEA. Ces dosages concernent les nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3$ ), les phosphates ( $\text{PO}_4$ ), l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- Verre borosilicaté et addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 24 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ). Compte tenu des faibles valeurs attendues, chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat.

### Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour leur dosage est celle fondée sur le dosage des ions nitrites obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates par photométrie (Oudot & Montel, 1988), les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces étant quasiment nulles. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,2 et 1  $\mu\text{mol/L}$  avec des limites de détection d'environ 0,002  $\mu\text{mol/L}$ . Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III.

### Ammonium

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac  $\text{NH}_3$  et d'ion ammonium  $\text{NH}_4^+$  ce dernier étant prépondérant dans le milieu marin. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles et la méthode décrite par Holmes et al. (1999) est la plus adaptée. Il s'agit d'une méthode manuelle basée sur le principe d'une mesure fluorométrique qui permet de doser des quantités sub micromolaires d'ammonium. Les proportions de réactifs ont été déterminées pour des concentrations maximales d'ammonium de 3  $\mu\text{mol/L}$ , la limite de détection de la méthode est de 1,5 nmol/L.

### Phosphates

Le dosage des orthophosphates a été effectué selon la méthode de Murphy & Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide ( $\text{pH}<1$ ) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Le domaine de concentrations mesurable s'étend de 0 à 28  $\mu\text{mol/L}$ , la limite de détection étant de 0,01  $\mu\text{mol/L}$  avec un intervalle de confiance de 95 % sur la gamme de 0 à 3  $\mu\text{mol/L}$ .

### Silicates

La méthode qui sert de référence est celle de Mullin and Riley 1955, modifiée par Fanning & Pilson (1973). Le dosage colorimétrique est fondé sur la formation d'un complexe silicomolybdique qui, après réduction donne une coloration bleue intense. Le domaine de concentrations mesurables s'étend de 0 à 140  $\mu\text{mol/L}$ , la limite de détection est de 0,05  $\mu\text{mol/L}$  et l'intervalle de confiance de 98,5 % sur une gamme de 0 à 10  $\mu\text{mol/L}$  de Si.

## **Matière organique**

### Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) et les composés inorganiques qui sont produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. La méthode d'oxydation par voie humide utilisée (Raimbault et al., 1990) présente l'avantage d'être simple et rapide à mettre en œuvre et ne nécessite pas d'appareillage lourd ou sophistiqué. Pour l'azote, dans le domaine de concentrations  $> 1 \mu\text{mol/L}$ , la limite de détection est de  $0,020 \mu\text{mol/L}$ , pour le phosphore cette limite est  $10 \mu\text{mol/L}$ .

### Matière organique particulaire

La charge organique particulaire a été déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité  $0,7 \mu\text{m}$ ). Leur conservation a été assurée par congélation à  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  jusqu'à dosage du contenu en :

- Carbone ;
- Azote ;
- Phosphore ;
- Pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéo-pigments).

### Carbone et azote

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN (Perkin Elmer, modèle 2400) selon le principe de la combustion de la matière organique par l'oxygène, suivi d'un dosage du dioxyde de carbone et de l'azote formés. Avec cette technique,  $20 \mu\text{g}$  de C correspondent à la quantité limite au dessus de laquelle il est communément admis que l'erreur sur la mesure du carbone (COP) est négligeable. Pour l'azote (NOP) cette quantité limite est repoussée à  $10 \mu\text{g}$  de N dans l'échantillon.

### Phosphore organique particulaire

Les filtres ont été soumis au même traitement que pour le dosage du phosphore organique dissous. Dans le domaine de concentrations étudié en mer, la limite de détection est de  $0,010 \mu\text{mol/L}$ .

### Pigments chlorophylliens

Les dosages ont été effectués par la méthode fluorométrique de Lorenzen (1966) qui présente une très grande sensibilité. Les pigments chlorophylliens sont extraits du filtre par un solvant organique, leur détection s'effectue, après excitation dans un faisceau lumineux à  $450 \text{ nm}$ , par mesure de la fluorescence émise à  $670 \text{ nm}$  (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamétrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle *a* par rapport à la somme chlorophylle *a* + Phéophytine *a*. Etant donné les interférences dues aux chlorophylles *b* et *c*, la précision des mesures dépend de la nature même des communautés de producteurs primaires. La limite de détection pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de  $10 \text{ ng/L}$ .

## Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

### Conditionnement et analyse

Pour chacune des 14 stations de la campagne semestrielle (« saison sèche »), les trois profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en double :

- Les échantillons du premier lot de 42 («saison sèche») et 6 (mai-novembre 2010) flacons ont été destinés pour les analyses des éléments Cr/CrVI. Ces analyses ont été effectuées par électrochimie (Voltamétrie) de retour au laboratoire de AEL/LEA.
- Les 42 («saison sèche») / 6 (mai-novembre 2010) échantillons du deuxième lot ont été directement filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement.

De retour au laboratoire, les métaux ont été élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M) et analysés par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista). Les dosages ont été réalisés aux longueurs d'ondes suivantes : Cd 226,502 ; Co 230,786 ; Cu 324,754 ; Fe 238,204 ; Mn 257,610 ; Ni 231,604 ; Pb 217,000 ; Zn 206,200.

### Validation des analyses

Deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrés par la société *Environment Canada* ont été intercalés dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations. Les limites de quantification de cinq métaux analysés sont regroupées dans le Tableau 1.

**Tableau 1** : Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26,3 et TMDA-61.

Elément	TM-26.3 (µg/L)		TMDA-61 (µg/L)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	9,1 ± 0,6	8,1 ± 1	66,4 ± 0,8	62,9 ± 5,8
Cu	13,8 ± 0,3	13,4 ± 1,9	72,8 ± 0,5	69,2 ± 7,4
Fe	19,9 ± 2,2	21 ± 3,6	80,5 ± 1,4	81,1 ± 10,1
Mn	17,8 ± 0,1	17 ± 1,4	78,3 ± 0,3	74,8 ± 7,3
Ni	10,2 ± 0,6	10,2 ± 1,3	63,8 ± 1,0	58,7 ± 6,4
Zn	38,3 ± 1,1	39	70,3 ± 1,0	71,3 ± 8,7

**Tableau 2** : Limite de quantification des métaux Co, Cu, Fe, Mn et Ni.

Elément	LQ (µg/L)
Co	0,012
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié : CASS-4 Nearshore Seawater (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Résultats d'analyses des échantillons de référence NASS-5 et CASS-4.

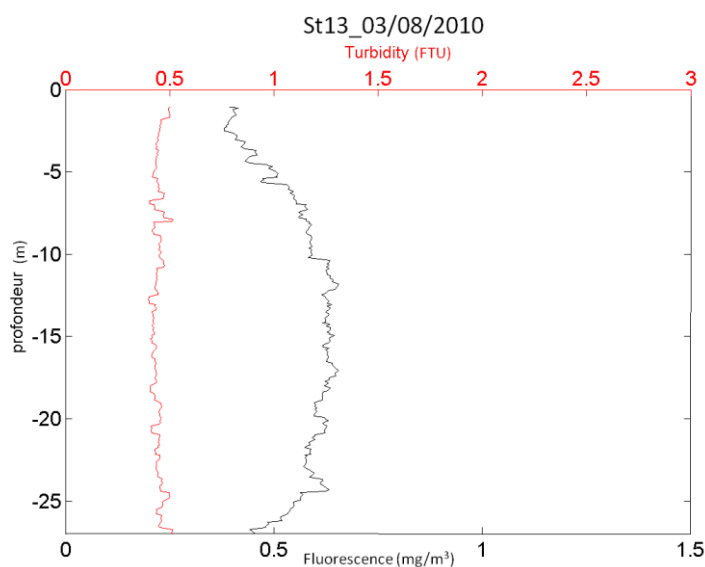
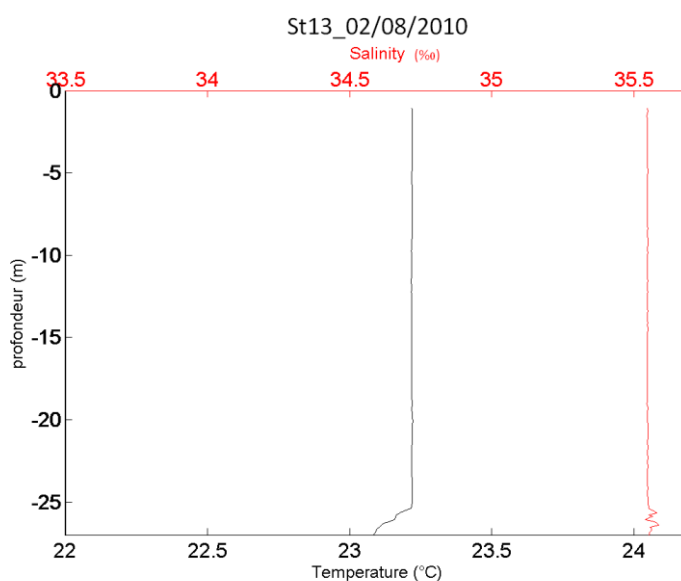
Elément	NASS-5 (µg/L)		CASS-4 (µg/L)	
	Valeur déterminée (n=1)	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	ND	ND	0,023 ± 0,007	0,026 ± 0,003
Cu	0,324	0,297 ± 0,046	0,558 ± 0,034	0,592 ± 0,055
Fe	0,281	0,207 ± 0,035	0,635 (n=1)	0,713 ± 0,058
Mn	1,010	0,919 ± 0,057	2,75 ± 0,06	2,78 ± 0,19
Ni	0,273	0,253 ± 0,028	0,295 ± 0,025	0,314 ± 0,030

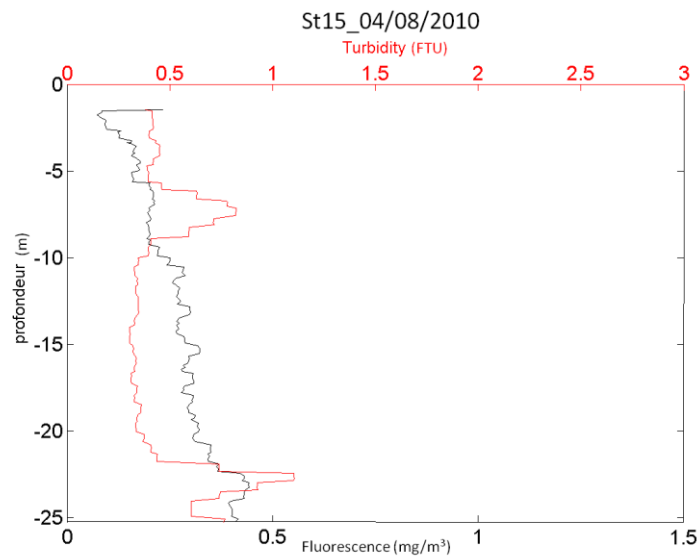
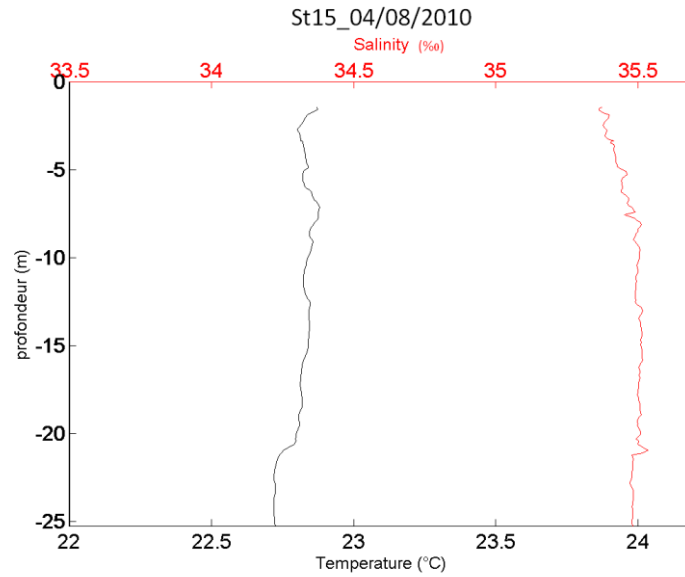
## ANNEXE 2

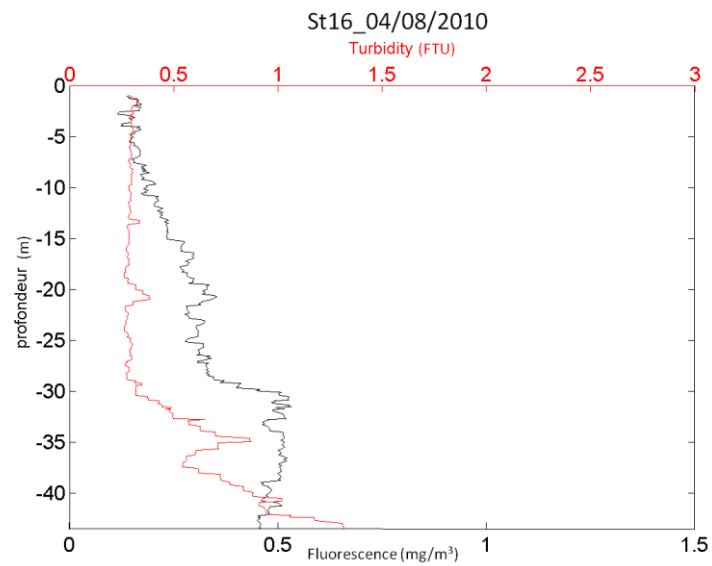
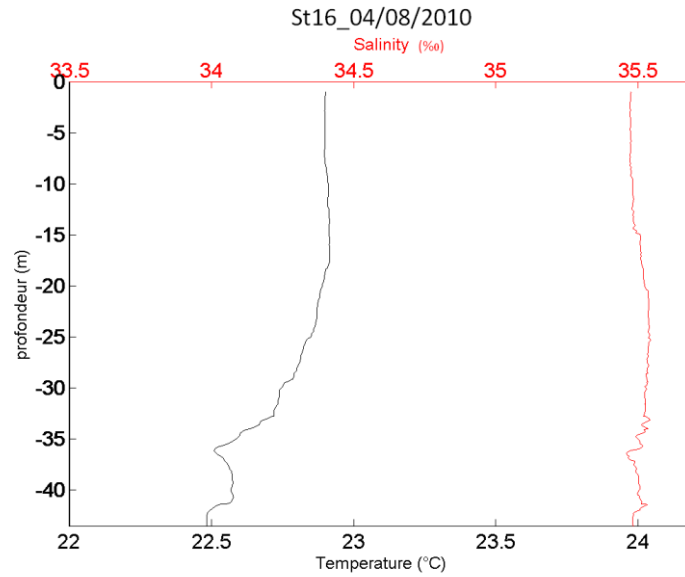
### Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD de salinité, température, turbidité et fluorescence.

Les valeurs des paramètres température, salinité, turbidité, fluorimétrie et irradiance sont regroupées par unité physiographique, les profils :

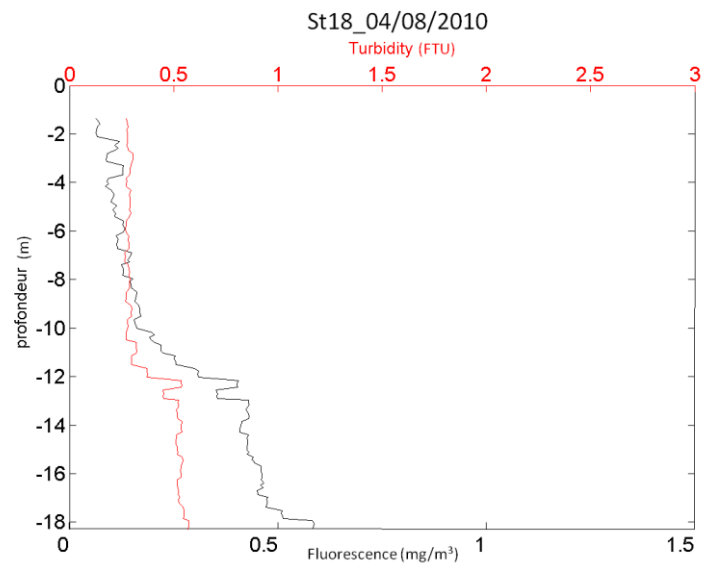
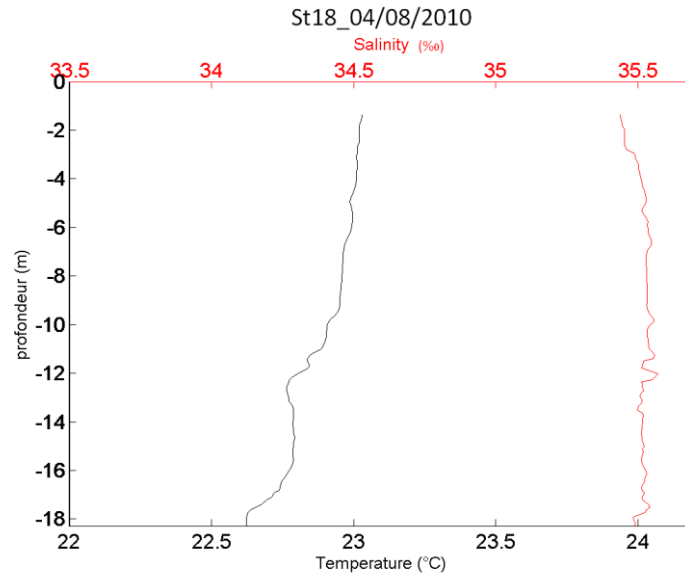
- St13, St15, St16, St18, St19 et St20 correspondent aux eaux influencées par les apports terrigènes de la Baie du Prony et de l'Île Ouen ;
- St03, St07 et St06 décrivent les eaux de la frange littorale du Canal de la Havannah ;
- St02, St05, St09, St14 et St21 sont proches de la signature des eaux océaniques.

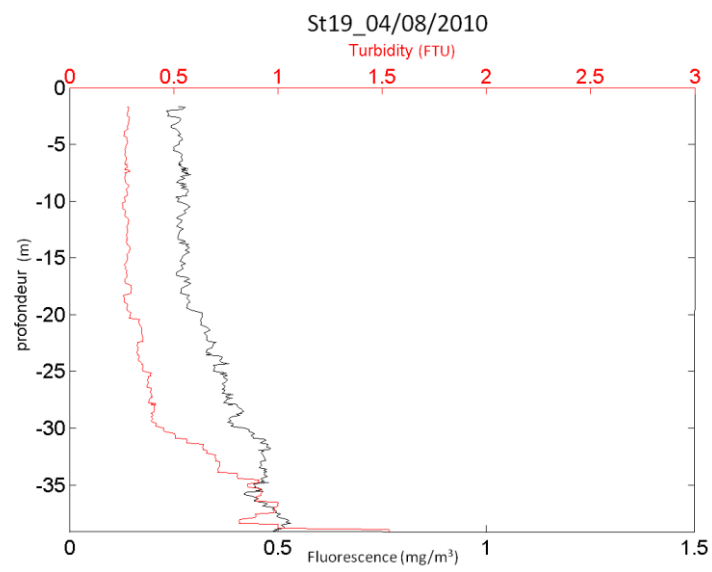
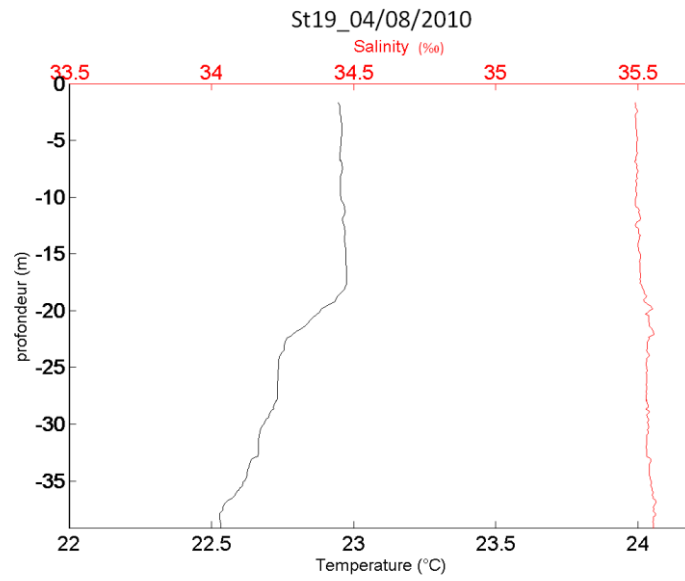


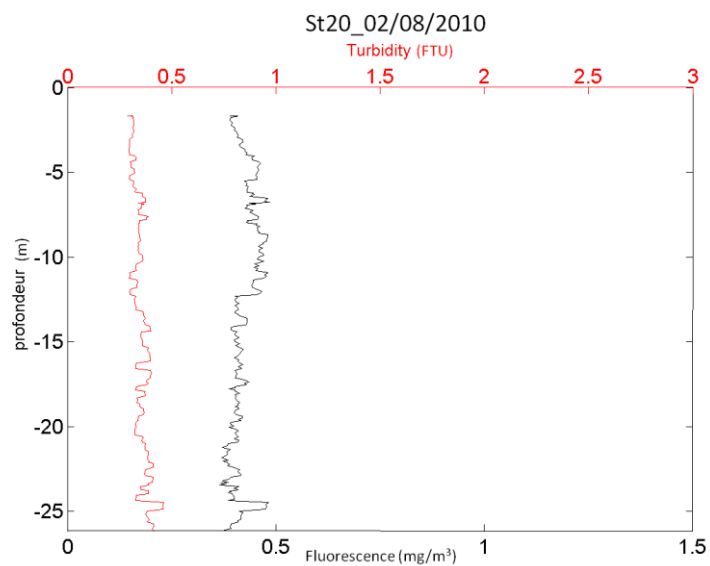
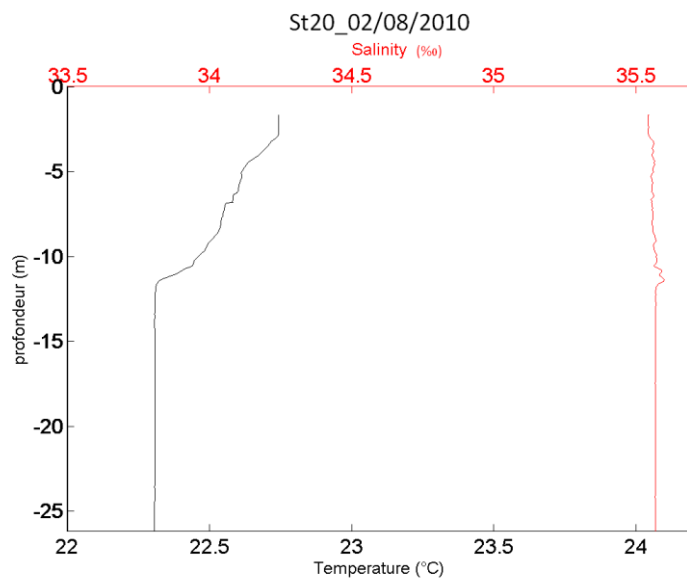


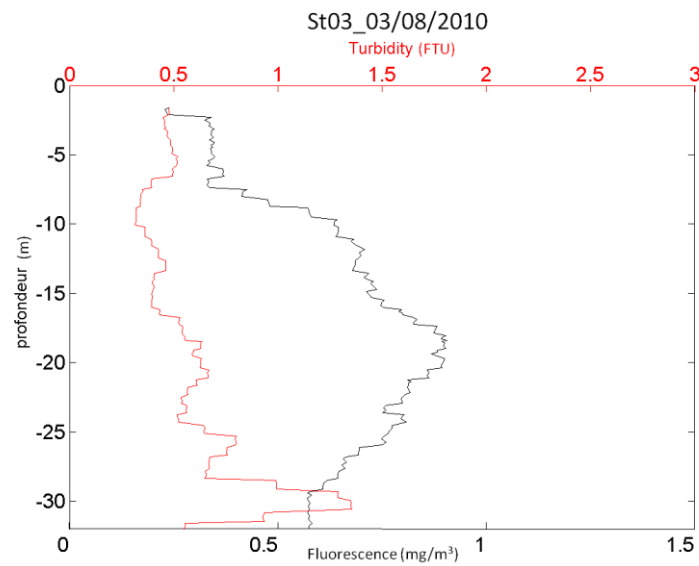
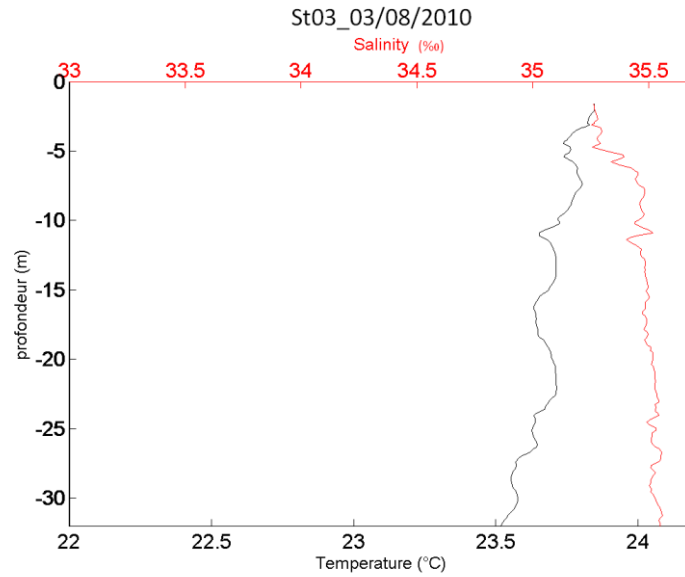


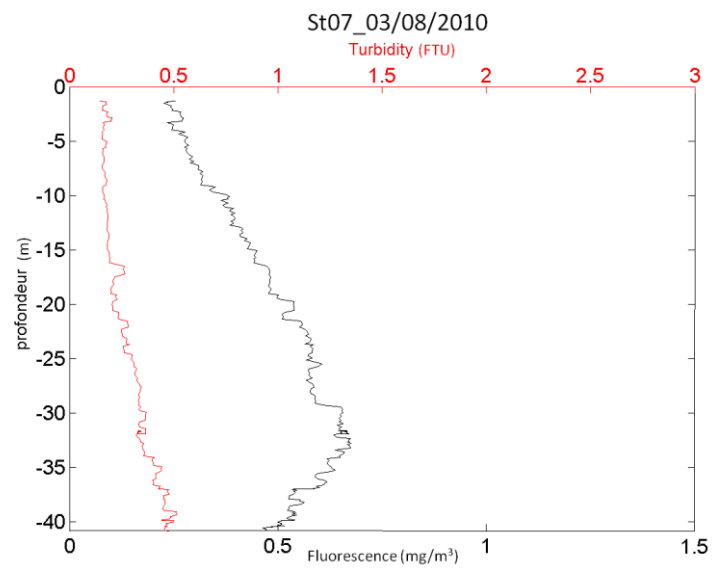
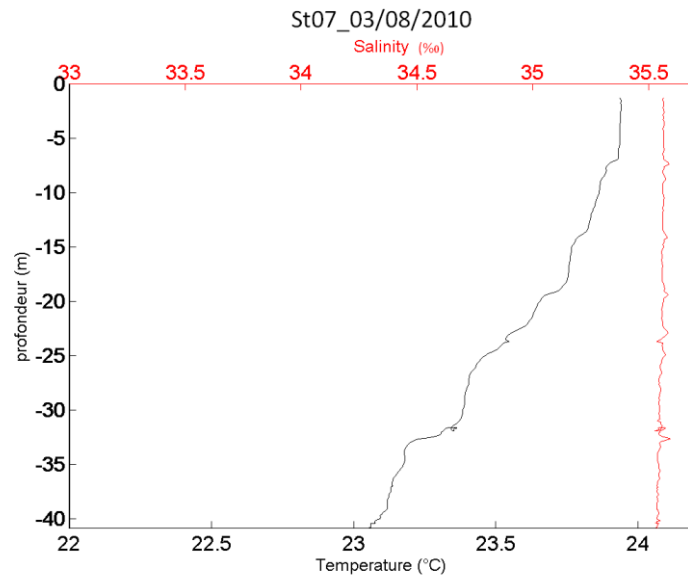


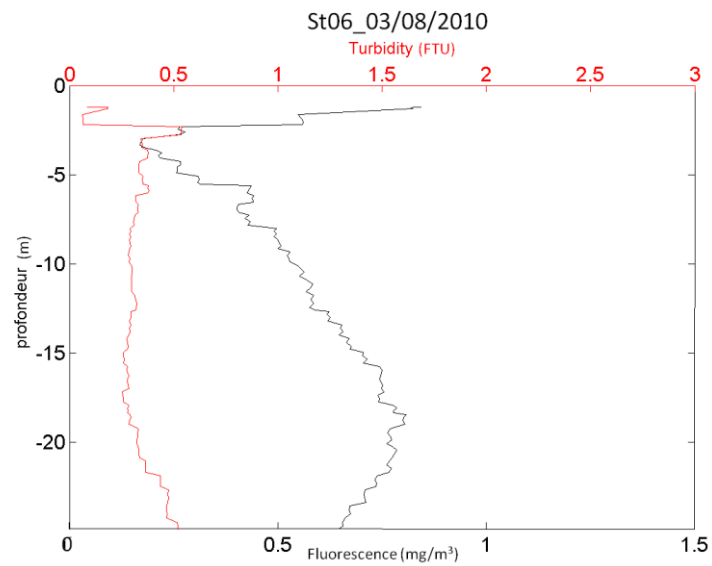
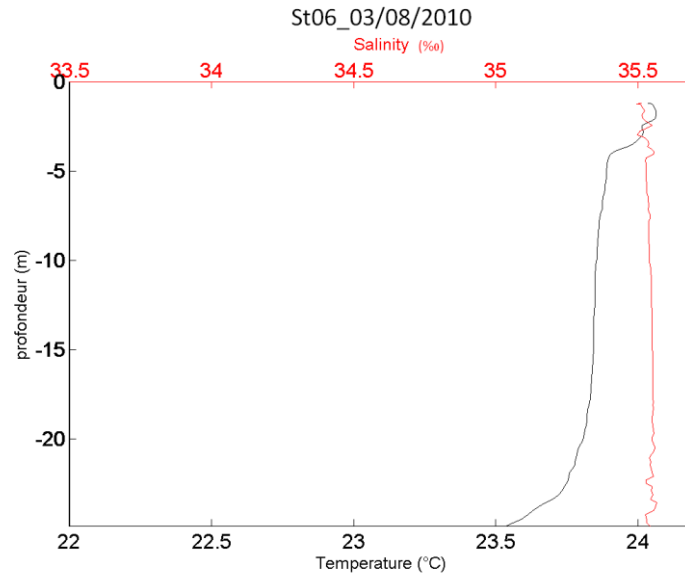


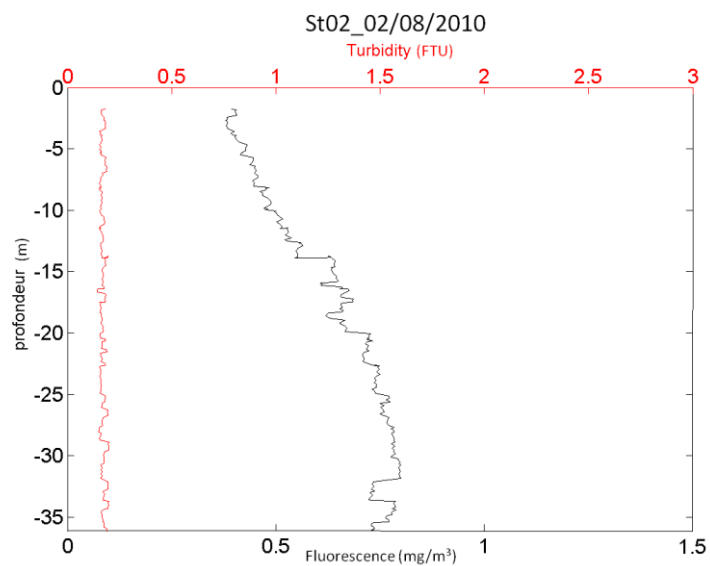
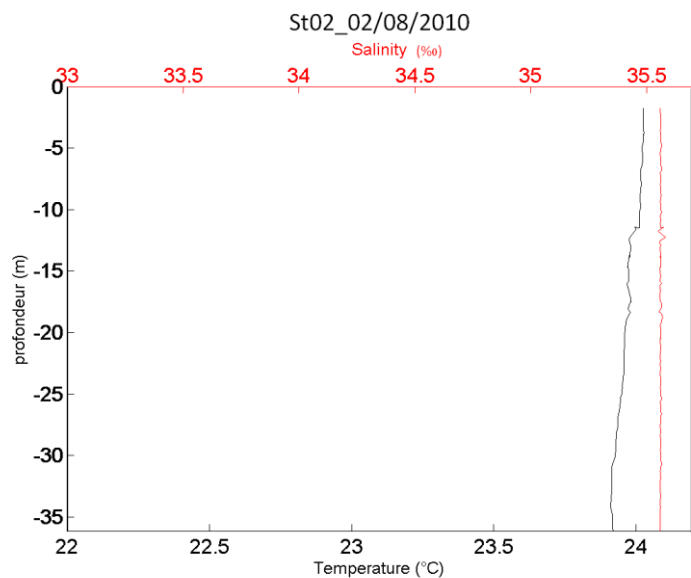


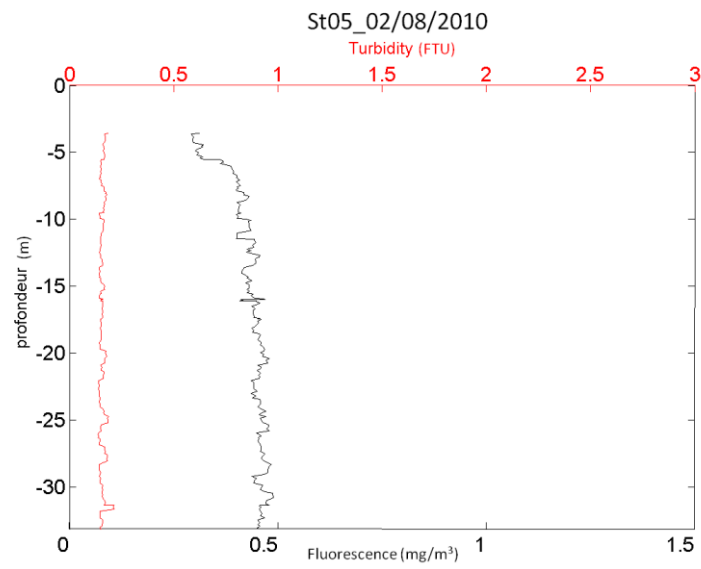
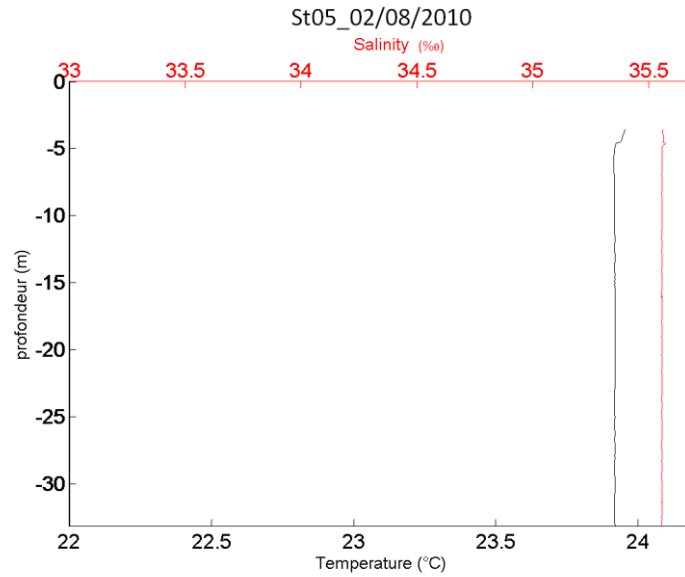




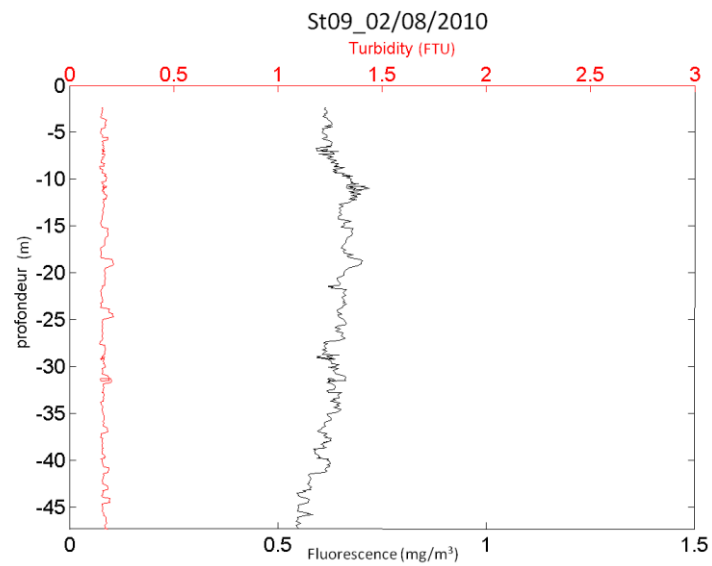
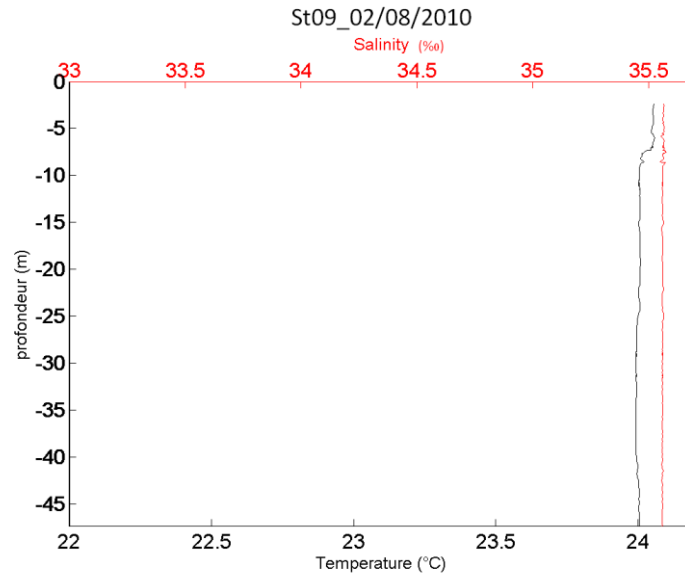


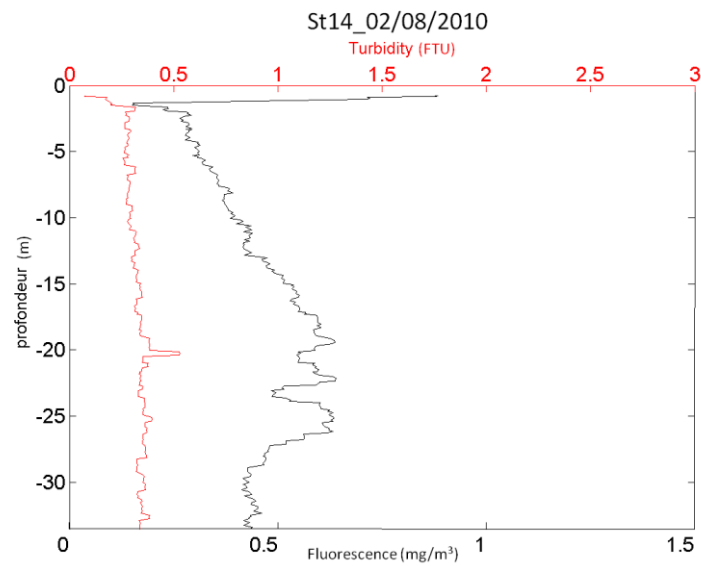
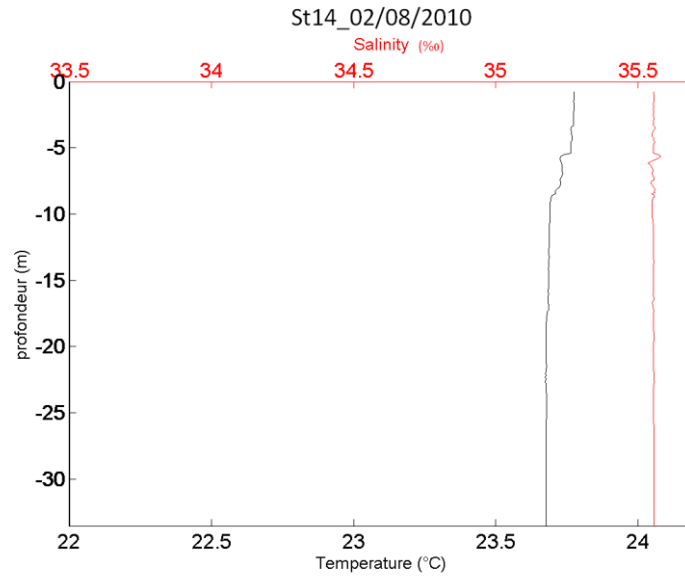


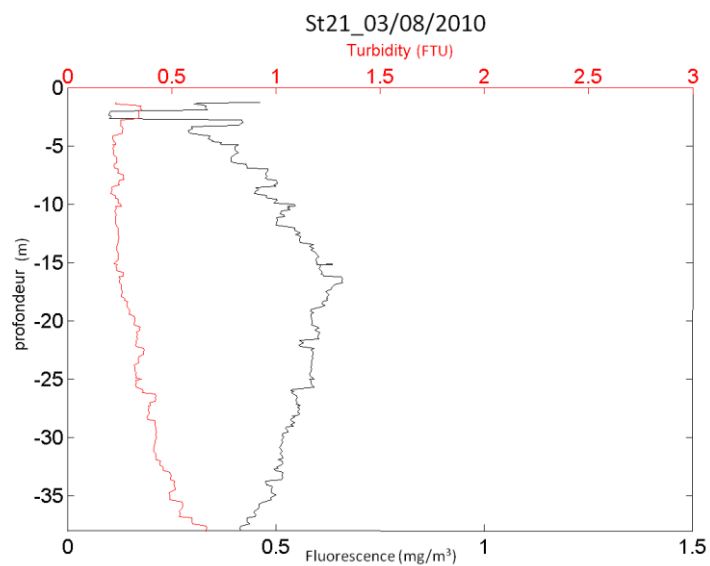
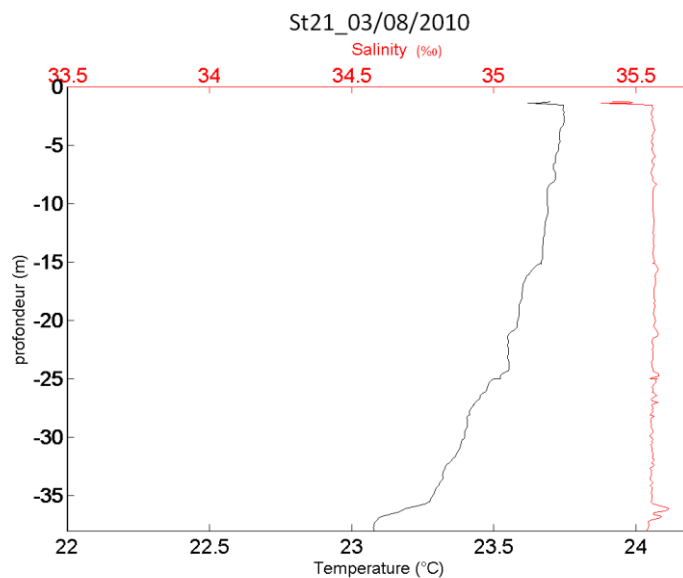












## ANNEXE 3

### Concentration en MES, éléments majeurs et pH

Concentration en matières en suspension (MES), éléments majeurs (Ca, K, Mg, Na, Cl, sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )), carbonates et mesure du pH des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.

Station	Profondeur	pH	MES (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)
ST02	S	8,21	0,15	427	507	1179	11826	21722	2769
ST02	M	8,22	0,07	431	508	1195	11758	21591	2924
ST02	F	8,24	0,15	429	509	1196	11601	19975	2693
ST03	S	8,23	0,44	421	501	1195	11532	19157	2555
ST03	M	8,22	0,38	429	507	1187	11709	20639	2736
ST03	F	8,24	0,06	430	509	1203	11736	19074	2603
ST05	S	8,23	0,11	432	515	1191	11795	21957	2863
ST05	M	8,24	-	427	504	1196	11783	20982	2740
ST05	F	8,23	0,18	428	510	1192	11739	20578	2466
ST06	S	8,21	0,25	423	499	1192	11621	20159	2651
ST06	M	8,20	-	425	511	1200	11683	20907	2622
ST06	F	8,20	0,32	418	505	1201	11708	20142	2712
ST07	S	8,22	0,15	431	506	1195	11680	20483	2784
ST07	M	8,23	0,49	427	514	1185	11807	19834	2662
ST07	F	8,21	0,27	430	511	1189	11771	20670	2624
ST09	S	8,22	0,04	434	513	1196	11846	21015	2815
ST09	M	8,22	0,10	429	513	1202	11790	20472	2502
ST09	F	8,21	0,06	432	510	1201	11694	22195	2907
ST13	S	8,17	0,17	432	511	1194	11697	20842	2629
ST13	M	8,22	0,28	428	513	1190	11764	20997	2593
ST13	F	8,20	0,10	429	509	1192	11767	20011	2653
ST14	S	8,24	0,23	431	493	1208	11962	21088	2825
ST14	M	8,23	-	430	508	1196	11957	21048	2658
ST14	F	8,23	0,15	420	513	1175	12021	22341	2722
ST15	S	8,19	0,15	428	512	1185	11981	19948	3300
ST15	M	8,19	0,90	432	518	1198	11891	21188	2935
ST15	F	8,19	0,37	432	511	1204	11965	20544	2632
ST16	S	8,22	1,48	436	512	1205	11896	20869	2800
ST16	M	8,23	1,02	431	508	1195	11932	20218	2541
ST16	F	8,22	1,17	430	515	1189	11842	20895	2736
ST18	S	8,21	0,12	432	516	1192	11766	-	-
ST18	M	8,21	0,37	436	518	1204	11925	21445	2770
ST18	F	8,21	0,78	434	519	1199	11932	19680	2581

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>pH</b>	<b>MES (mg/L)</b>	<b>Ca (mg/L)</b>	<b>K (mg/L)</b>	<b>Mg (mg/L)</b>	<b>Na (mg/L)</b>	<b>Cl (mg/L)</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/L)</b>
ST19	S	8,22	0,21	431	513	1195	11930	20942	2726
ST19	M	8,21	0,11	431	516	1194	11763	20910	2693
ST19	F	8,21	0,75	430	512	1200	11904	20094	2671
ST20	S	8,20	0,11	434	515	1199	11894	18283	2880
ST20	M	8,20	0,26	435	518	1202	11951	20709	2834
ST20	F	8,19	0,34	430	508	1187	11819	19540	2783
ST21	S	8,22	0,14	432	509	1190	11941	20587	2735
ST21	M	8,22	0,02	435	518	1196	11941	20031	2540
ST21	F	8,16	0,11	430	511	1191	11944	19750	2559

## ANNEXE 4

### Concentrations en sels nutritifs

Concentrations en sels nutritifs des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (<LD) = Valeur inférieure à la limite de détection du technicon.

### Nitrates + nitrites et ammonium

Station	Profondeur	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> (μmol/L)	Ecart-type (n=3)	NH <sub>4</sub> (μmol/L)	Ecart-type (n=3)
St02	S	0,230	0,004	0,052	0,007
St02	M	0,106	0,028	0,047	0,005
St02	F	0,151	0,012	0,040	0,006
St03	S	0,074	0,006	0,050	0,019
St03	M	<LD		0,041	0,009
St03	F	0,068	n=1	0,073	0,010
St05	S	0,168	0,001	0,048	0,007
St05	M	0,274	0,098	0,046	0,005
St05	F	0,254	0,009	0,057	0,006
St06	S	0,121	0,044	0,156	0,007
St06	M	0,119	0,013	0,049	0,005
St06	F	0,139	0,043	0,080	0,005
St07	S	0,051	0,006	0,033	0,010
St07	M	0,141	0,002	0,030	0,003
St07	F	0,267	0,002	0,240	0,036
St09	S	0,108	0,011	0,063	0,034
St09	M	0,142	0,015	0,071	0,009
St09	F	0,132	0,164	0,074	0,013
St13	S	<LD		0,037	0,015
St13	M	0,181	0,007	0,060	0,010
St13	F	0,095	0,004	0,071	0,017
St14	S	0,235	0,010	0,060	0,007
St14	M	0,247	0,012	0,166	0,097
St14	F	<LD		0,140	0,014
St15	S	0,038	n=1	0,019	0,007
St15	M	0,065	0,000	0,068	0,005
St15	F	<LD		0,078	0,002
St16	S	0,142	0,156	0,034	0,004
St16	M	<LD		0,104	0,013
St16	F	<LD		0,017	0,028
St18	S	<LD		0,022	0,002
St18	M	<LD		0,121	0,002
St18	F	0,049	0,011	0,020	0,005
St19	S	<LD		0,032	0,014
St19	M	0,099	0,112	0,033	0,017
St19	F	<LD		0,022	0,004
St20	S	<LD		0,042	0,022
St20	M	0,066	0,074	0,053	0,003
St20	F	<LD		0,097	0,009

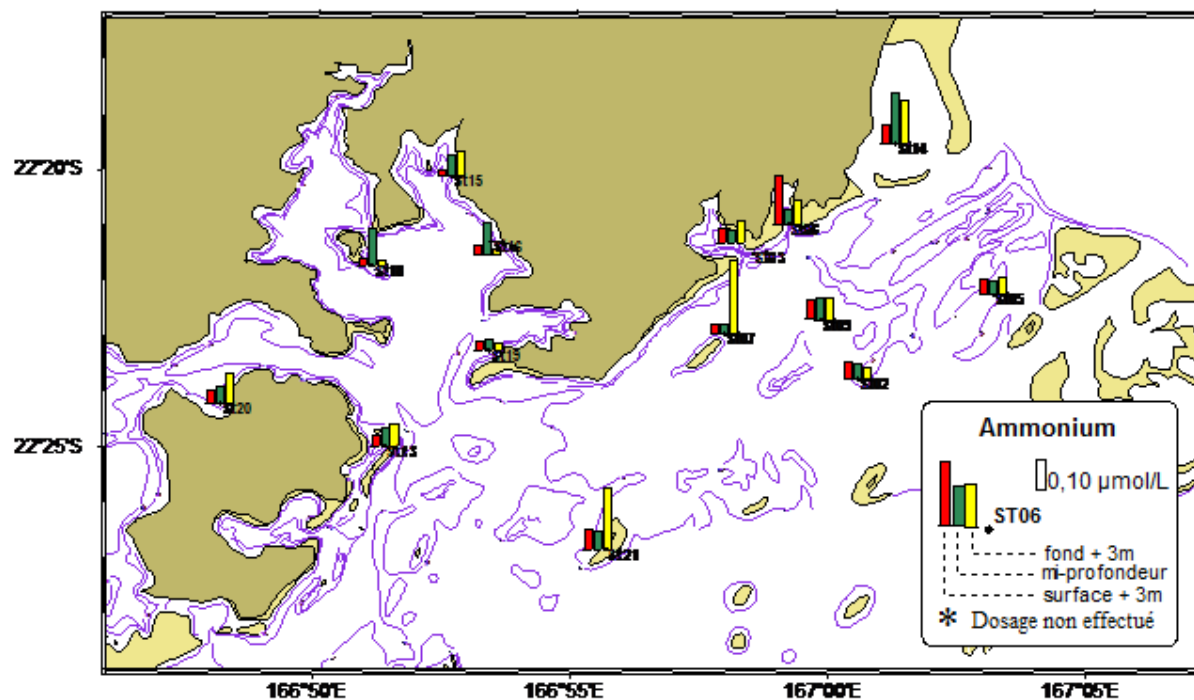
Station	Profondeur	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> (μmol/L)	Ecart-type (n=3)	NH <sub>4</sub> (μmol/L)	Ecart-type (n=3)
St21	S	0,180	0,017	0,068	0,014
St21	M	0,091	0,016	0,058	0,008
St21	F	0,248	0,022	0,197	0,001

## Silicates

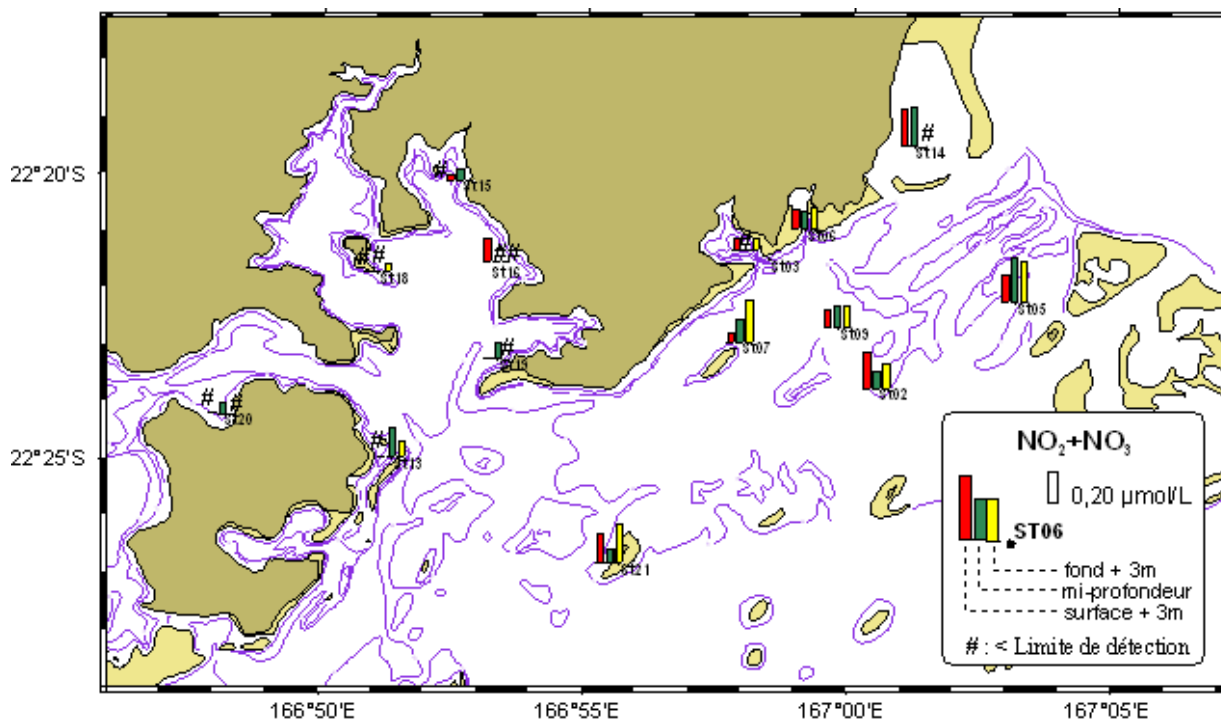
Station	Profondeur	SiO <sub>4</sub> (μmol/L) (n=1)
St02	S	1,19
St02	M	1,55
St02	F	1,48
St03	S	1,83
St03	M	1,80
St03	F	0,74
St05	S	0,94
St05	M	1,45
St05	F	1,02
St06	S	1,06
St06	M	1,20
St06	F	1,22
St07	S	2,35
St07	M	2,01
St07	F	2,10
St09	S	2,42
St09	M	2,48
St09	F	0,62
St13	S	0,70
St13	M	0,68
St13	F	0,69
St14	S	0,57
St14	M	0,53
St14	F	0,54
St15	S	0,99
St15	M	0,82
St15	F	1,31
St16	S	1,95
St16	M	2,76
St16	F	3,15
St18	S	1,82
St18	M	1,20
St18	F	0,88
St19	S	0,88
St19	M	0,75
St19	F	0,76
St20	S	0,77
St20	M	0,73
St20	F	0,74
St21	S	1,12
St21	M	0,45
St21	F	0,57

### Cartes de distribution des sels nutritifs

Concentration de l'ammonium dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.

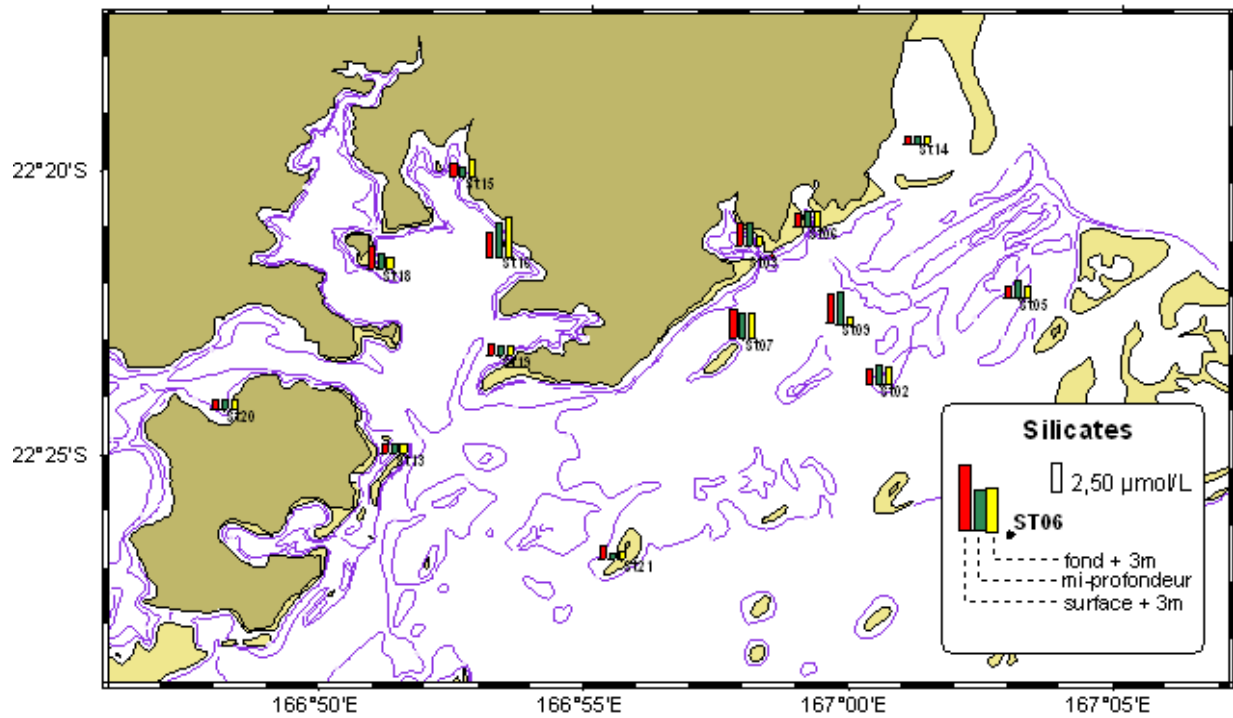


Concentration de nitrates et nitrites dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.





Concentration de silicates dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



## ANNEXE 5

### Concentrations en matière organique dissoute et particulaire

Concentrations en azote organique dissous (NOD) et azote, phosphore et carbone organiques particulaires (NOP, POP et COP) des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	NOD ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	POP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	NOP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	COP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)
St02	S	7,43	0,106	0,421	7,03
St02	M	6,82	0,089	0,294	7,74
St02	F	6,73	0,101	0,202	5,84
St03	S	7,44	0,109	0,514	5,15
St03	M	6,82	0,127	0,263	6,69
St03	F	6,57	0,087	0,054	7,19
St05	S	4,63	0,111	0,346	6,99
St05	M	5,92	0,086	0,300	9,26
St05	F	4,65	0,096	0,257	5,78
St06	S	5,73	0,083	0,183	5,57
St06	M	5,71	0,108	0,314	10,66
St06	F	5,20	0,093	0,229	5,67
St07	S	5,98	0,093	0,412	10,07
St07	M	5,56	0,088	0,159	5,76
St07	F	7,05	0,087	0,140	6,71
St09	S	6,21	0,091	0,310	7,13
St09	M	5,74	0,086	0,180	7,30
St09	F	4,54	0,094	0,442	7,23
St13	S	7,19	0,120	0,358	5,84
St13	M	6,19	0,102	0,281	6,17
St13	F	5,33	0,094	0,227	6,84
St14	S	6,92	0,156	0,317	6,71
St14	M	5,82	0,085	0,229	6,39
St14	F	5,71	0,090	0,510	6,18
St15	S	6,39	0,114	0,240	6,49
St15	M	5,10	0,108	0,338	9,27
St15	F	6,17	0,102	0,376	8,30
St16	S	5,14	0,106	0,266	4,11
St16	M	7,16	0,119	0,261	6,75
St16	F	5,56	0,108	0,000	6,57
St18	S	4,51	0,108	0,283	6,92
St18	M	6,02	0,093	0,188	6,49
St18	F	5,80	0,103	0,334	4,61
St19	S	6,14	0,101	0,188	5,63
St19	M	5,72	0,124	0,201	6,71
St19	F	5,81	0,120	0,600	11,21
St20	S	7,19	0,086	0,281	6,19
St20	M	6,69	0,127	0,183	6,36
St20	F	6,42	0,096	0,226	7,36

Station	Profondeur	NOD ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	POP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	NOP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)	COP ( $\mu\text{mol/L}$ ) (n=1)
St21	S	6,49	0,109	0,203	7,64
St21	M	6,25	0,118	0,147	16,19
St21	F	4,77	0,087	0,211	4,66

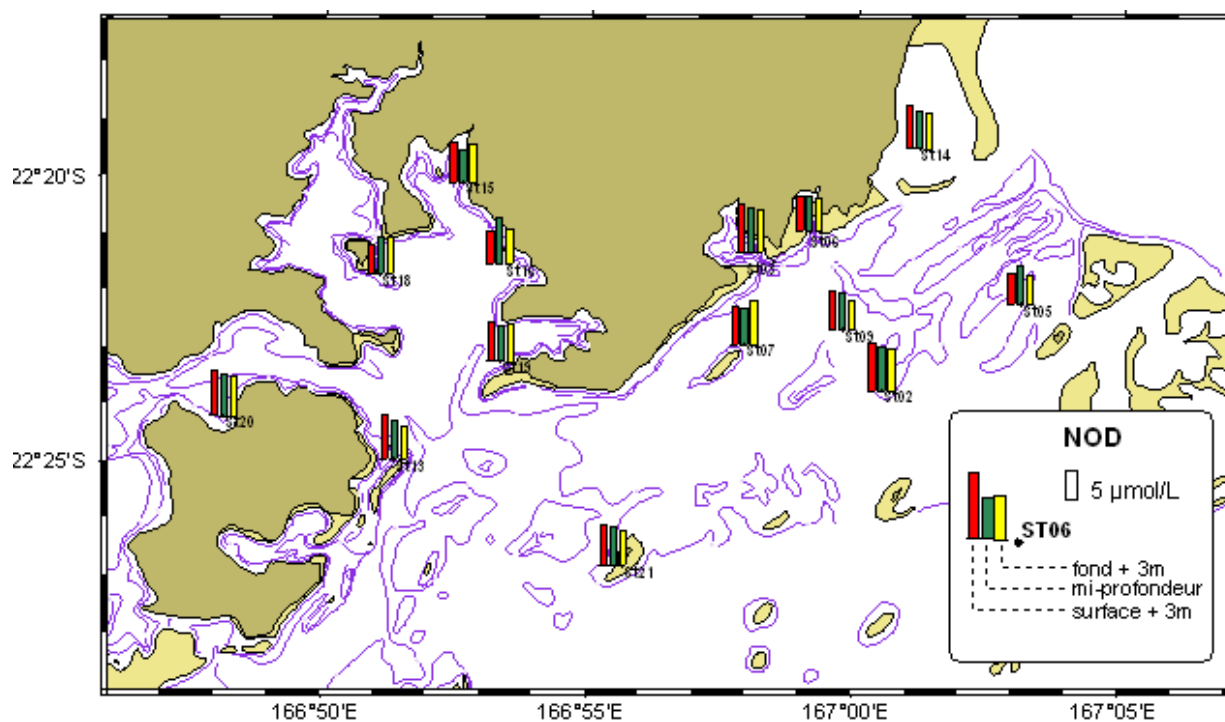
Concentrations en P total et N total des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	P total ( $\mu\text{mol/L}$ )	Ecart-type (n=3)	N total ( $\mu\text{mol/L}$ )	Ecart-type (n=3)
St02	S	1,07	0,35	8,13	1,68
St02	M	0,76	0,05	7,27	0,28
St02	F	1,20	0,18	7,13	0,72
St03	S	0,87	0,27	8,08	1,14
St03	M	0,82	0,31	7,12	1,67
St03	F	0,93	0,39	6,77	1,45
St05	S	0,74	0,54	5,19	2,49
St05	M	1,04	0,45	6,54	0,22
St05	F	0,88	0,28	5,22	0,93
St06	S	0,80	0,35	6,19	0,61
St06	M	0,92	0,40	6,19	2,50
St06	F	0,69	0,15	5,65	1,19
St07	S	0,85	0,27	6,48	0,69
St07	M	0,56	0,12	5,89	0,94
St07	F	0,74	0,32	7,69	1,13
St09	S	0,78	0,32	6,69	1,03
St09	M	0,69	0,10	6,13	1,15
St09	F	0,65	0,07	5,19	1,03
St13	S	0,61	0,11	7,59	1,28
St13	M	0,71	0,37	6,72	0,15
St13	F	0,84	0,43	5,72	0,62
St14	S	0,85	0,34	7,53	0,82
St14	M	1,01	0,45	6,46	1,57
St14	F	0,96	0,35	6,36	1,68
St15	S	0,83	0,17	6,64	1,02
St15	M	0,61	0,12	5,57	0,89
St15	F	0,76	0,29	6,62	1,10
St16	S	0,93	0,18	5,58	0,55
St16	M	0,95	0,37	7,52	0,47
St16	F	0,74	0,36	5,45	2,25
St18	S	0,55	0,11	4,81	1,87
St18	M	0,60	0,09	6,33	0,82
St18	F	0,59	0,03	6,20	1,02
St19	S	0,88	0,39	6,36	0,79
St19	M	0,72	0,25	6,05	1,96
St19	F	0,54	0,07	6,44	1,26

Station	Profondeur	P total ( $\mu\text{mol/L}$ )	Ecart-type (n=3)	N total ( $\mu\text{mol/L}$ )	Ecart-type (n=3)
St20	S	1,02	0,36	7,52	2,95
St20	M	0,86	0,49	6,99	0,94
St20	F	1,11	0,04	6,74	1,04
St21	S	0,95	0,36	6,94	2,26
St21	M	0,81	0,30	6,55	0,39
St21	F	1,17	0,65	5,43	8,17

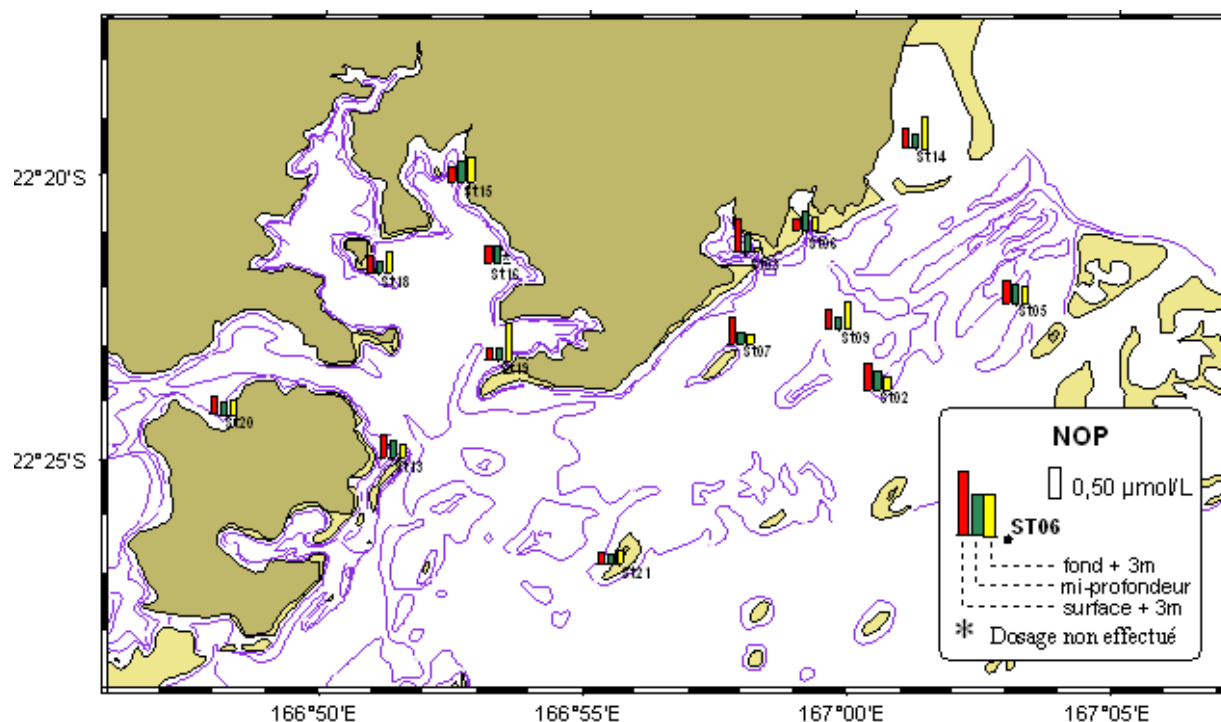
### Cartes de distribution de la matière organique dissoute et particulaire

Concentration de l'azote organique dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.

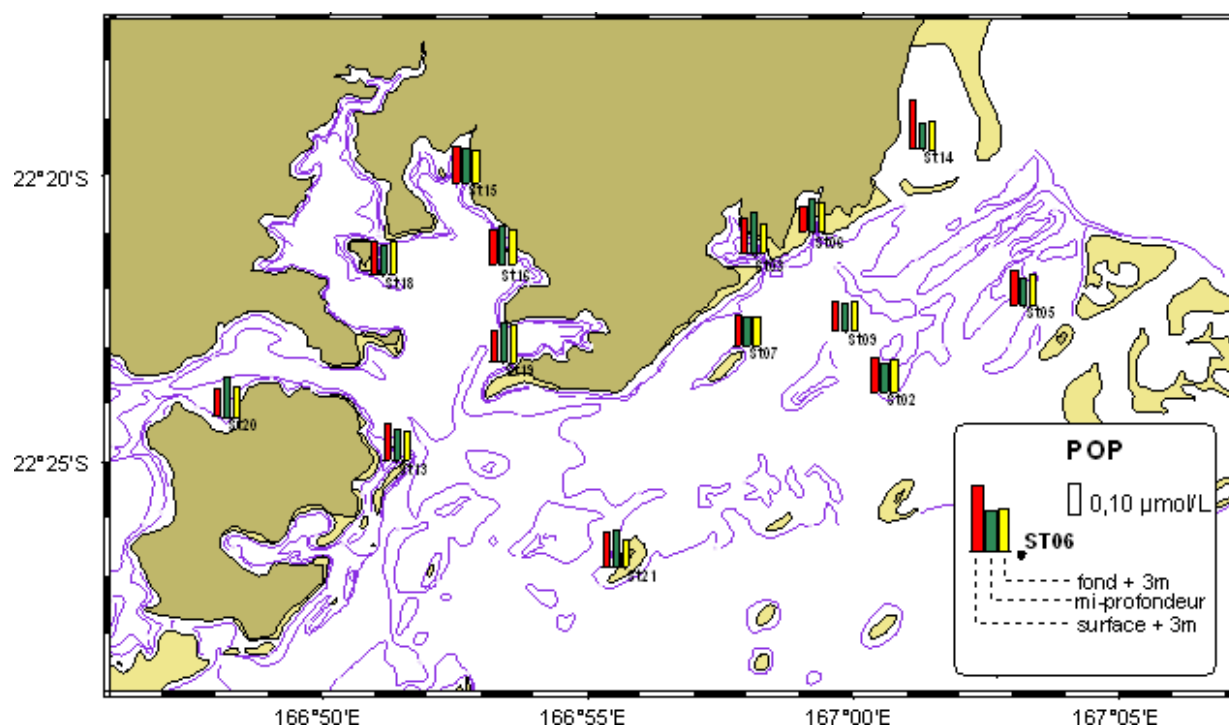


### Cartes de distribution de la matière organique dissoute et particulaire

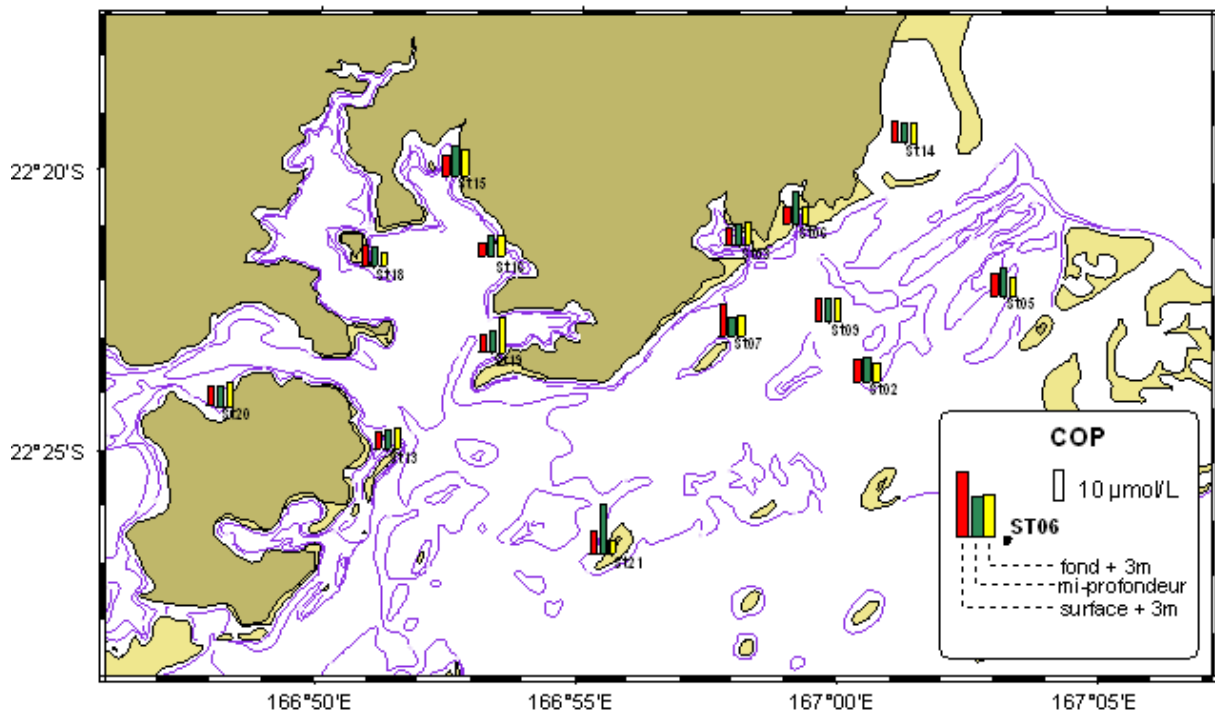
Concentration de l'azote organique particulaire dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



Concentration du phosphore organique particulaire dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



Concentration du carbone organique particulaire dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



## ANNEXE 6

### Concentrations en chlorophylle *a* et phéopigments

Concentration en chlorophylle *a* et phéopigments des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.

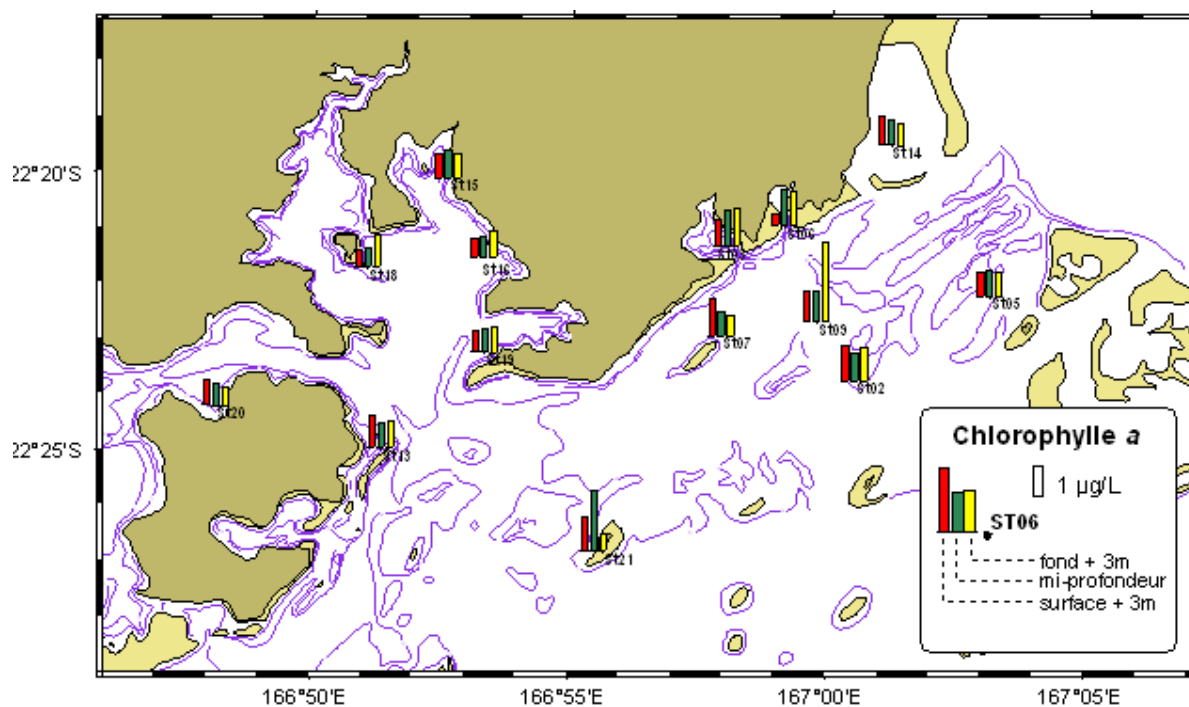
Station	Profondeur	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Phéopigments (µg/L)	%Pheo
St02	S	1,14	0,45	28,3
St02	M	0,92	0,42	31,2
St02	F	1,11	0,44	28,3
St03	S	0,81 ± 0,03	0,27 ± 0,02	25,3 ± 0,8
St03	M	1,12	0,47	29,6
St03	F	1,21	0,56	31,8
St05	S	0,81	0,30	27,0
St05	M	0,86	0,36	29,4
St05	F	0,80	0,22	21,6
St06	S	0,40	0,50	55,3
St06	M	1,19	0,44	27,0
St06	F	1,15	0,55	32,3
St07	S	1,20	0,40	24,8
St07	M	0,77	0,29	27,7
St07	F	0,67	0,45	40,4
St09	S	0,97	0,40	29,0
St09	M	1,01	0,69	40,7
St09	F	2,55	1,35	34,6
St13	S	1,03	0,37	26,5
St13	M	0,84	0,40	32,5
St13	F	0,86	0,47	35,6
St14	S	0,93	0,38	29,1
St14	M	0,84	0,46	35,5
St14	F	0,71	0,52	42,2
St15	S	0,75	0,20	21,3
St15	M	0,87	0,36	29,4
St15	F	0,77	0,30	28,0
St16	S	0,61	0,19	24,3
St16	M	0,66	0,26	28,2
St16	F	0,85	0,40	31,8
St18	S	0,59	0,22	26,9
St18	M	0,64	0,28	30,1
St18	F	1,09	0,57	34,5

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)</b>	<b>Phéopigments (µg/L)</b>	<b>%Pheo</b>
St19	S	0,67	0,19	21,6
St19	M	0,73	0,37	33,4
St19	F	0,83	0,38	31,6
St20	S	0,81	0,35	29,9
St20	M	0,69	0,32	31,2
St20	F	0,60	0,38	38,7
St21	S	1,10	0,40	26,4
St21	M	1,97	0,83	29,6
St21	F	0,59	0,66	53,1

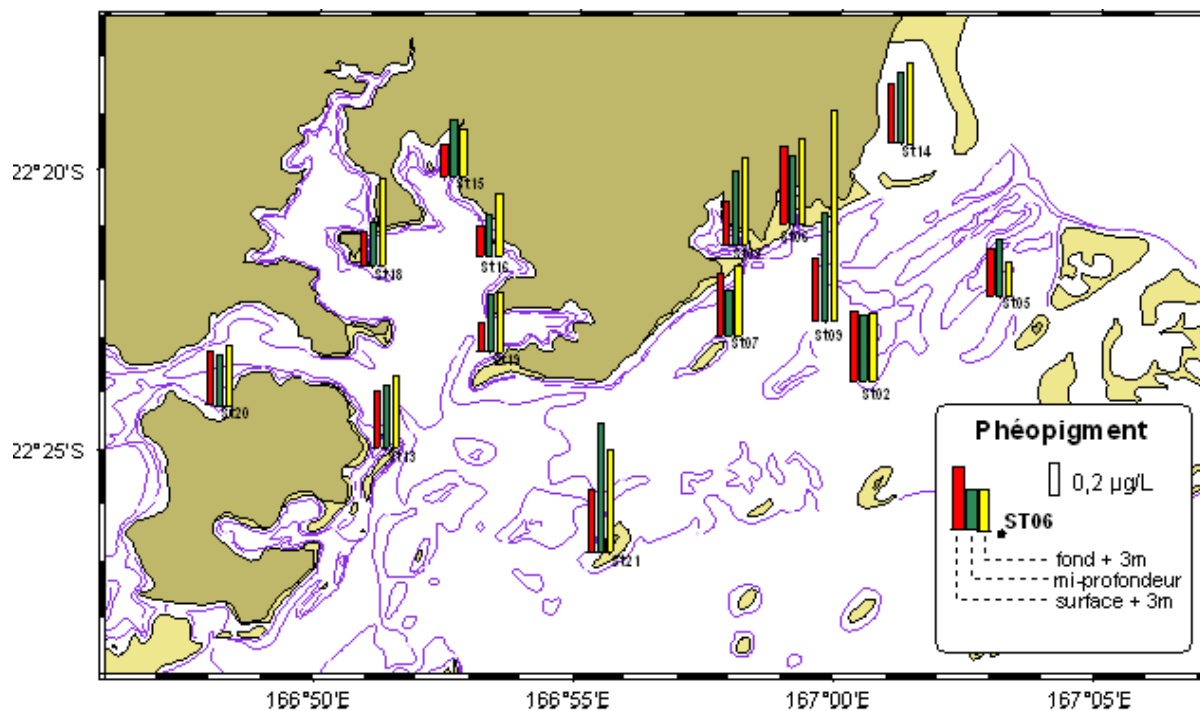


### Cartes de distribution des pigments chlorophylliens

Concentration de la chlorophylle *a* dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



Concentration des phéopigments dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans la zone d'étude.



## ANNEXE 7

### Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

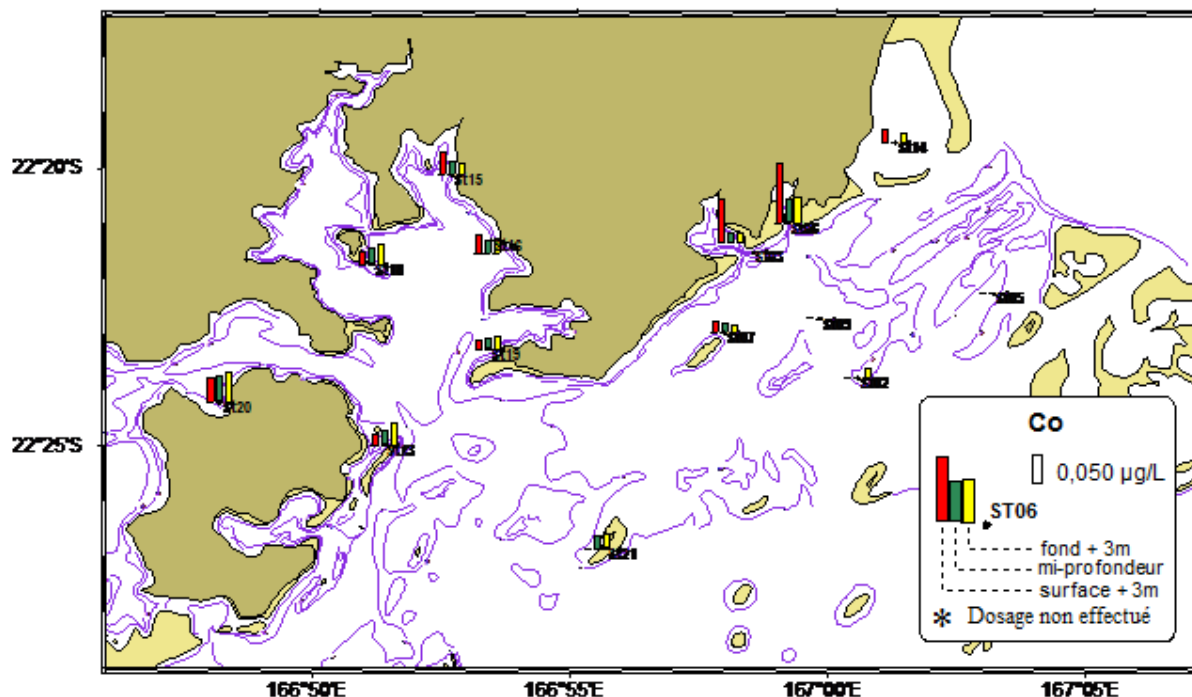
Concentrations des métaux dissous analysés dans la colonne d'eau pour les trois niveaux de prélèvements des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2010 ; (<LD) = Valeur inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES ; (\*) Valeurs inférieures à la limite de quantification.

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr(tot) (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
ST02	S	<LD	<LD	0,007*	0,009*	0,05	0,08	0,11	0,12	0,13	<LD	0,06
ST02	M	<LD	<LD	0,004*	0,017	0,04	0,06	0,09	0,12	0,14	<LD	0,01
ST02	F	<LD	<LD	0,015	0,022	0,06	0,14	0,17	0,12	0,14	<LD	0,10
ST03	S	<LD	<LD	0,069	0,037	0,04	0,31	0,39	0,21	0,23	<LD	0,29
ST03	M	<LD	<LD	0,016	0,028	0,03	0,13	0,17	0,16	0,19	<LD	0,06
ST03	F	<LD	<LD	0,016	0,026	0,03	0,12	0,18	0,15	0,15	<LD	0,17
ST05	S	<LD	<LD	0,008*	0,029	0,04	0,05	0,09	0,12	0,16	<LD	0,17
ST05	M	<LD	<LD	0,007*	0,020	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	<LD	0,13
ST05	F	<LD	<LD	0,007*	0,024	0,03	0,05	0,12	0,13	0,14	<LD	0,43
ST06	S	<LD	<LD	0,096	0,014*	0,12	0,69	0,62	0,14	0,16	<LD	0,10
ST06	M	<LD	<LD	0,038	0,013*	0,09	0,23	0,27	0,12	0,14	<LD	0,09
ST06	F	<LD	<LD	0,042	0,018	0,13	0,30	0,31	0,11	0,13	<LD	0,08
ST07	S	<LD	<LD	0,020	0,019	0,05	0,17	0,18	0,13	0,14	<LD	0,14
ST07	M	<LD	<LD	0,016	0,014*	0,03	0,12	0,17	0,12	0,14	<LD	0,03
ST07	F	<LD	<LD	0,012	0,012*	0,03	0,10	0,14	0,14	0,15	<LD	0,02
ST09	S	<LD	<LD	0,005*	0,277	0,07	0,05	0,07	0,12	0,16	<LD	1,15
ST09	M	<LD	<LD	0,002*	0,019	0,03	0,03	0,05	0,12	0,14	<LD	0,30
ST09	F	<LD	<LD	0,001*	0,026	0,04	0,04	0,05	0,13	0,18	<LD	0,20
ST13	S	<LD	<LD	0,017	0,025	0,13	0,19	0,20	0,13	0,14	<LD	0,15
ST13	M	<LD	<LD	0,022	0,018	0,08	0,24	0,27	0,13	0,15	<LD	0,09
ST13	F	<LD	<LD	0,036	0,016	0,10	0,29	0,31	0,13	0,14	<LD	0,02
ST14	S	<LD	<LD	0,021	0,030	0,09	0,14	0,16	0,12	0,13	<LD	0,20
ST14	M	<LD	<LD	0,010*	0,036	0,06	0,18	0,16	0,12	0,13	<LD	0,09
ST14	F	<LD	<LD	0,014	0,024	0,12	0,23	0,20	0,12	0,18	<LD	0,17
ST15	S	<LD	<LD	0,038	0,030	0,05	0,28	0,28	0,22	0,25	<LD	0,35
ST15	M	<LD	<LD	0,023	0,029	0,04	0,15	0,19	0,18	0,19	<LD	0,32
ST15	F	<LD	<LD	0,018	0,018	0,04	0,13	0,18	0,17	0,18	<LD	0,11
ST16	S	<LD	<LD	0,030	0,061	0,03	0,16	0,21	0,18	0,20	<LD	0,53
ST16	M	<LD	<LD	0,023	0,036	0,03	0,15	0,22	0,17	0,19	<LD	0,12
ST16	F	<LD	<LD	0,025	0,025	0,01	0,13	0,22	0,18	0,00	<LD	0,66
ST18	S	<LD	<LD	0,022	0,020	0,02	0,11	0,17	0,17	0,20	<LD	0,35
ST18	M	<LD	<LD	0,027	0,045	0,05	0,12	0,19	0,15	0,23	<LD	1,09
ST18	F	<LD	<LD	0,032	0,065	0,02	0,20	0,29	0,18	0,20	<LD	0,35

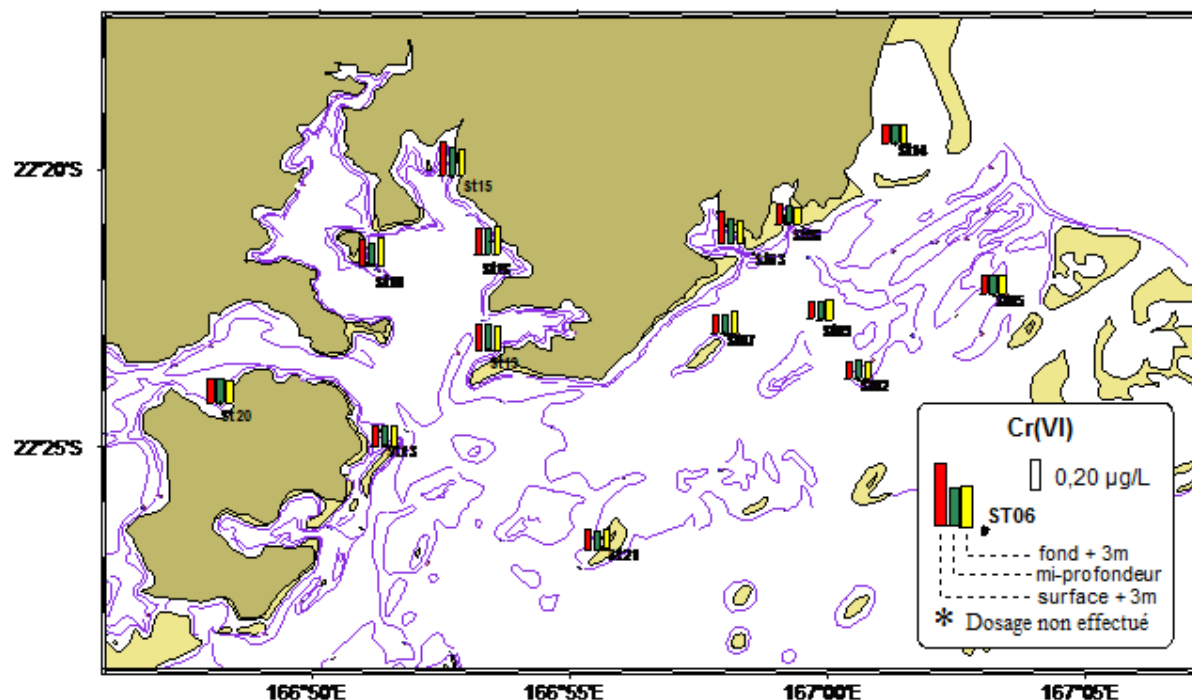
Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr(tot) (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
ST19	S	<LD	0,015	0,037	0,05	0,12	0,19	0,17	0,17	0,18	<LD	0,27
ST19	M	<LD	0,019	0,021	0,02	0,11	0,17	0,17	0,17	0,18	<LD	0,19
ST19	F	<LD	0,021	0,020	0,02	0,13	0,19	0,19	0,16	0,17	<LD	0,23
ST20	S	<LD	0,037	0,024	0,07	0,37	0,40	0,40	0,16	0,16	<LD	0,19
ST20	M	<LD	0,042	0,021	0,08	0,40	0,41	0,41	0,16	0,17	<LD	0,06
ST20	F	<LD	0,048	0,020	0,09	0,46	0,46	0,46	0,14	0,16	<LD	0,11
ST21	S	<LD	0,010*	0,012*	0,05	0,09	0,13	0,13	0,13	0,14	<LD	0,23
ST21	M	<LD	0,021	0,031	0,06	0,20	0,24	0,24	0,12	0,15	<LD	0,16
ST21	F	<LD	0,024	0,021	0,08	0,21	0,25	0,25	0,13	0,13	<LD	0,05

### Carte de distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau.

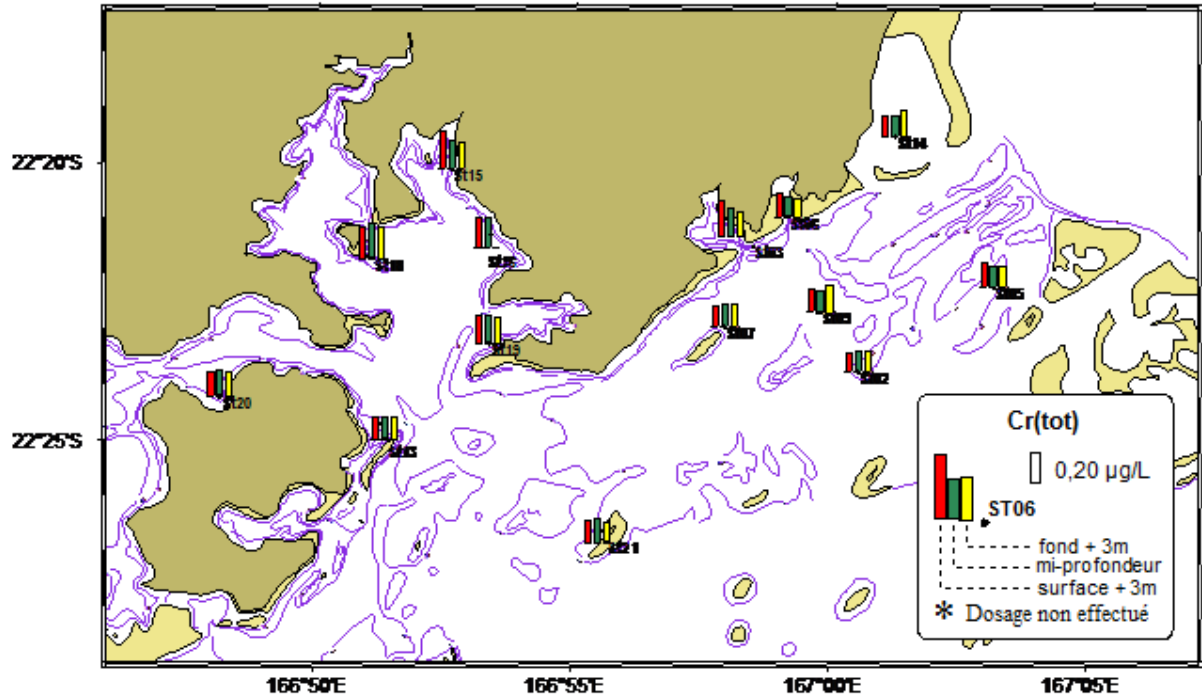
Concentration en cobalt dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



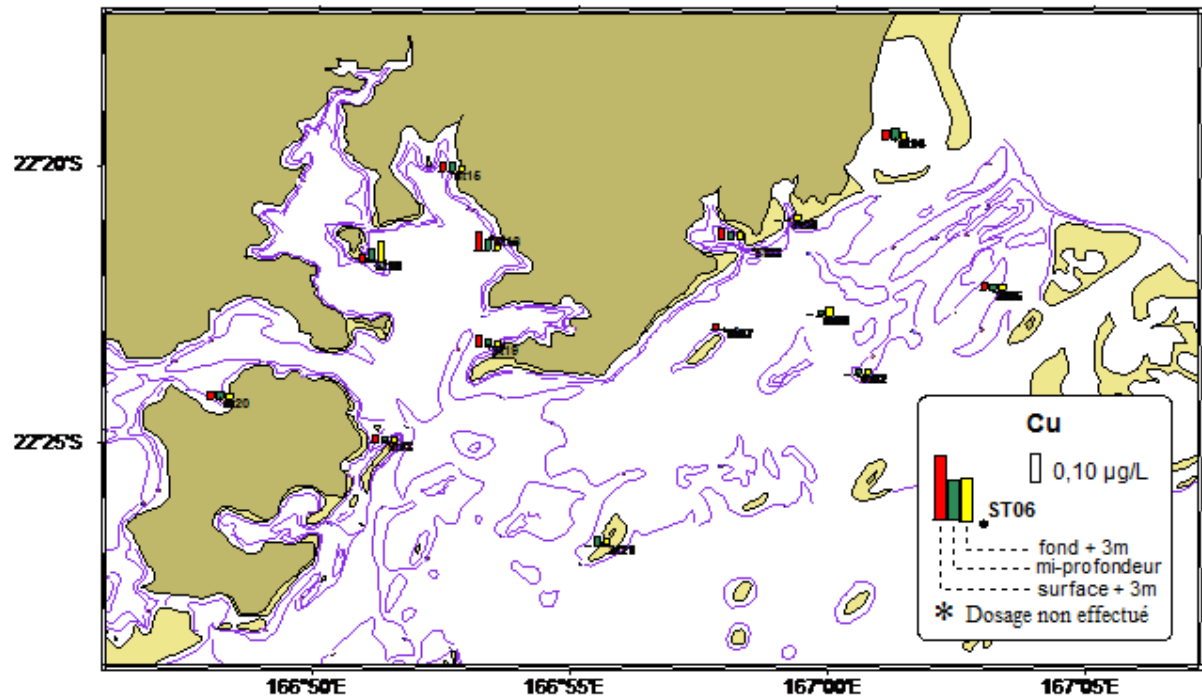
Concentration en chrome (VI) dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



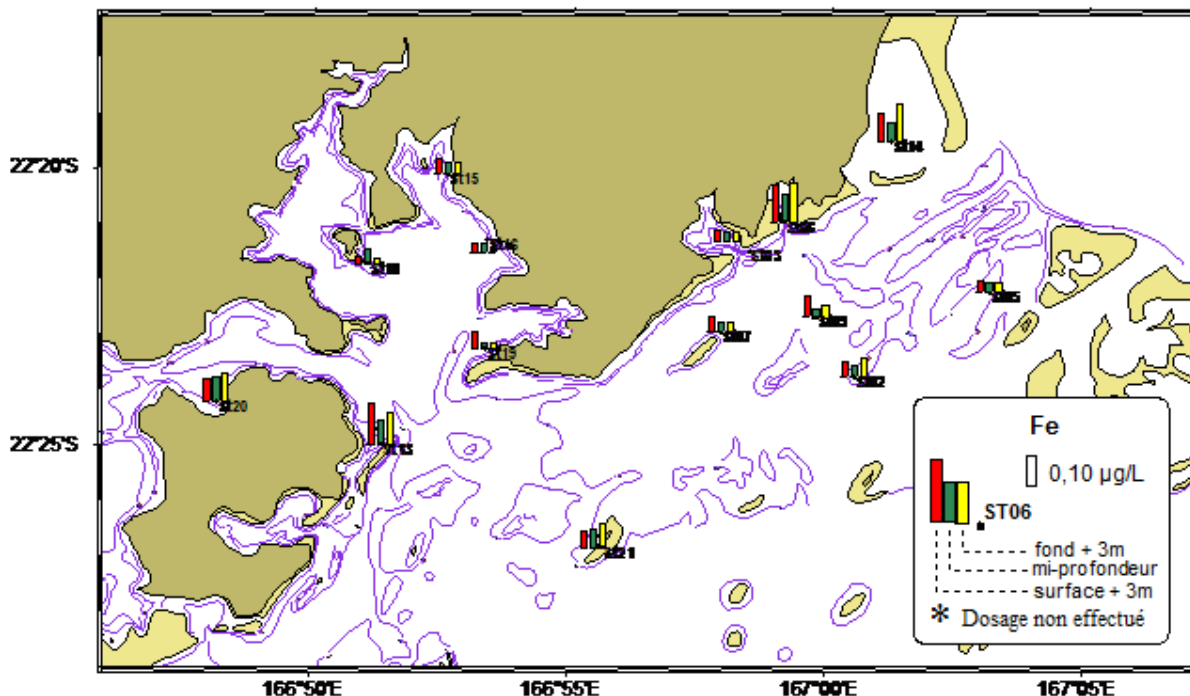
Concentration en chrome total dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



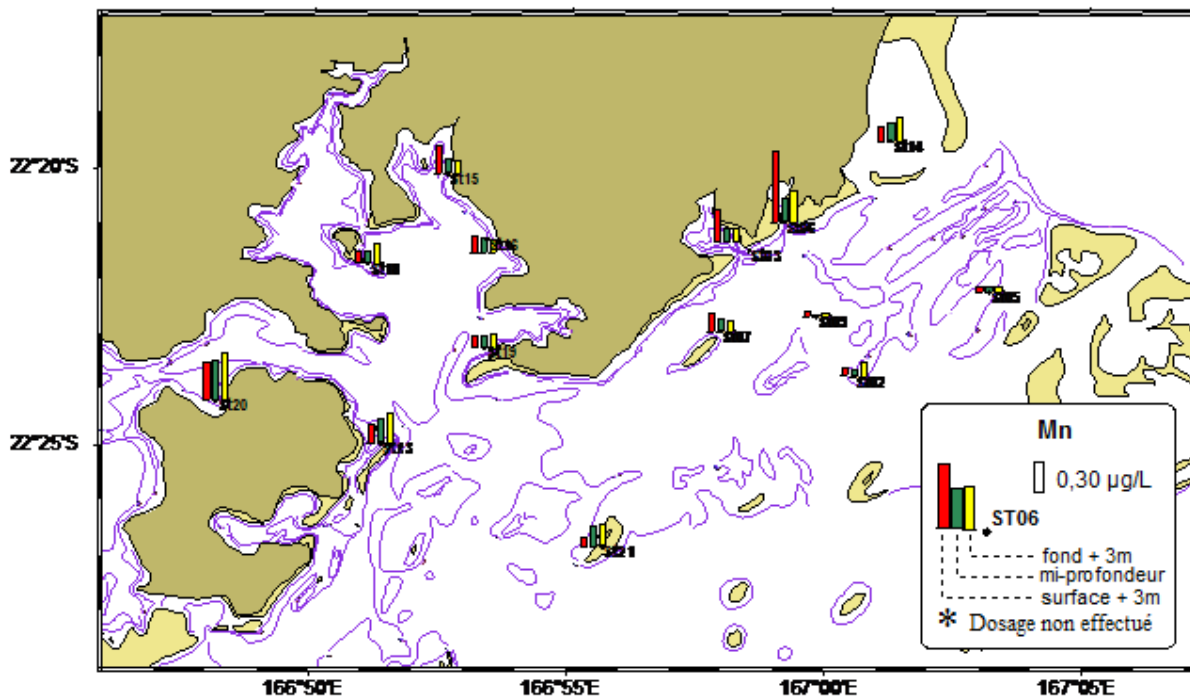
Concentration en cuivre dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



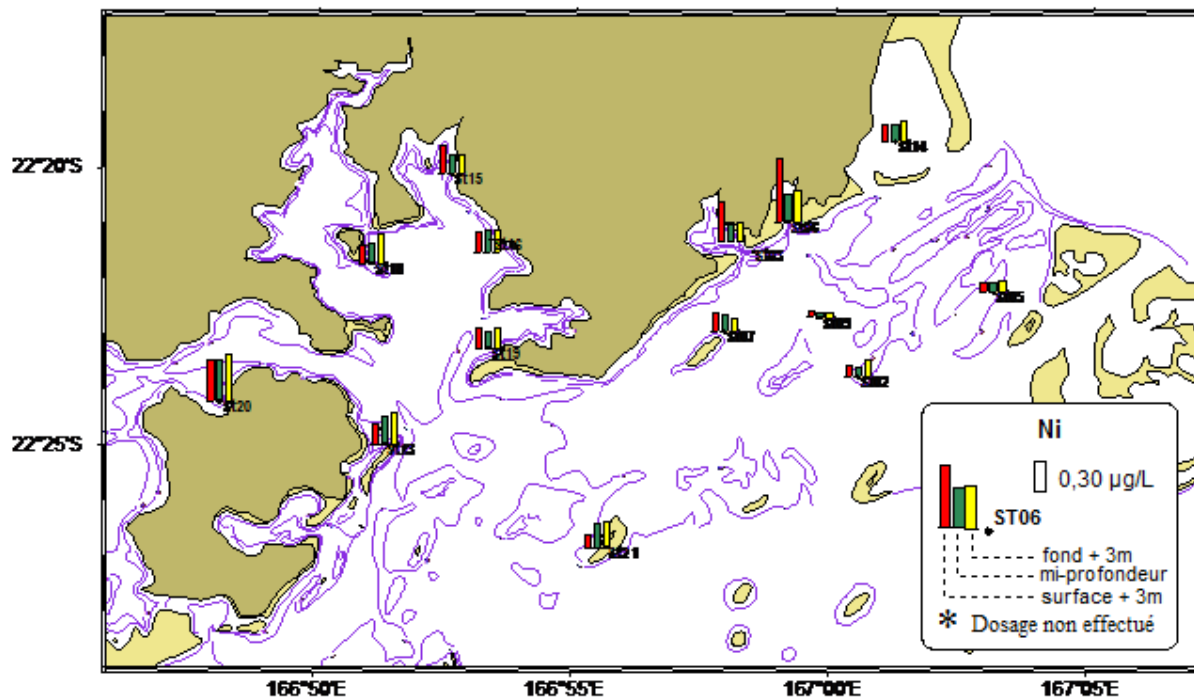
Concentration en fer dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



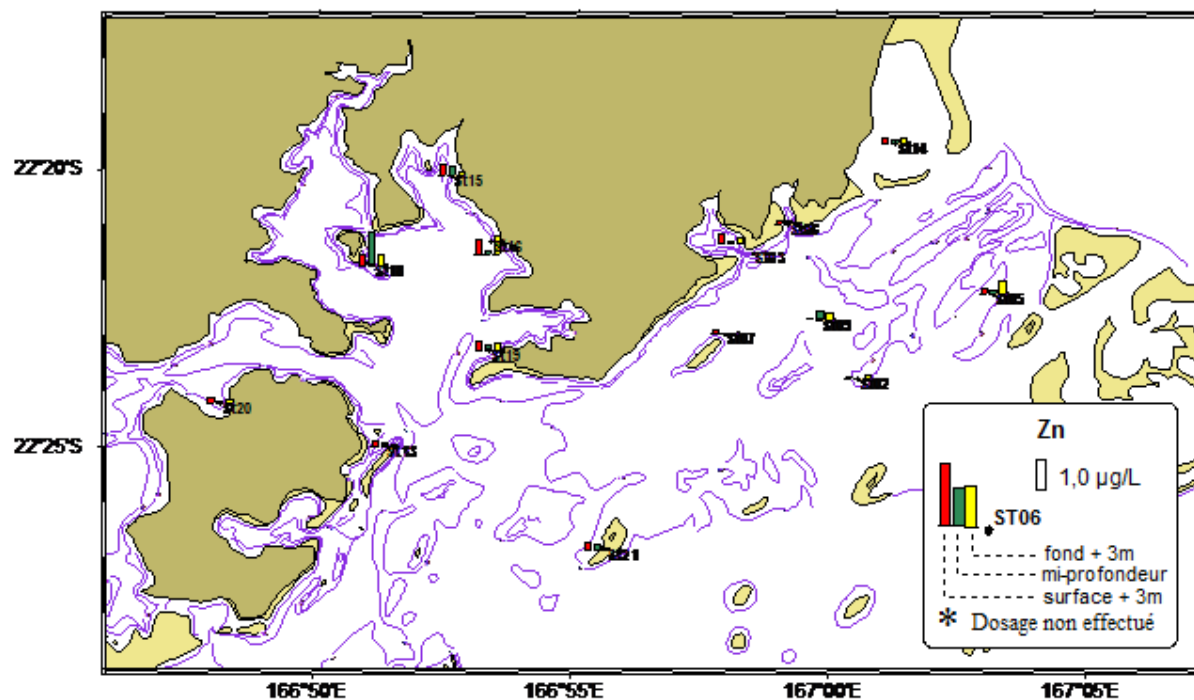
Concentration en manganèse dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Concentration en nickel dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Concentration en zinc dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



## **ANNEXE III**

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

**Mission septembre 2010**





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

**Mission septembre 2010**

**PROJET GORO NICKEL**

**VALE NOUVELLE CALEDONIE**





*Caractéristiques du dossier :*

<b>Référence du document</b>	Rap 058-10_Ver 01	
<b>Référence du contrat</b>	C2415 E20544	
<b>Numéro de l'affaire</b>	058-10	
<b>Client</b>	Vale Nouvelle-Calédonie	
<b>Commune</b>	Mont Dore	
<b>Coordonnées (WGS 84 UTM58)</b>	<b>X</b>	696 000
	<b>Y</b>	7 528 000
<b>Mots clés</b>	projet Goro Nickel, ichtyologie, communautés récifales, biocénoses marines, suivis environnementaux, mine, port	

*Suivi des modifications :*

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	VALE NC	Rapport remis au Client (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture de la forme	Janvier 2011
	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	
	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (3 exemplaires papier + 1 CDRom)	Janvier 2011

*Les responsables du suivi des modifications sont :*

<b>Maître d'Ouvrage</b>	Céline CASALIS (Vale NC)
<b>Entreprise</b>	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 058-10_Ver 00	Décembre 2010	AQUA TERRA	Vale NC Biocénose	Janvier 2011
Rap 058-10_Ver 01	Janvier 2011	AQUA TERRA		Janvier 2011



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

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

Les principaux intervenants étaient donc :

Pour AQUA TERRA :



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



↳ **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 IB.

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 :

↳ **Gilbert SARRAILH** : Plongeur CAH1B, Capitaine 200.

Sur le terrain, l'équipe était complétée par des plongeurs / pilotes professionnels pour assurer la sécurité et aider pour la partie technique (chargement du matériel, gonflement des blocs, mise en place des piquets sous l'eau, ...).

Ce rapport a été rédigé sur la base des résultats et commentaires de chacune des parties.



Crédit photographique : Grégory Lasne 2010, pour Biocénose, Valérie Vaillet 2010, pour AQUA TERRA





**Table des Matières**

**EQUIPE DE TRAVAIL ..... 3**  
**TABLE DES MATIERES ..... 4**  
**LISTE DES TABLEAUX ..... 8**  
**LISTE DES FIGURES ..... 12**  
**LISTE DES CARTES ..... 14**  
**LISTE DES PHOTOS ..... 14**  
**1 PREAMBULE..... 15**  
**2 OBJECTIF DE L'ETUDE ..... 16**  
**3 METHODOLOGIE..... 17**  
 3.1 ZONE D'ETUDE ..... 17  
     3.1.1 Contexte général..... 17  
     3.1.2 Présentation des stations ..... 17  
         3.1.2.1 Les stations..... 17  
         3.1.2.2 Les transects..... 19  
 3.2 LES TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE ..... 20  
     3.2.1 Vérification des stations ..... 20  
         3.2.1.1 Positionnement..... 20  
         3.2.1.2 Matérialisation..... 20  
             3.2.1.2.1 Organisation « matérielle » ..... 20  
             3.2.1.2.2 Organisation « temporelle » ..... 20  
     3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat ..... 21  
     3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos..... 21  
     3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons ..... 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 ..... 26  
**4 RESULTATS BRUTS PAR STATION ..... 29**  
 4.1 STATION 01 = CASY ..... 30  
     4.1.1 Le substrat (ST01) ..... 34  
     4.1.2 Le benthos (ST01)..... 35  
         4.1.2.1 Benthos Transect 01 A..... 35  
             4.1.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST01A) ..... 35  
             4.1.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01A) ..... 36  
         4.1.2.2 Benthos Transect 01 B..... 37  
             4.1.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST01B) ..... 37  
             4.1.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01B) ..... 38  
     4.1.3 Les poissons (ST01) ..... 39  
 4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD ..... 43  
     4.2.1 Le substrat (ST02) ..... 46  
     4.2.2 Le benthos (ST02)..... 47  
         4.2.2.1 Benthos Transect 02 A..... 47  
             4.2.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST02A) ..... 47  
             4.2.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02A) ..... 48  
         4.2.2.2 Benthos Transect 02 B..... 49  
             4.2.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST02B) ..... 49  
             4.2.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02B) ..... 50  
     4.2.3 Les poissons (ST02) ..... 51  
 4.3 STATION 03 = PORT ..... 55  
     4.3.1 Le substrat (ST03) ..... 59  
     4.3.2 Le benthos (ST03)..... 61  
         4.3.2.1 Benthos Transect 03 A..... 61  
             4.3.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST03A) ..... 61  
             4.3.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03A) ..... 62  
         4.3.2.2 Benthos Transect 03 B..... 63  
             4.3.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST03B) ..... 63  
             4.3.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03B) ..... 64  
         4.3.2.3 Benthos Transect 03 C..... 64



4.3.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST03C)	64
4.3.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03C)	65
4.3.3	<i>Les poissons (ST03)</i>	67
<b>4.4</b>	<b>STATION 04 = WOODIN</b>	71
4.4.1	<i>Le substrat (ST04)</i>	75
4.4.2	<i>Le benthos (ST04)</i>	76
4.4.2.1	Benthos Transect 04 A	76
4.4.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST04A)	76
4.4.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04A)	77
4.4.2.2	Benthos Transect 04 B	78
4.4.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST04B)	78
4.4.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04B)	79
4.4.2.3	Benthos Transect 04 C	80
4.4.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST04C)	80
4.4.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04C)	81
4.4.3	<i>Les poissons (ST04)</i>	82
<b>4.5</b>	<b>STATION 05 = RECIF IORO</b>	86
4.5.1	<i>Le substrat (ST05)</i>	89
4.5.2	<i>Le benthos (ST05)</i>	90
4.5.2.1	Benthos Transect 05 A	90
4.5.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST05A)	90
4.5.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05A)	91
4.5.2.2	Benthos Transect 05 B	92
4.5.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST05B)	92
4.5.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05B)	93
4.5.2.3	Benthos Transect 05 C	93
4.5.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST05C)	93
4.5.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05C)	94
4.5.3	<i>Les poissons (ST05)</i>	96
<b>4.6</b>	<b>STATION 06 = BANC IONONTEA</b>	100
4.6.1	<i>Le substrat (ST06)</i>	103
4.6.2	<i>Le benthos (ST06)</i>	104
4.6.2.1	Benthos Transect 06 A	104
4.6.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST06A)	104
4.6.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06A)	105
4.6.2.2	Benthos Transect 06 B	106
4.6.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST06B)	106
4.6.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06B)	107
4.6.2.3	Benthos Transect 06 C	107
4.6.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST06C)	107
4.6.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06C)	108
4.6.3	<i>Les poissons (ST06)</i>	110
<b>4.7</b>	<b>STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON</b>	114
4.7.1	<i>Le substrat (ST07)</i>	117
4.7.2	<i>Le benthos (ST07)</i>	118
4.7.2.1	Benthos Transect 07 A	118
4.7.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST07A)	118
4.7.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07A)	119
4.7.2.2	Benthos Transect 07 B	120
4.7.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST07B)	120
4.7.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07B)	121
4.7.2.3	Benthos Transect 07 C	121
4.7.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST07C)	121
4.7.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07C)	122
4.7.3	<i>Les poissons (ST07)</i>	124
<b>4.8</b>	<b>STATION 08 = POINTE PUKA</b>	128
4.8.1	<i>Le substrat (ST08)</i>	131
4.8.2	<i>Le benthos (ST08)</i>	131
4.8.2.1	Benthos Transect 08 A	132
4.8.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST08A)	132
4.8.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08A)	133
4.8.2.2	Benthos Transect 08 B	133
4.8.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST08B)	133
4.8.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08B)	134
4.8.3	<i>Les poissons (ST08)</i>	136
<b>4.9</b>	<b>STATION 09 = BANCS DE KIE</b>	140

4.9.1	<i>Le substrat (ST09)</i> .....	143
4.9.2	<i>Le benthos (ST09)</i> .....	144
4.9.2.1	Benthos Transect 09 A.....	144
4.9.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST09A).....	144
4.9.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09A).....	145
4.9.2.2	Benthos Transect 09 B.....	146
4.9.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST09B).....	146
4.9.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09B).....	147
4.9.2.3	Benthos Transect 09 C.....	148
4.9.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST09C).....	148
4.9.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09C).....	148
4.9.3	<i>Les poissons (ST09)</i> .....	150
4.10	STATION 10 = ILOT KIE.....	154
4.10.1	<i>Le substrat (ST10)</i> .....	157
4.10.2	<i>Le benthos (ST10)</i> .....	158
4.10.2.1	Benthos Transect 10 A.....	158
4.10.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST10A).....	158
4.10.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10A).....	159
4.10.2.2	Benthos Transect 10 B.....	160
4.10.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST10B).....	160
4.10.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10B).....	161
4.10.2.3	Benthos Transect 10 C.....	162
4.10.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST10C).....	162
4.10.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10C).....	162
4.10.3	<i>Les poissons (ST10)</i> .....	164
4.11	STATION 11 = RECIF TOEMO.....	169
4.11.1	<i>Le substrat (ST11)</i> .....	172
4.11.2	<i>Le benthos (ST11)</i> .....	173
4.11.2.1	Benthos Transect 11 A.....	173
4.11.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST11A).....	173
4.11.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11A).....	174
4.11.2.2	Benthos Transect 11 B.....	175
4.11.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST11B).....	175
4.11.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11B).....	176
4.11.2.3	Benthos Transect 11 C.....	177
4.11.2.3.1	Les Scléactiniaires (ST11C).....	177
4.11.2.3.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11C).....	178
4.11.3	<i>Les poissons (ST11)</i> .....	179
4.12	STATION 12 = ILOT UGO.....	184
4.12.1	<i>Le substrat (ST12)</i> .....	188
4.12.2	<i>Le benthos (ST12)</i> .....	188
4.12.2.1	Benthos Transect 12 A.....	189
4.12.2.1.1	Les Scléactiniaires (ST12A).....	189
4.12.2.1.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12A).....	190
4.12.2.2	Benthos Transect 12 B.....	191
4.12.2.2.1	Les Scléactiniaires (ST12B).....	191
4.12.2.2.2	Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12B).....	192
4.12.3	<i>Les poissons (ST12)</i> .....	193
5	<b>RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE.....</b>	<b>197</b>
5.1	SUBSTRAT.....	197
5.2	BENTHOS.....	198
5.3	ICHTYOLOGIE.....	199
5.4	ESPECES EXOGENES.....	201
6	<b>COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES.....</b>	<b>204</b>
6.1	SUBSTRAT.....	204
6.2	BENTHOS.....	205
6.2.1	<i>Variation de la richesse taxonomique par rapport à avril 2010</i> .....	205
6.2.1.1	Espèces nouvellement recensées.....	206
6.2.1.2	Discussion.....	206
6.2.2	<i>Evolution globale des stations par rapport à avril 2010</i> .....	208
6.3	ICHTYOLOGIE.....	213
6.3.1	<i>Comparaisons temporelles « liste restreinte »</i> .....	213
6.3.1.1	La densité.....	213
6.3.1.2	La biomasse.....	214
6.3.1.3	La biodiversité.....	214
6.3.1.4	Test de X <sup>2</sup> de rangs Kruskal-Wallis.....	215



6.3.1.5	Test de X <sup>2</sup> de rangs Friedman.....	215
6.3.1.6	Conclusion .....	216
6.3.2	<i>Comparaisons temporelles « liste complète »</i> .....	217
6.3.2.1	Biodiversité $\alpha$ .....	217
6.3.2.2	Biodiversité $\gamma$ .....	218
6.3.2.3	Biodiversité $\beta$ .....	220
6.3.2.4	Ubiquité ou occurrence spatiale et Permanence temporelle des espèces.....	221
6.3.2.5	Conclusion .....	225
6.4	CONCLUSION.....	226
<b>7</b>	<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, DE LA ZONE ETUDIEE .....</b>	<b>227</b>
7.1	RECRUTEMENT ET TAUX DE CROISSANCE CORALLIEN : POCILLOPORIDAE .....	227
7.2	LES ALGUES .....	232
7.2.1	<i>Généralités</i> .....	232
7.2.2	<i>Les algues en milieu corallien</i> .....	232
7.2.3	<i>Exemple de variations</i> .....	233
7.2.4	<i>Observations issues des campagnes</i> .....	234
7.2.4.1	Algues vertes .....	235
7.2.4.2	Algues rouges.....	236
7.2.4.3	Algues brunes.....	236
7.3	PROLIFERATION DE CYANOBACTERIES.....	237
7.3.1	<i>Généralités</i> .....	237
7.3.2	<i>Observations issues des campagnes</i> .....	238
<b>8</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>240</b>
<b>9</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>242</b>
<b>10</b>	<b>RECOMMANDATIONS / AMELIORATIONS .....</b>	<b>243</b>
10.1	AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI.....	243
10.2	AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES.....	244
10.3	SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL .....	245
<b>11</b>	<b>SOURCES.....</b>	<b>246</b>
<b>A N N E X E S .....</b>		<b>250</b>
<b>ANNEXE N°01 .....</b>		<b>251</b>
<b>METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES .....</b>		<b>251</b>
<b>ANNEXE N°02 .....</b>		<b>254</b>
<b>CONDITIONS D'ECHANTILLONNAGE DES DIFFERENTES MISSIONS.....</b>		<b>254</b>
<b>ANNEXE N°03 .....</b>		<b>255</b>
<b>CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE SEPTEMBRE 2010 .....</b>		<b>255</b>
<b>ANNEXE N°04 .....</b>		<b>256</b>
<b>RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT SEPTEMBRE 2010 .....</b>		<b>256</b>
<b>ANNEXE N°05 .....</b>		<b>257</b>
<b>RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE SEPTEMBRE 2010.....</b>		<b>257</b>
<b>ANNEXE N°06 .....</b>		<b>272</b>
<b>RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE ICHTYOLOGIQUE SEPTEMBRE 2010.....</b>		<b>272</b>

## Liste des Tableaux

Tableau n°01 :	Coordonnées des stations d'échantillonnage.....	18
Tableau n°02 :	Caractéristiques des transects selon les stations .....	19
Tableau n°03 :	Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique .....	22
Tableau n°04 :	Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m <sup>2</sup> ) ..	23
Tableau n°05 :	Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat .....	25
Tableau n°06 :	Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station .....	26
Tableau n°07 :	Lexique des abréviations des familles.....	27
Tableau n°08 :	Exemple de calcul pour « poisson ».....	28
Tableau n°09 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST01A) .....	35
Tableau n°010 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST01A).....	36
Tableau n°011 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST01B) .....	37
Tableau n°012 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST01B).....	38
Tableau n°013 :	Données sur les poissons (ST01).....	39
Tableau n°014 :	Liste des espèces complémentaires (ST01) .....	39
Tableau n°015 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST01).....	40
Tableau n°016 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST01) .	41
Tableau n°017 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST01).....	41
Tableau n°018 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02A) .....	47
Tableau n°019 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST02A).....	48
Tableau n°020 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02B) .....	49
Tableau n°021 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST02B).....	50
Tableau n°022 :	Données sur les poissons (ST02).....	51
Tableau n°023 :	Liste des espèces complémentaires (ST02) .....	51
Tableau n°024 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST02).....	52
Tableau n°025 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST02) .	53
Tableau n°026 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST02).....	53
Tableau n°027 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03A) .....	61
Tableau n°028 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03A).....	62
Tableau n°029 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03B) .....	63
Tableau n°030 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03B).....	64
Tableau n°031 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03C).....	65
Tableau n°032 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03C).....	66
Tableau n°033 :	Données sur les poissons (ST03).....	67
Tableau n°034 :	Liste des espèces complémentaires (ST03) .....	67
Tableau n°035 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST03).....	68
Tableau n°036 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST03) .	69
Tableau n°037 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST03).....	70
Tableau n°038 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04A) .....	76
Tableau n°039 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04A).....	77
Tableau n°040 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04B) .....	78
Tableau n°041 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04B).....	79
Tableau n°042 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04C).....	80
Tableau n°043 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04C).....	81
Tableau n°044 :	Données sur les poissons (ST04).....	82
Tableau n°045 :	Liste des espèces complémentaires (ST04) .....	83
Tableau n°046 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST04).....	83
Tableau n°047 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST04) .	84
Tableau n°048 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST04).....	85
Tableau n°049 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05A) .....	90
Tableau n°050 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05A).....	91
Tableau n°051 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05B) .....	92
Tableau n°052 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05B).....	93



Tableau n°053 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05C)</i> .....	94
Tableau n°054 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05C)</i> .....	95
Tableau n°055 :	<i>Données sur les poissons (ST05)</i> .....	96
Tableau n°056 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST05)</i> .....	97
Tableau n°057 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST05)</i> .....	97
Tableau n°058 :	<i>Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST05)</i>	98
Tableau n°059 :	<i>Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST05)</i> .....	99
Tableau n°060 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06A)</i> .....	104
Tableau n°061 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06A)</i> .....	105
Tableau n°062 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06B)</i> .....	106
Tableau n°063 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06B)</i> .....	107
Tableau n°064 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06C)</i> .....	108
Tableau n°065 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06C)</i> .....	109
Tableau n°066 :	<i>Données sur les poissons (ST06)</i> .....	110
Tableau n°067 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST06)</i> .....	111
Tableau n°068 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST06)</i> .....	111
Tableau n°069 :	<i>Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST06)</i> 112	
Tableau n°070 :	<i>Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST06)</i> .....	113
Tableau n°071 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07A)</i> .....	118
Tableau n°072 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07A)</i> .....	119
Tableau n°073 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07B)</i> .....	120
Tableau n°074 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07B)</i> .....	121
Tableau n°075 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07C)</i> .....	122
Tableau n°076 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07C)</i> .....	123
Tableau n°077 :	<i>Données sur les poissons (ST07)</i> .....	124
Tableau n°078 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST07)</i> .....	125
Tableau n°079 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST07)</i> .....	125
Tableau n°080 :	<i>Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST07)</i>	127
Tableau n°081 :	<i>Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST07)</i> .....	127
Tableau n°082 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST08A)</i> .....	132
Tableau n°083 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST08A)</i> .....	133
Tableau n°084 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST08B)</i> .....	134
Tableau n°085 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST08B)</i> .....	135
Tableau n°086 :	<i>Données sur les poissons (ST08)</i> .....	136
Tableau n°087 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST08)</i> .....	136
Tableau n°088 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST08)</i> .....	137
Tableau n°089 :	<i>Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST08)</i> 138	
Tableau n°090 :	<i>Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST08)</i> .....	139
Tableau n°091 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09A)</i> .....	144
Tableau n°092 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09A)</i> .....	145
Tableau n°093 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09B)</i> .....	146
Tableau n°094 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09B)</i> .....	147
Tableau n°095 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09C)</i> .....	148
Tableau n°096 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09C)</i> .....	149
Tableau n°097 :	<i>Données sur les poissons (ST09)</i> .....	150
Tableau n°098 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST09)</i> .....	151
Tableau n°099 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST09)</i> .....	151
Tableau n°0100 :	<i>Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST09)</i> 152	
Tableau n°0101 :	<i>Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST09)</i> .....	153
Tableau n°0102 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10A)</i> .....	158
Tableau n°0103 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10A)</i> .....	159
Tableau n°0104 :	<i>Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10B)</i> .....	160
Tableau n°0105 :	<i>Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10B)</i> .....	161

Tableau n°0106 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10C).....	162
Tableau n°0107 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10C) .....	163
Tableau n°0108 :	Données sur les poissons (ST10) .....	164
Tableau n°0109 :	Liste des espèces complémentaires (ST10).....	165
Tableau n°0110 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST10).....	166
Tableau n°0111 :	Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST10) 167	
Tableau n°0112 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST10) .....	168
Tableau n°0113 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11A).....	173
Tableau n°0114 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11A) .....	174
Tableau n°0115 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11B).....	175
Tableau n°0116 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11B) .....	176
Tableau n°0117 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11C).....	177
Tableau n°0118 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11C) .....	178
Tableau n°0119 :	Données sur les poissons (ST11) .....	179
Tableau n°0120 :	Liste des espèces complémentaires (ST11).....	180
Tableau n°0121 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST11).....	180
Tableau n°0122 :	Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST11) 182	
Tableau n°0123 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST11) .....	182
Tableau n°0124 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST12A).....	189
Tableau n°0125 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST12A) .....	190
Tableau n°0126 :	Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST12B).....	191
Tableau n°0127 :	Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST12B) .....	192
Tableau n°0128 :	Données sur les poissons (ST12) .....	193
Tableau n°0129 :	Liste des espèces complémentaires (ST12).....	193
Tableau n°0130 :	Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST12).....	194
Tableau n°0131 :	Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST12) 195	
Tableau n°0132 :	Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST12) .....	196
Tableau n°0133 :	Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune.....	199
Tableau n°0134 :	Evolution du taux de recouvrement du substrat de mars 2010 à septembre 2010 (différence en %).....	209
Tableau n°0135 :	Evolution de la richesse spécifique du benthos mars 2010 à septembre 2010 (gain/perte en taxa) 209	
Tableau n°0136 :	Particularités de chaque station et évolution entre mars-avril et septembre 2010.....	210
Tableau n°0137 :	Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m <sup>2</sup> ) par station sur les 5 campagnes 213	
Tableau n°0138 :	Analyse de la Variance des biomasses/m <sup>2</sup> moyennes par station sur les 5 campagnes	214
Tableau n°0139 :	Analyse de la Variance des biodiversités par station sur les 5 campagnes.....	215
Tableau n°0140 :	Analyse non-paramétrique sur la densité, biomasse, biodiversité ichthyologiques (en colonnes) 215	
Tableau n°0141 :	Analyse non-paramétrique sur la densité, biomasse, biodiversité ichthyologiques (en lignes) 216	
Tableau n°0142 :	Moyennes sur l'ensemble des stations des densité, biomasse et biodiversité depuis 2007 216	
Tableau n°0143 :	Biodiversité $\alpha$ pour chaque station, depuis 2005.....	217
Tableau n°0144 :	Classement des stations pour leur biodiversité, selon test de Kruskal-Wallis.....	218
Tableau n°0145 :	Classement des missions pour leur biodiversité, selon test de Friedman.....	218
Tableau n°0146 :	Nombre d'espèces par famille .....	219
Tableau n°0147 :	Biodiversités et Equitabilités $\beta$ annuelles.....	221
Tableau n°0148 :	Ubiquité spatiale en 2007, en 2008, 2009 et 2010 .....	222
Tableau n°0149 :	Présence des espèces aux stations.....	222
Tableau n°0150 :	Pourcentage de présence aux stations des espèces .....	223
Tableau n°0151 :	Nombre de fois et proportion où une espèce a été vue par station depuis 2007.....	223
Tableau n°0152 :	Nombre et proportion d'espèces vues X fois depuis 2007 sur la zone.....	224

Tableau n°0153 :	<i>Nouvelles espèces de poissons observées en septembre 2010</i> .....	225
Tableau n°0154 :	<i>Systematique / Description de Pocillopora damicornis</i> .....	228
Tableau n°0155 :	<i>Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A</i> .....	229
Tableau n°0156 :	<i>Annexe 01 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données</i> .....	251
Tableau n°0157 :	<i>Annexe 01 : Liste des poissons indicateurs</i> .....	252
Tableau n°0158 :	<i>Annexe 02 : Différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes d'échantillonnages</i> .....	254
Tableau n°0159 :	<i>Annexe 02 : Rapport de plongée</i> .....	255
Tableau n°0160 :	<i>Annexe 02 : Corrections des marées</i> .....	255
Tableau n°0161 :	<i>Annexe 02 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)</i> .....	255
Tableau n°0162 :	<i>Annexe 04 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories</i> .....	256
Tableau n°0163 :	<i>Annexe 04 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique</i> .....	256
Tableau n°0164 :	<i>Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)</i> .....	257
Tableau n°0165 :	<i>Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)</i> .....	259
Tableau n°0166 :	<i>Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)</i> .....	260
Tableau n°0167 :	<i>Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)</i> .....	263
Tableau n°0168 :	<i>Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces de coraux (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)</i> .....	266
Tableau n°0169 :	<i>Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces par groupes de Macrophytes et d'invertébrés (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)</i> .....	267
Tableau n°0170 :	<i>Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces de coraux (stations du canal de la Havannah)</i> .....	268
Tableau n°0171 :	<i>Annexe 05 : Tableau récapitulatif du nombre d'espèces par groupes de Macrophytes et d'invertébrés (stations du canal de la Havannah)</i> .....	269
Tableau n°0172 :	<i>Annexe 05 : Richesse spécifique du benthos par groupe</i> .....	269
Tableau n°0173 :	<i>Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) - Inventaire septembre 2010 des espèces cibles et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)</i> .....	270
Tableau n°0174 :	<i>Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) - Inventaire septembre 2010 des espèces cibles et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)</i> .....	271
Tableau n°0175 :	<i>Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST01 à ST04)</i> .....	272
Tableau n°0176 :	<i>Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST05 à ST08)</i> .....	273
Tableau n°0177 :	<i>Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST09 à ST12)</i> .....	274

## Liste des Figures

Figure n°01 :	Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long.....	19
Figure n°02 :	Diagramme schématisé d'un transect.....	21
Figure n°03 :	Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable.....	23
Figure n°04 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST01.....	33
Figure n°05 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A.....	34
Figure n°06 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B.....	34
Figure n°07 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST01).....	41
Figure n°08 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01).....	42
Figure n°09 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST02.....	45
Figure n°010 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A.....	46
Figure n°011 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B.....	46
Figure n°012 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST02).....	53
Figure n°013 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02).....	54
Figure n°014 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST03.....	58
Figure n°015 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A.....	59
Figure n°016 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B.....	59
Figure n°017 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	59
Figure n°018 :	Evolution du recouvrement (en %) du substrat (partie abiotique) (ST03) depuis 2007..	60
Figure n°019 :	Evolution du recouvrement (en %) du substrat par la classe « Macrophytes et invertébrés » (ST03) depuis 2007.....	60
Figure n°020 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST03).....	69
Figure n°021 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	70
Figure n°022 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST04.....	74
Figure n°023 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A.....	75
Figure n°024 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B.....	75
Figure n°025 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C.....	75
Figure n°026 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST04).....	84
Figure n°027 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	85
Figure n°028 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST05.....	88
Figure n°029 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A.....	89
Figure n°030 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B.....	89
Figure n°031 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C.....	89
Figure n°032 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST05).....	98
Figure n°033 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	99
Figure n°034 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST06.....	102
Figure n°035 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A.....	103
Figure n°036 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B.....	103
Figure n°037 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C.....	103
Figure n°038 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST06).....	112
Figure n°039 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	113
Figure n°040 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST07.....	116
Figure n°041 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A.....	117
Figure n°042 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B.....	117
Figure n°043 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C.....	117
Figure n°044 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST07).....	126
Figure n°045 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	127
Figure n°046 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST08.....	130
Figure n°047 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A.....	131
Figure n°048 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B.....	131
Figure n°049 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST08).....	138
Figure n°050 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08).....	139

Figure n°051 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST09.....	142
Figure n°052 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A.....	143
Figure n°053 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B.....	143
Figure n°054 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C.....	143
Figure n°055 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST09).....	152
Figure n°056 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09).....	153
Figure n°057 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST10.....	156
Figure n°058 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A.....	157
Figure n°059 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B.....	157
Figure n°060 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C.....	157
Figure n°061 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST10).....	167
Figure n°062 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10).....	168
Figure n°063 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST11.....	171
Figure n°064 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A.....	172
Figure n°065 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B.....	172
Figure n°066 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	172
Figure n°067 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST11).....	181
Figure n°068 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11).....	183
Figure n°069 :	Schéma structural, plan et photographies de la ST12.....	187
Figure n°070 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A.....	188
Figure n°071 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B.....	188
Figure n°072 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST12).....	195
Figure n°073 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12).....	196
Figure n°074 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique.....	197
Figure n°075 :	Richesse taxonomique du benthos dans les 3 groupes clés.....	198
Figure n°076 :	Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station.....	200
Figure n°077 :	Densité (nb ind/m <sup>2</sup> ) de l'ichtyofaune par station.....	200
Figure n°078 :	Biomasse (g/m <sup>2</sup> ) de l'ichtyofaune par station.....	200
Figure n°079 :	Compraison des richesses taxonomiques (tout hors coraux, spongiaires, macrophytes), par station, depuis juin 2009.....	205
Figure n°080 :	Compraison des richesses taxonomiques (coraux, spongiaires), par station, depuis juin 2009.....	205
Figure n°081 :	Classement des familles par nombre d'espèces.....	220
Figure n°082 :	Evolution des températures quotidiennes de l'eau du lagon SO depuis 1996.....	225
Figure n°083 :	Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A.....	229
Figure n°084 :	Abondance (échelle 1 à 5) de toutes les algues (toutes stations, depuis 2008).....	235
Figure n°085 :	Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues vertes (toutes stations, depuis 2008).....	235
Figure n°086 :	Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues rouges (toutes stations, depuis 2008).....	236
Figure n°087 :	Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues brunes (toutes stations, depuis 2008).....	236
Figure n°088 :	Pourcentage de recouvrement par les cyanobactéries (toutes stations, depuis 2008).....	239
Figure n°089 :	Abondance (échelle 1 à 5) des cyanobactéries (toutes stations, depuis 2008).....	239
Figure n°090 :	Exemple de schéma descriptif d'une station.....	244
Figure n°091 :	Signification de symboles utilisés dans les schémas structuraux.....	250

## Liste des Cartes

Carte n°01 :	Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT) .....	17
Carte n°02 :	Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth) .....	18
Carte n°03 :	Localisation de la station 01 (Casy) .....	32
Carte n°04 :	Localisation de la station 02 (Creek baie nord) .....	44
Carte n°05 :	Localisation de la station 03 (Port) .....	57
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 (Ionon tea) .....	101
Carte n°09 :	Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron) .....	115
Carte n°010 :	Localisation de la station 08 (Pointe Puka).....	129
Carte n°011 :	Localisation de la station 09 (Banacs Kié) .....	141
Carte n°012 :	Localisation de la station 10 (Ilôt Kié) .....	155
Carte n°013 :	Localisation de la station 11 (Toémo).....	170
Carte n°014 :	Localisation de la station 12 (Ilot Ugo).....	186
Carte n°015 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la Baie de Prony	202
Carte n°016 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah .....	203

## Liste des Photos

Photo n°01 :	Mise en place d'un piquet .....	24
Photo n°02 :	Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé.....	24
Photo n°03 :	Echantillonnage poissons.....	24
Photo n°04 :	Echantillonnage LIT.....	24
Photo n°05 :	Echantillonnage benthos .....	24
Photo n°06 :	Vidéo .....	24
Photo n°07 :	Position en surface par rapport à la balise (ST01).....	32
Photo n°08 :	Position en surface par rapport à la côte (ST02).....	44
Photo n°09 :	Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03) .....	57
Photo n°010 :	Position en surface par rapport à la côte (ST04).....	73
Photo n°011 :	Position en surface par rapport au feu signal (ST05).....	87
Photo n°012 :	Position en surface (ST06).....	101
Photo n°013 :	Position en surface (ST07) .....	115
Photo n°014 :	Position en surface par rapport à la côte (ST08).....	129
Photo n°015 :	Position en surface (ST09) .....	141
Photo n°016 :	Position en surface par rapport à l'îlot Kié (ST10) .....	155
Photo n°017 :	Position en surface par rapport à la côte (ST11).....	170
Photo n°018 :	Position en surface par rapport à la côte (ST12).....	186
Photo n°019 :	Evolution des colonies E, F, G depuis la mission de 2008 (piquet 0 ST01A) .....	231
Photo n°020 :	Tapis de cyanobactéries .....	237
Photo n°021 :	Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat.....	243



## 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, puis en mars-avril 2010 sur la base de ce cahier des charges, dans le cadre de la mise en place d'une base de données en vue d'une surveillance du milieu marin au démarrage de l'usine Goro Nickel.

Ce rapport présente les résultats de la campagne réalisée en septembre 2010 (du 14 au 29 septembre) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre<sup>1</sup>.

Le Mandataire est ici la SARL AQUA TERRA, représentée par Valérie VAILLET, aidé par deux partenaires majeurs : ACREM pour la partie Ichtyologique et BIOCENOSE pour la partie Benthique<sup>2</sup>.

Ce rapport est à compléter par deux autres documents :

- Un Atlas Photographique [02] : qui est composé de photographies *in situ* de la faune et de la flore benthique ainsi que des vues d'ensemble des stations. Les organismes sont inventoriés et classés par transect (profondeur et position GPS). L'identification des biocénoses et la nature des substrats rencontrés dans les couloirs de 2.5 m de part et d'autres des transect s'appuient sur les observations terrain et sur les critères taxonomiques recueillis dans la bibliographie.
- Une vidéo regroupant les films pris sur chaque transect.

<sup>1</sup> Avec le rajout d'une nouvelle station : ST12, sur l'îlot Ugo.

<sup>2</sup> Les données fournies par ces deux sociétés, le sont sous leur entière responsabilité. La SARL AQUA TERRA ne peut être tenue à une quelconque implication dans leurs résultats.





## 2 Objectif de l'étude

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

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

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes : l'habitat (le substrat), les macro-invertébrés épibenthiques (simplifié par la suite en « benthos ») et les poissons.

Pour le substrat, l'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ....

Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent également être mis en évidence.

L'échantillonnage du benthos doit permettre de montrer si des changements ont lieu sur des taxons cibles.

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

L'analyse temporelle a été faite selon les données historiques disponibles des campagnes précédentes de 2005, 2007, 2008, 2009 et 2010 (mars-avril).

Cependant, cette comparaison est limitée avec les résultats de 2005, car seulement 9 des 11 stations prédéfinies ont été échantillonnées en 2005 et les méthodologies d'échantillonnage étaient légèrement différentes, notamment en ce qui concerne le nombre et la longueur des transects (deux transects de 50 m avaient été définis par station en 2005, contre trois transects de 20 m par la suite) (cf. [tableau 158 annexe 02](#)).

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

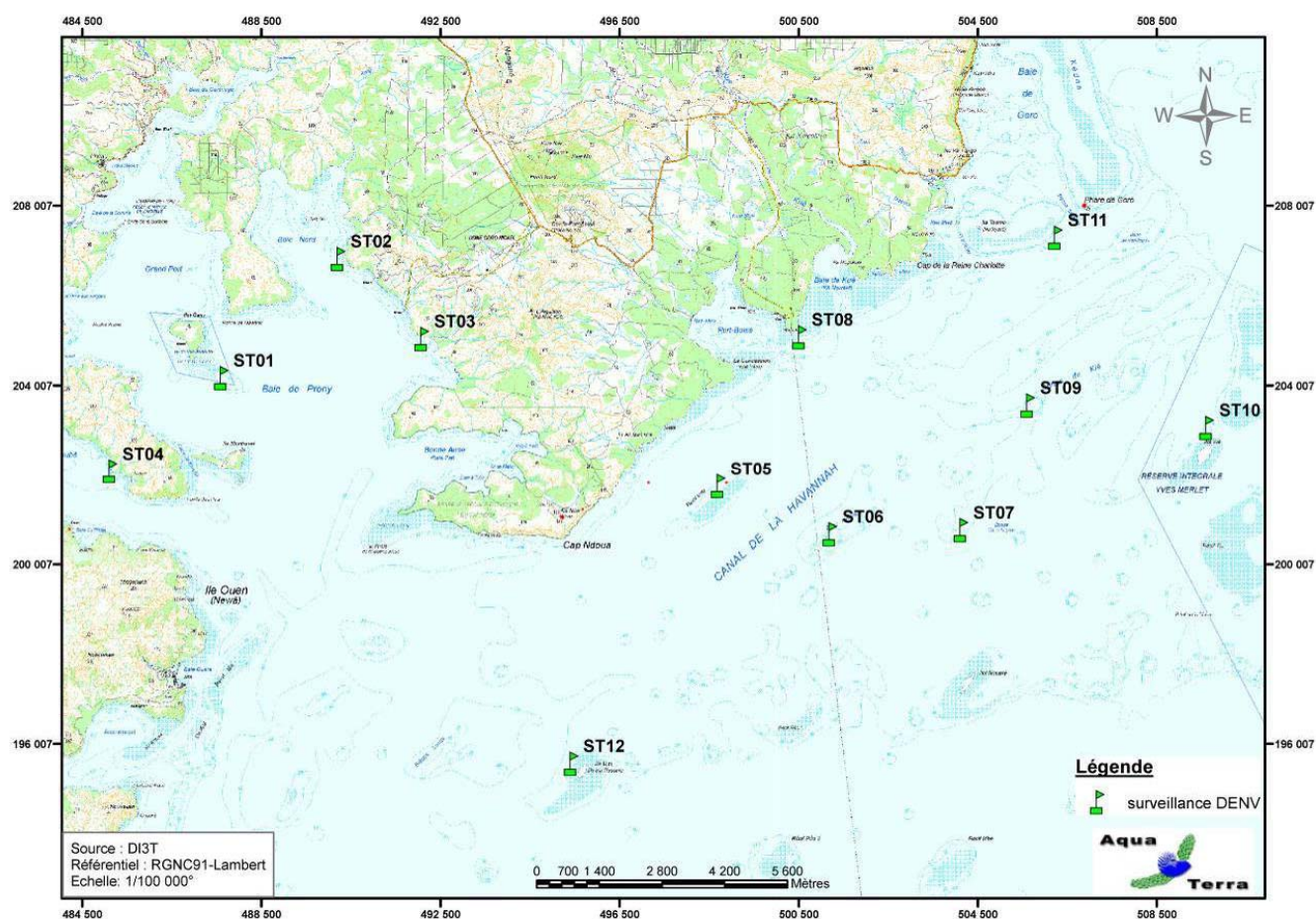
### 3.1 Zone d'étude

#### 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.

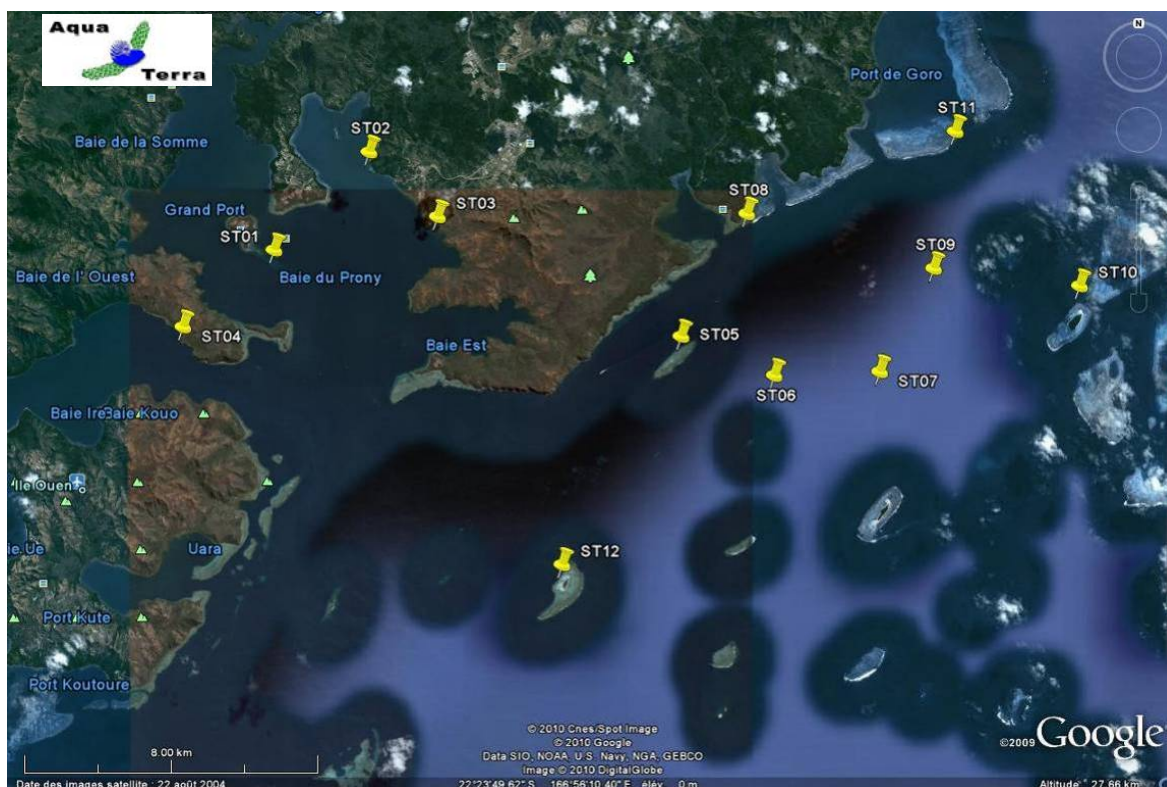
Les coordonnées de ces stations sont données dans le [tableau 01](#).

Elles avaient été fournies dans le cahier des charges et elles ont été vérifiées sur le terrain par un GPS (Garmin GPSmap 60CSx), dont la précision est métrique. Le cas échéant, elles ont été reprises et affinées et sont donc modifiées dans ce tableau (cellules grisées) par rapport à celles d'origines (du cahier des charges). Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau n°01 : *Coordonnées des stations d'échantillonnage*

STATIONS			Coordonnées (RGNC 91)	
			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 effectués lors de la présente mission.

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	10	-
02	Creek Baie Nord	2	10	12	-
03	Port	3	5	10	13
04	Woodin	3	4	11	21
05	Récif Ioro	3	5	10	20
06	Banc Ionontea	3	9	15	21
07	Basse Chambeyron	3	7	17	22
08	Récif pointe Puka	2	9	12	-
09	Bancs de Kié	3	7	17	20
10	Ilot Kié	3	10	16	21
11	Récif Toémo	3	6	11	20
12	Ugo	2	5	13	-

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

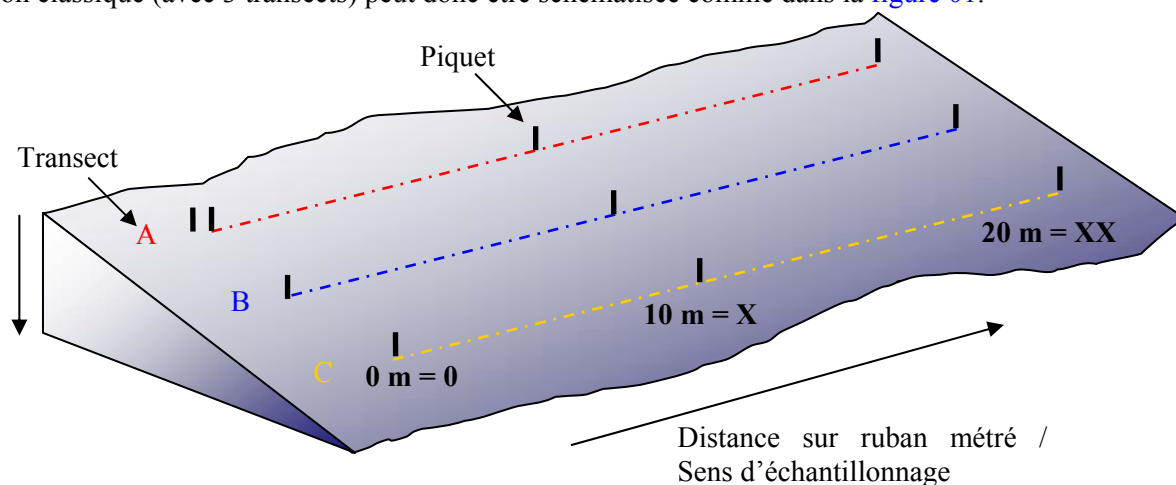


Figure n°01 : *Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long*

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.

Dans les schémas structuraux, les encadrés des photos sont de la couleur du transect : rouge pour le A, bleu pour le B et jaune pour le C.

## 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, préalablement calculées grâce aux cartes fournies par le Client, ont été rentrées dans le GPS (appareil Garmin GPSmap 60CSx), dont la précision est métrique.

Une fois rendue sur place, l'équipe a vérifié la concordance entre ces coordonnées et les profondeurs aussi prévues selon les cartes, grâce au sondeur du bateau.

Une reconnaissance en PMT (palmes / masque / tuba, de la surface) a alors été effectuée afin de repérer les piquets marquant les transects de la station.

Les plongeurs emmènent à cette occasion une bouée qu'ils attachent au 1<sup>er</sup> piquet (0 m) du 1<sup>er</sup> 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.

##### 3.2.1.2.1 Organisation « matérielle »

Le parfait état du marquage des stations étant primordial pour un suivi temporel, en 2009, les piquets absents, tombés, branlants, etc. ont été systématiquement remplacés.

Pour « planter » un piquet, les consignes importantes à respecter sont :

- choisir obligatoirement un substrat abiotique,
- enfoncés suffisamment les piquets pour que ceux-ci ne puissent plus bouger.

Pour la résistance à l'oxydation, au recouvrement par les organismes marins, ... et faciliter leur perception visuelle sous l'eau, les piquets employés pour cette campagne étaient en acier galvanisé dont les caractéristiques sont les suivantes :

- longueur : 2 mètres,
- diamètre : 12 mm,
- peinture de protection grise et bande de marquage visuel (20 cm) en haut orange fluo,
- une pointe effilée.

Pour placer à bonne distance les piquets, un ruban métré est déroulé.

##### 3.2.1.2.2 Organisation « temporelle »

L'échantillonnage du substrat étant basé sur la méthode en continu sur une ligne fixe, il est primordial pour la fiabilité du suivi de retrouver les transects placés précédemment et de les entretenir.



Cependant, cette maintenance peut influencer sur la biocénose : les mouvements des plongeurs et le bruit occasionné par les coups sur les piquets peuvent perturber la faune pélagique (attraction ou au contraire fuite).

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

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

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

### 3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat

L'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ....

Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent aussi bien être mis en évidence.

Pour cela, c'est la méthode dite « LIT » qui a été appliquée.

La méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [01] est largement utilisée par les experts locaux pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.

Cette méthode est dite à points fixes car seules les espèces et le substrat sous le transect sont notés.

Cette méthode permet d'évaluer la variabilité du substrat (suivi environnemental tous les semestres et/ou tous les ans). Cependant le LIT n'est pas représentatif de la biodiversité de la zone car les données présent en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

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

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

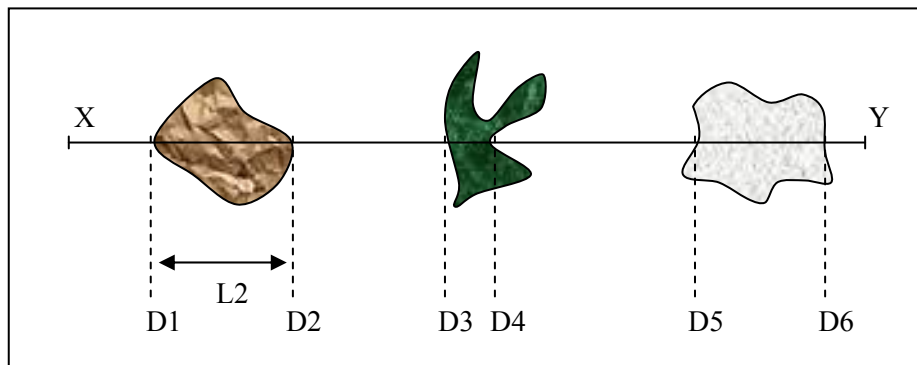


Figure n°02 : Diagramme schématisé d'un transect

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [01] pour le « Line Intercept Transect » (« life forms »), et présentées dans le [tableau 156](#) 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).

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 faunes et flores) et du substratum (description géomorphologique) car une zone importante est prospectée et étudiée (100 m<sup>2</sup> pour chaque transect soit 300 m<sup>2</sup> par station théorique).

L'échantillonnage des stations comprend les communautés biotiques (les coraux scléactiniaires, les macrophytes et les invertébrés) et le substratum.

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 (densité), à déterminer au niveau de l'espèce,
- les crinoïdes (présence / absence),
- les cliones (densité),
- les bénitiers et les trocas (densité).

 Prestations complémentaires :

Par rapport au cahier des charges, le travail a été approfondi, et l'échantillonnage a été en fait le plus exhaustif possible (tous les organismes benthiques et non que les taxons cibles), avec une détermination au niveau taxonomique le plus bas possible.

Par contre, la densité en organisme dans une zone d'étude étendue est difficile à évaluer précisément et peut conduire à de nombreuses erreurs. 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 :

- Scléactiniaires (coraux) à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Algues à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Spongiaires et ascidies à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Bénitiers, trocas à l'échelle du genre.
- Echinodermes (étoiles de mer, oursins, holothuries, crinoïdes) à l'échelle du genre.

Cette échelle d'abondance a été modifiée par rapport à l'échelle d'abondance de English et al, 1997 [01]. Elle a été élaborée afin de caractériser l'abondance spécifique ou générique des biocénoses marines. Ainsi les pourcentages de recouvrement ont été réduits pour les indices (numéroté de 1 à 5) afin de pouvoir décrire les scléactiniaires, les macrophytes et les invertébrés sur l'ensemble de l'échelle.

Tableau n°03 : *Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique*

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m <sup>2</sup> )
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

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

de recouvrement) (tableau 04).

Tableau n°04 : *Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m<sup>2</sup>)*

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

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

### 3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons

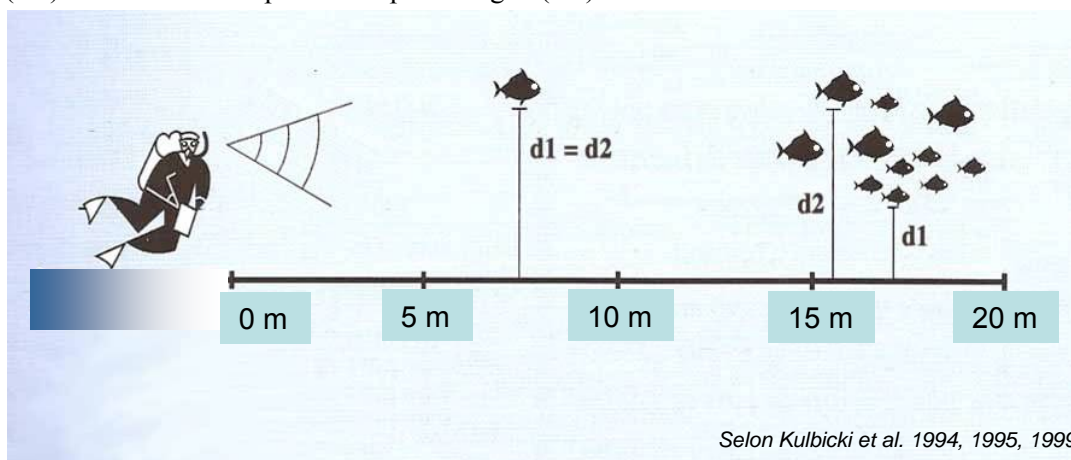
Ce protocole doit permettre d'évaluer les variations de divers paramètres liés à la structure des populations ciblées, en relation avec l'impact potentiel de l'usine et de ses activités ou toute autre cause de changements.

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).



Selon Kulbicki et al. 1994, 1995, 1999

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

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le tableau 157 de l'annexe 01.

Ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

#### 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.

La nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles sont celles utilisées par Randall J. E. [03].

##### 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 03](#)).

L'échantillonnage a donc été effectué du 14 au 29 septembre 2010.



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 : Vidéo

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





- ensolement),
- 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 03](#).

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

### 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 05](#)) ci-dessous (qui se réfère à la [figure 02](#)).

Tableau n°05 : *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 153](#) de l'[annexe 01](#)) ont été regroupées en 12 principales composantes comme montrées aussi dans ce tableau, afin de pouvoir simplifier les interprétations.

Ces composantes reprennent les groupes faunistiques (coraux scléactiniaires, autres coraux, alcyonaires, autres organismes, algues, algues sur corail mort) ainsi que le matériel composant le substrat (corail mort, débris, sable, dalle, vase, eau).

Elles sont alors exprimées en pourcentages pour chaque transect et présentées sous forme de graphiques pour permettre une comparaison visuelle rapide.

Les comparaisons insistent sur les rapports entre :

- Corail vivant / Corail mort ;
- Corail vivant / Algues + autres invertébrés ;
- Abiotique total / Biotique total, dont Coraux scléactiniaires.



### 3.4.2 Pour le benthos

La recherche de paramètres écologiques types (et représentatifs) ont été réalisés sur les taxons cibles :

- listing au niveau taxinomique demandé,
- richesse spécifique (le cas échéant),
- diversité,
- densité,
- abondance relative.

Ces résultats seront comparés entre les transects et les stations.

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 06](#).

Tableau n°06 : Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station

<b>Nouvelle espèce recensée</b>	Recrutement si la colonie est juvénile et/ou nouvelle espèce recensée dans le couloir ou la zone prospectée par rapport à la dernière mission
<b>Mortalité</b>	Espèce absente dans le couloir par rapport à la dernière mission
<b>Blanchissement</b>	Espèce influencée par le blanchissement et de couleur blanche
<b>Recolonisation zooxanthelles</b>	Colonie en cours de recolonisation par les zooxanthelles (couleur pâle) Elle présente de grandes chances de survie
<b>Echelle (1 à 5)</b>	Augmentation de l'abondance par rapport à la dernière mission
<b>Echelle (1 à 5)</b>	Diminution de l'abondance par rapport à la dernière mission
<b>Echelle (1 à 5)</b>	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 et ce jusqu'au niveau taxinomique le plus bas possible.

La restitution des données comprend donc aussi :

- la liste taxonomique des biocénoses benthiques,
- les tableaux des groupes biotiques et abondance,
- les commentaires des biocénoses par transect et station,
- un atlas photographique, illustrant les biocénoses.

### 3.4.3 Pour les poissons

Les résultats des comptages par TLV reprennent la nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles de Randall J. E. [03].

Le nom des familles est abrégé dans les différents tableaux, tel que défini dans le [tableau 07](#).

Ces résultats quantitatifs sont présentés sous deux listings :

- un premier qui représente exactement les comptages obtenus sur les TLV (sur les transects),
- un deuxième, qui présente les espèces « complémentaires » : Ce sont les espèces qui n'ont pas été vues lors de la réalisation du TLV. Soit qu'elles soient arrivées plus tard sur le transect, soit qu'elles étaient présentes mais invisibles depuis la ligne centrale du TLV ou encore qu'elles étaient sur la station mais situées en dehors des limites du TLV. Ce sont les espèces de la « station ».



Tableau n°07 : Lexique des abréviations des familles

FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS
<b>Acanthuridae</b>	<b>Aca</b>	<b>Epinephelinae</b>	<b>Epi (Serranidae)</b>	<b>Nemipteridae</b>	<b>Nem</b>
<b>Anthiidae</b>	<b>Ant (Serranidae)</b>	Fistulariidae	Fist	Ostraciidae	Ost
Apogonidae	Apo	<b>Gobiidae</b>	<b>Gob</b>	Pinguipedidae	Pin
Aulostomidae	Aul	Grammistidae	Gra (Serranidae)	<b>Pomacanthidae</b>	<b>Poc</b>
<b>Balistidae</b>	<b>Bal</b>	<b>Haemulidae</b>	<b>Hae</b>	<b>Pomacentridae</b>	<b>Pom</b>
<b>Blenniidae</b>	<b>Ble</b>	Holocentridae	Hol	<b>Pseudochromidae</b>	<b>Pse</b>
<b>Caesionidae</b>	<b>Cae</b>	<b>Kyphosidae</b>	<b>Kyp</b>	<b>Ptereleotridae</b>	<b>Pte</b>
<b>Carangidae</b>	<b>Car</b>	<b>Labridae</b>	<b>Lab</b>	<b>Scaridae</b>	<b>Sca</b>
<b>Carcharhinidae</b>	<b>Carc</b>	Latridae	Lat	<b>Scorpaenidae</b>	<b>Sco</b>
Centriscidae	Cen	<b>Lethrinidae</b>	<b>Let</b>	<b>Scombridae</b>	<b>Scom</b>
<b>Chaetodontidae</b>	<b>Cha</b>	<b>Lutjanidae</b>	<b>Lut</b>	<b>Siganidae</b>	<b>Sig</b>
Cirrhitidae	Cir	Microdesmidae	Mic	Sphyraenidae	Sph
<b>Dasyatidae</b>	<b>Das</b>	Monacanthidae	Mon	Synodontidae	Syn
Diodontidae	Dio	<b>Mullidae</b>	<b>Mul</b>	<b>Tetraodontidae</b>	<b>Tet</b>
Engraulidae	Eng	Muraenidae	Mur	<b>Zanclidae</b>	<b>Zan</b>

Les familles retenues par la DENV sont en caractères gras

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

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

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

Où :

- $L$  : longueur du transect (20 m)
- $n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$
- $w_i$  : poids de l'espèce  $i$  (g) (de l'espèce  $i$  : donc de tous les individus  $i$  de cette espèce)
- $d_i$  : distance moyenne de l'espèce  $i$  au transect (m)
- $p$  : nombre d'espèces.

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

$$w_i = a l_i^b$$

Où :

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

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [04] 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 08).



Tableau n°08 : *Exemple de calcul pour « poisson »*

Espèce	Nombre (ni)	Longueur (li) cm	Poids (wi) g	D1	D2	Surf m <sup>2</sup>	Densité (D) / m <sup>2</sup>	Biomasse (W) g/m <sup>2</sup>	a	b
<i>Pomacentrus aurifrons</i>	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 =  $d_1 * L = (1+1.5) / 2 * 20 = 25$  m<sup>2</sup>

D = densité eg. le nombre de poissons par m<sup>2</sup> =  $20 / 25 = 0.8$  individu au m<sup>2</sup>

W = biomasse =  $15.52 / 25 = 0.621$  g/m<sup>2</sup>

La biomasse et la densité ont ensuite été analysées en fonction de diverses variables (taxon-site-temps) :

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

#### 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'**équité** (Indice de Shannon relatif)<sup>3</sup>.

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

<sup>3</sup> 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.

Dans la nature la valeur de H' se situe en général entre 0.5 (très faible diversité) et 4.5 (dans le cas d'échantillons de grande taille de communautés complexes).

L'indice d'Équité 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.

La biodiversité est une donnée semi-quantitative

On définit 3 niveaux de biodiversité :

La biodiversité dite  $\alpha$  est le nombre d'espèces n présentes sur une station.

$$B_{\alpha_i} = n_i$$

La biodiversité  $\beta$  ( $B_{\beta}$ ) est la diversité des valeurs de diversités  $\alpha$  ;

La biodiversité  $\gamma$  ( $B_{\gamma}$ ) est la biodiversité totale de la zone

$$B_{\gamma} = \cup B_{\alpha_{ii}}$$





## 4 Résultats bruts par station





## 4.1 Station 01 = Casy

<b>Localisation géographique</b>	Sud du platier de l'îlot Casy, à 100 m au SE de la bouée de balisage de réserve (croix jaune, <a href="#">photographie 07</a> ).
<b>Nombre transects</b>	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.
<b>Description transects</b>	Sont installés à une cinquantaine de mètres l'un de l'autre afin d'atteindre une profondeur de 7 et 10 mètres avec une orientation sud-est / nord-ouest.
	Une colonie de <i>Lobophyllia corymbosa</i> , de 2 m de diamètre, sert de point de repérage pour le début du transect A ( <a href="#">photographie 02</a> de la <a href="#">figure 04</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 algues brunes *Sargassum spp.* et les alcyonaires du genre *Sarcophyton* sont particulièrement bien développés.

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*).

Désormais les cyanobactéries sont très rares, elles se développent en petite proportion sur les débris coralliens. Elles ne prolifèrent plus comme pour les missions du mois de juin 2009 et octobre 2008 sur les *Lobophora variegata* (algue brune) et autour de la grande colonie de *Lobophyllia corymbosa*.

La richesse spécifique et le recouvrement corallien sont relativement faibles, les colonies coralliennes juvéniles observées au mois d'avril 2010 continuent à croître (cf. [atlas photographique](#)). La taille des colonies coralliennes scléactiniaires reste de taille décimétrique (*Pocillopora damicornis*, *Barabattoia amicornum*, *Galaxea fascicularis*, *Acanthastrea echinata*, *Goniastrea cf. pectinata*).

Par ailleurs, de nombreuses colonies coralliennes juvéniles s'édifient sur les massifs et même sur les piquets des transects ([photographies 01 & 07](#) de la [figure 04](#) et cf. § 7.1) (*Pocillopora damicornis*, *Barabattoia amicornum*, *Galaxea fascicularis*, *Acanthastrea echinata*, *Millepora sp.*).

### Caractéristiques principales

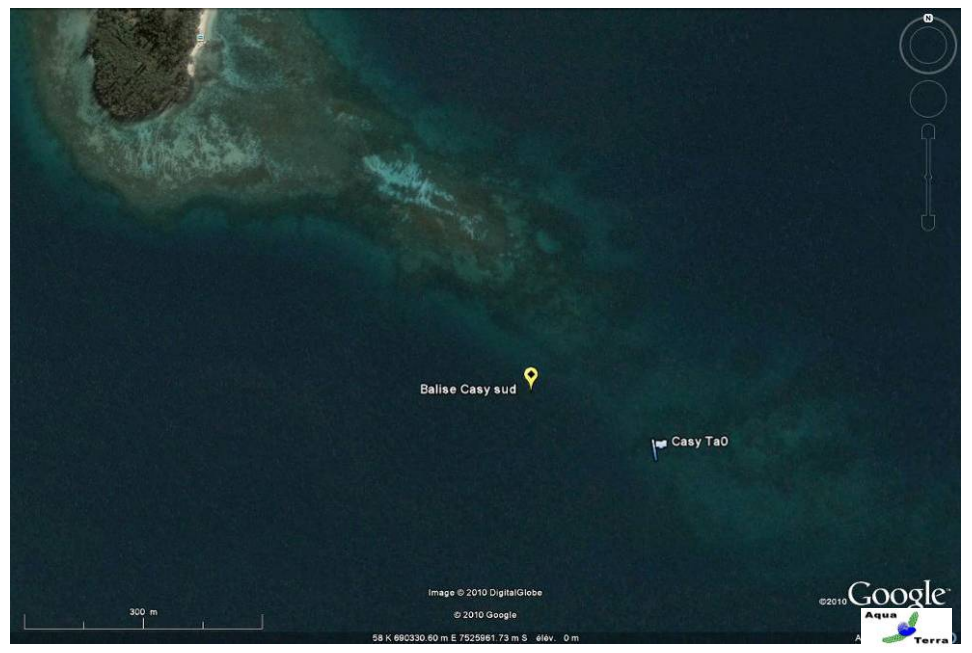
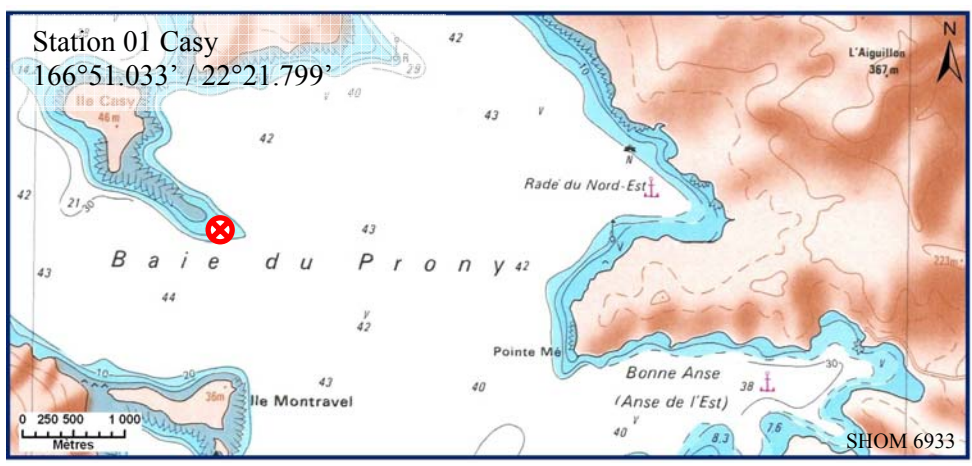
- ↪ Recouvrement corallien faible.
- ↪ Les colonies de *Pocillopora damicornis* colonisent les piquets du transect A.
- ↪ Les colonies coralliennes sont de petites tailles (faible croissance).
- ↪ Hypersédimentation (la faune et flore sont adaptées à cette contrainte).
- ↪ Recouvrement des alcyonaires et macrophytes très important (algues brunes).
- ↪ Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux.
- ↪ Richesse spécifique importante des macrophytes et des alcyonaires.
- ↪ Abondance des algues brunes *Sargassum spp.* et *Lobophora cf. variegata*.



### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ **Pas d'évolution majeur des biocénoses benthiques.**
- ↪ Recouvrement de cyanobactéries très faible.
- ↪ Apparition saisonnière de *Triclogloea requienii*.
- ↪ Richesse spécifique des coraux en légère augmentation.
- ↪ Richesse spécifique des invertébrés en légère augmentation.
- ↪ **Blanchissement corallien absent.**
- ↪ Les colonies de *Pocillopora damicornis* ont une croissance moyenne estimée à 3 cm/6 mois.





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

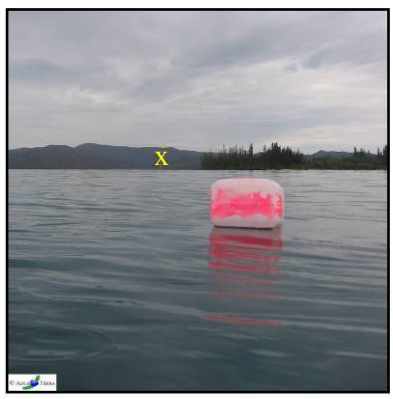


Photo n°07 : Position en surface par rapport à la balise (ST01)



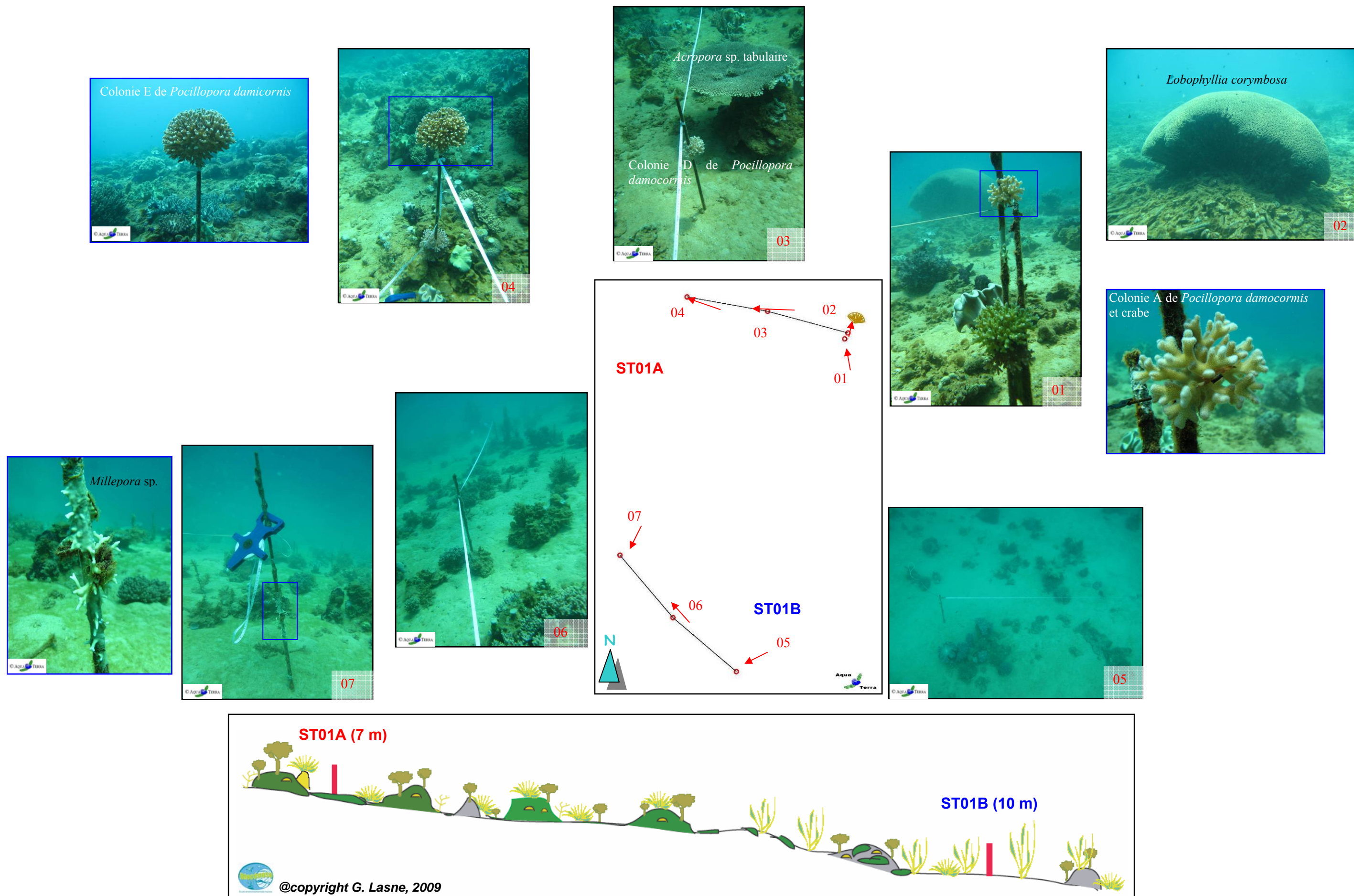


Figure n°04 : Schéma structural, plan et photographies de la ST01

### 4.1.1 Le substrat (ST01)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 05](#) pour le transect A et dans la [figure 06](#) pour le transect B.

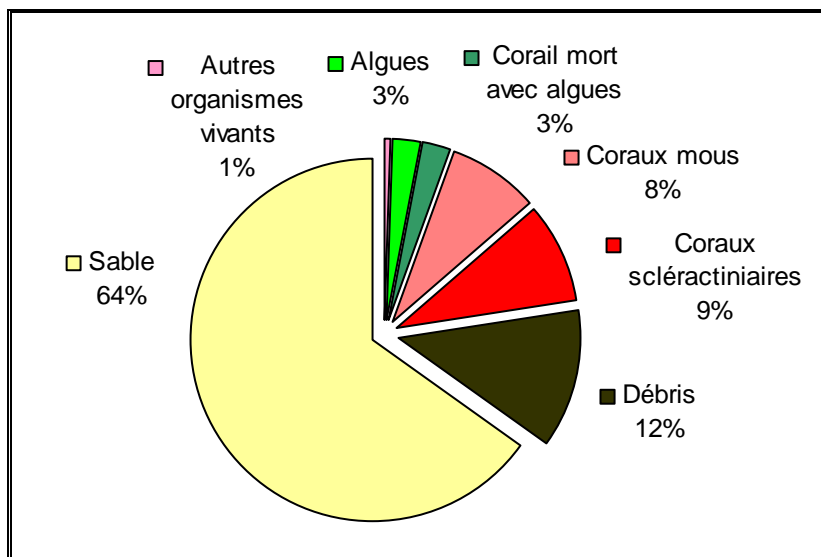


Figure n°05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

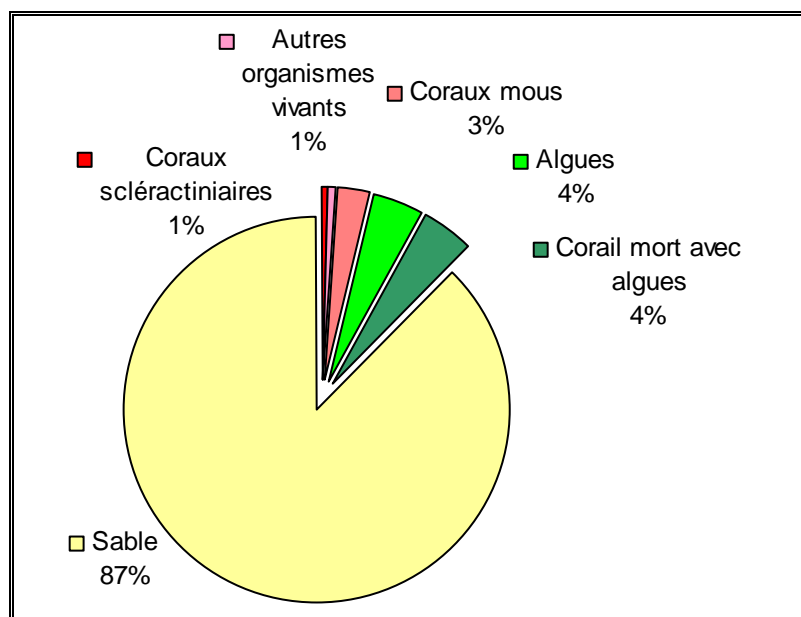


Figure n°06 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 65% et de 87.5% de recouvrement pour les 2 transects. Cela entraîne évidemment que le substrat est majoritairement abiotique sur cette station : à 77.5% (contre 22.55% de biotique) au transect A et 87.5% (contre 12.5% de biotique) au transect B.

La partie biotique est constituée sur cette station essentiellement par des alcyonaires et des algues. A noter : 0.5% de cyanobactéries sur le transect B.

Les coraux scléactiniaires sont faiblement représentés (9% et 0.5% respectivement sur chaque transect).

Le recouvrement est stable par rapport à la mission de mars-avril 2010.



## 4.1.2 Le benthos (ST01)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

#### 4.1.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST01A)

La richesse spécifique a augmenté par rapport à l'année dernière (54/43 espèces) et les colonies sont généralement de petite taille (*Pocillopora damicornis*, *Barabattoia amicornum*, *Galaxea fascicularis*, *Acanthastrea echinata*, *Lobophyllia pachysepta*, *Cyphastrea japonica*).

Dans ce périmètre, le genre *Polyphyllia* présente deux espèces (*Polyphyllia talpina* et *P. novaehiberniae*). D'autre part, six colonies de *Pocillopora damicornis* s'édifient sur les piquets n°1, 2 et 3 du transect ST01A. La croissance moyenne des colonies est estimée à 3 cm/6 mois soit 6 cm par an. La croissance de ces colonies a augmenté car elle était de 4.2 cm par an pour la dernière mesure du mois d'avril 2010.

Une grande colonie de *Lobophyllia corymbosa* (2 m de diamètre) s'édifie à proximité du transect et se fragmente tellement sa croissance est importante (phénomène normal pour une colonie de cette espèce). A noter : la présence de colonies massives (*Stylocoeniella armata*, *Barabattoia amicornum*), de colonies foliacées (*Turbinaria stellulata*, *T. mesenterina*, *Merulina ampliata* et *M. scabricula*) et de *Tubipora musica*.

Tableau n°09 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST01A)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	11	3
Agaraciidae	1	2
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	2
Faviidae	16	3
Fungiidae	4	3
Merulinidae	2	2
Mussidae	4	4
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	1	1
Pocilloporidae	3	4
Poritidae	3	2
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>52</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	1
Tubiporidae	1	3
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>54</b>	/

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 54 espèces coralliennes. Les familles scléactiniales (52 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (16 taxons), les Acroporidae (11 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Dendrophyllidae (3 taxons) et les Pocilloporidae (3 taxons).

#### 4.1.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01A)

Le recouvrement par les macrophytes et les alcyonaires est très important dans cette station et dans une moindre mesure par les spongiaires.

Les algues brunes du genre *Lobophora*, sont omniprésentes et envahissent l'ensemble des massifs, débris coralliens et le sable. Le recouvrement des algues brunes *Distromium*, *Padina* et *Dictyota* est faible. Les algues vertes (*Halimeda*) sont peu abondantes et elles sont toujours réparties par petits bouquets sur les massifs coralliens. On observe une cyclicité dans la présence et absence des algues et particulièrement pour les genres *Triclogloea* (présent) et *Spatoglossum* et *Neomeris* (absence) durant cette mission.

Tableau n°010 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST01A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	9	5
Algue brune	5	5
Algue rouge	1	2
Algue verte	1	2
Cyanobactérie	1	1
Anémone	0	0
Ascidies	1	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	2	2
Crinoïde	1	2
Echinides	1	1
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	3	1
Spongiaire	3	4
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>/</b>

Les alcyonaires (*Sarcophyton*, *Lobophytum* et *Sinularia*) sont nombreux et de grande taille. Ils colonisent aussi bien les massifs et les débris coralliens que le substrat sableux. Ces alcyonaires sont remarquablement bien développés et atteignent parfois plus d'un mètre de diamètre.

De plus, les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont bien développés et encroûtent sur les massifs coralliens. *Sphaciospongia vagabunda* colonise le substratum sableux.

A ceux-ci s'ajoutent quelques ascidies (*Polycarpa cryptocarpa*) et les holothuries sont représentées par deux espèces (*Holothuria edulis* et *H. fuscopunctata*). Les astéries (étoile de mer) (*Fromia monilis* et *Nardoa gomphia* qui est à nouveau présente) sont mobiles et évoluent sur le substrat meuble et les débris coralliens.

#### 4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

##### 4.1.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST01B)

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 43 espèces coralliennes (contre 36 en avril 2010) dont une espèce de *Tubipora musica* et une espèce d'Antipathaire. Les familles scléactiniaires (41 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Acroporidae (5 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons) et les Poritidae (3 taxons).

La richesse spécifique corallienne de ce niveau bathymétrique est l'une des plus faibles des stations de la baie de Prony (43 espèces de coraux). Pourtant 5 nouvelles espèces ont été observées sur ce récif (*Lobophyllia pachysepta*, *Montastrea curta*, *Goniastrea australiensis*, *Caulastrea curvata* et *Montipora* sp.).

Tableau n°011 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST01B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	5	2
Agaraciidae	2	1
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	1
Faviidae	12	3
Fungiidae	5	2
Merulinidae	1	1
Mussidae	3	2
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	1	1
Pocilloporidae	3	2
Poritidae	3	2
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>41</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
<b>Total coraux</b>	<b>43</b>	<b>/</b>

Les coraux privilégient la colonisation des substrats durs. Ces derniers ne représentent pas un recouvrement important et sont en compétition avec de grands alcyonaires (*Sarcophyton* et *Sinularia*), les algues brunes (*Lobophora variegata* et *Sargassum*) et les éponges encroûtantes. **Les coraux ont donc du mal à trouver un substrat pour se fixer (compétition spatiale).**

On peut noter des espèces de petite taille et résistantes de forme encroûtante (*Porites lichen*, *Leptastrea purpurea*, *Favia* spp., *Favites* spp.), de forme massive (*Barrabattoia amicorum*, *Goniopora* sp., *Oulophyllia crisa*, *Acanthastrea echinata*), de forme sub massive (*Cyphastrea japonica*), de forme foliaire (*Merulina ampliata*, *Turbinaria mesenterina*) et de forme libre (*Cycloseris*, *Fungia* spp.).

#### 4.1.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01B)

La richesse spécifique des macrophytes et des alcyonaires de ce niveau bathymétrique est l'une des plus fortes de toutes les stations de la baie de Prony.

La zone est caractérisée par la présence de nombreuses espèces d'alcyonaires (5 espèces parmi les *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Lobophytum*, *Klyxum*). Ces espèces de taille importante colonisent de préférence les substrats durs. Par contre, les petites colonies du genre *Dendronephthya* étaient absentes lors de cette mission.

D'autre part, les algues brunes (5 espèces) sont particulièrement bien diversifiées.

Surtout les *Sargassum* spp. qui s'accrochent sur les petits massifs coralliens et sur les débris enfouis dans le sable. Comme pour la mission de mars-avril 2010, les thalles des *Sargassum* n'étaient pas aussi abondants et longs que d'habitude. Cela est normal, car, selon leur cycle saisonnier, le pied se détache pour ensuite partir à la dérive et ainsi coloniser d'autre milieu. Les sargasses sont les algues qui sont le plus vouées à dériver par rupture du thalle cartilagineux qui est fragile. Elles constituent alors de grands radeaux algaux dérivant aux grés des courants marins.

Les algues *Lobophora variegata* sont bien développées et étouffent les massifs coralliens. Les autres genres sont dissiminés à travers les colonies et les débris coralliens (*Padina*, *Dictyota*, *Distromium*) ; *Turbinaria ornata* est absente. Les cyanobactéries sont présentes en très faible proportion pour ce niveau bathymétrique.

Tableau n°012 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST01B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	5
Algue brune	6	5
Algue rouge	1	2
Algue verte	1	2
Cyanobactérie	1	1
Anémone	0	0
Ascidies	1	4
Bryzoaire	0	0
Astérie	1	1
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	3	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	2	2
Spongiaire	3	3
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>/</b>

Les spongiaires sont bien développées (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) et encroûtées sur les massifs coralliens tandis que *Sphaciospongia vagabunda* colonisent les débris posés sur le substratum sableux. Quelques holothuries sillonnent le substrat sableux et les débris coralliens (*Holothuria edulis*, *H. nobilis* et *H. fuscopunctata*) ainsi qu'une astérie (étoile de mer) (*Nardoa gomophia*) ; *Celerina heffernani* n'a pas été recensée pour cette mission.

### 4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste des espèces observées<sup>4</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 13](#).

Tableau n°013 : Données sur les poissons (ST01)

Ilot Casy ST01		Transect			Transect			Station		
Fam	Espèces	A			B			Total	Moyenne	
		Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	1	0,03	2,89				1	0,0	1,4
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	3	0,09	0,36				3	0,0	0,2
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	1	0,03	0,03				1	0,0	0,0
Gob	<i>Amblygobius phaleana</i>				1	0,03	0,09	1	0,0	0,0
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	1	0,03	0,31				1	0,0	0,2
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	2	0,06	0,07	1	0,03	0,03	3	0,1	0,1
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	2	0,06	0,01				2	0,0	0,0
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	3	0,09	0,03				3	0,0	0,0
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	3	0,09	0,07				3	0,0	0,0
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	2	0,06	0,03				2	0,0	0,0
Sca	<i>Scarus frenatus</i>	1	0,03	0,66				1	0,0	0,3
<b>Total</b>		19	0,59	4,47	2	0,06	0,13	21	0,33	2,30
<b>Biodiv.</b>		10			2			11		
Ind. Shannon =		3,296								
Equitabilité =		0,953								

Sur l'ensemble des transects de la station, 21 individus appartenant à 11 espèces différentes ([figure 07](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.33 poisson/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 2.30 g/m<sup>2</sup>.

44 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 14](#)).

Tableau n°014 : Liste des espèces complémentaires (ST01)

Ilot Casy ST01					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Nem	<i>Scolopsis lineatus</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chromis chrysur</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>	Mic	<i>Gunnellichthys monostigma</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>

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



Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Gob	<i>Amblyeleotris rubrimarginata</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Gob	<i>Valenciennea puellaris</i>	Mul	<i>Upeneus tragula</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 15](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 07](#).

Tableau n°015 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST01)*

Familles	Ilot Casy ST01				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	2	1	1		<b>1</b>
Anthiinae					<b>1</b>
Balistidae					
Blenniidae				1	
Caesionidae					
Canthigasteridae	1				<b>1</b>
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	1			1	
Dasyatidae					
Epinephelinae	2	1		1	
Gobiidae	1	1	1	1	<b>1</b>
Haemulidae					
Labridae	1	2	2	2	<b>2</b>
Lethrinidae					
Lutjanidae					
Mullidae	1		1	1	
Nemipteridae		1	1	1	
Pomacanthidae	1	1			
Pomacentridae	4	2	5	4	<b>4</b>
Ptereleotridae					
Scaridae	2			1	<b>1</b>
Scombridae					
Siganidae					
Zanclidae					
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>11</b>



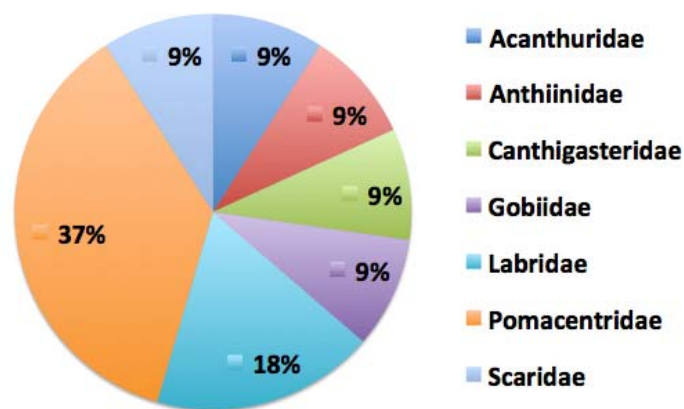


Figure n°07 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST01)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 16](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°016 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST01)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
29.29	48	65.17

Le récapitulatif des résultats en terme de :

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

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le [tableau 17](#) et la [figure 08](#).

Tableau n°017 : Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST01)

Ilot Casy ST01		Liste restreinte				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	19	0,59	4,47	10		
	Transect B	2	0,06	0,13	2		
	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

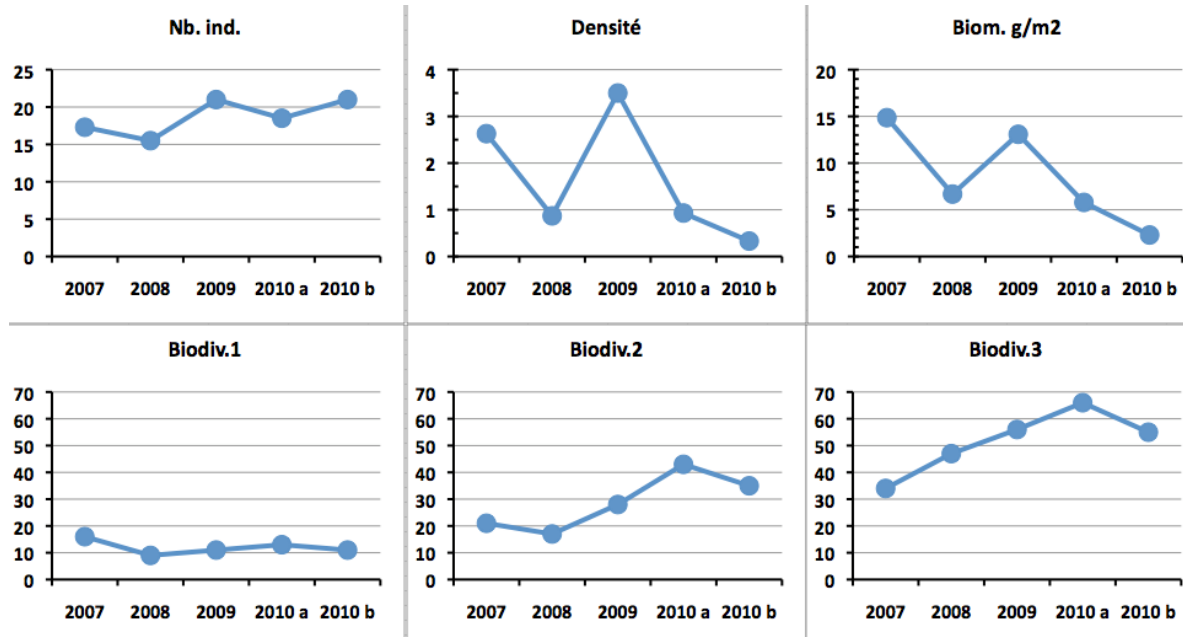


Figure n°08 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)



## 4.2 Station 02 = Creek baie nord

<b>Localisation géographique</b>	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 ( <a href="#">photographie 08</a> ).
<b>Nombre transects</b>	2 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été installés à 10 et 12 mètres de profondeur, avec une orientation du sud vers le nord.

### Description générale

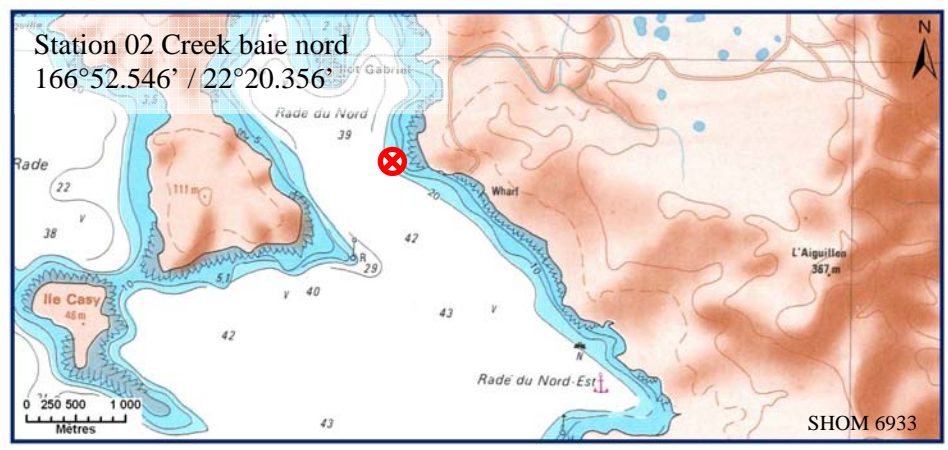
Cette station est originale par l'importance de la richesse spécifique corallienne, la rareté des espèces coralliennes qui lui sont inféodées et par une multitude d'alcyonaires recouvrant le substratum. Les espèces benthiques vivant dans ce biotope sont adaptées aux conditions de turbidité soutenues 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

- ↪ Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens.
- ↪ Les colonies coralliennes juvéniles observées en juin 2009 sont en pleine croissance et de nouvelles apparaissent.
- ↪ Recouvrement alcyonaire important (Sarcophyton).
- ↪ Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony).
- ↪ Hyper sédimentation : les petites colonies corallienne ont tendance à s'envaser (*Galaxea fascicularis* et *Porites lobata*).
- ↪ 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 sécrétions de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation.
- ↪ Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues brunes et les coraux.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ **Peu d'évolution des biocénoses benthiques.**
- ↪ Légère augmentation de la richesse spécifique des coraux.
- ↪ Pas de blanchissement. Les quelques colonies blanchies du transect A d'*Acropora*, d'*Anacropora* sp., lors de la mission précédente, ont réintégré leurs zooxanthelles.
- ↪ Légère augmentation du recouvrement en *Cliona jullienei* du transect A.



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



Photo n°08 : Position en surface par rapport à la côte (ST02)

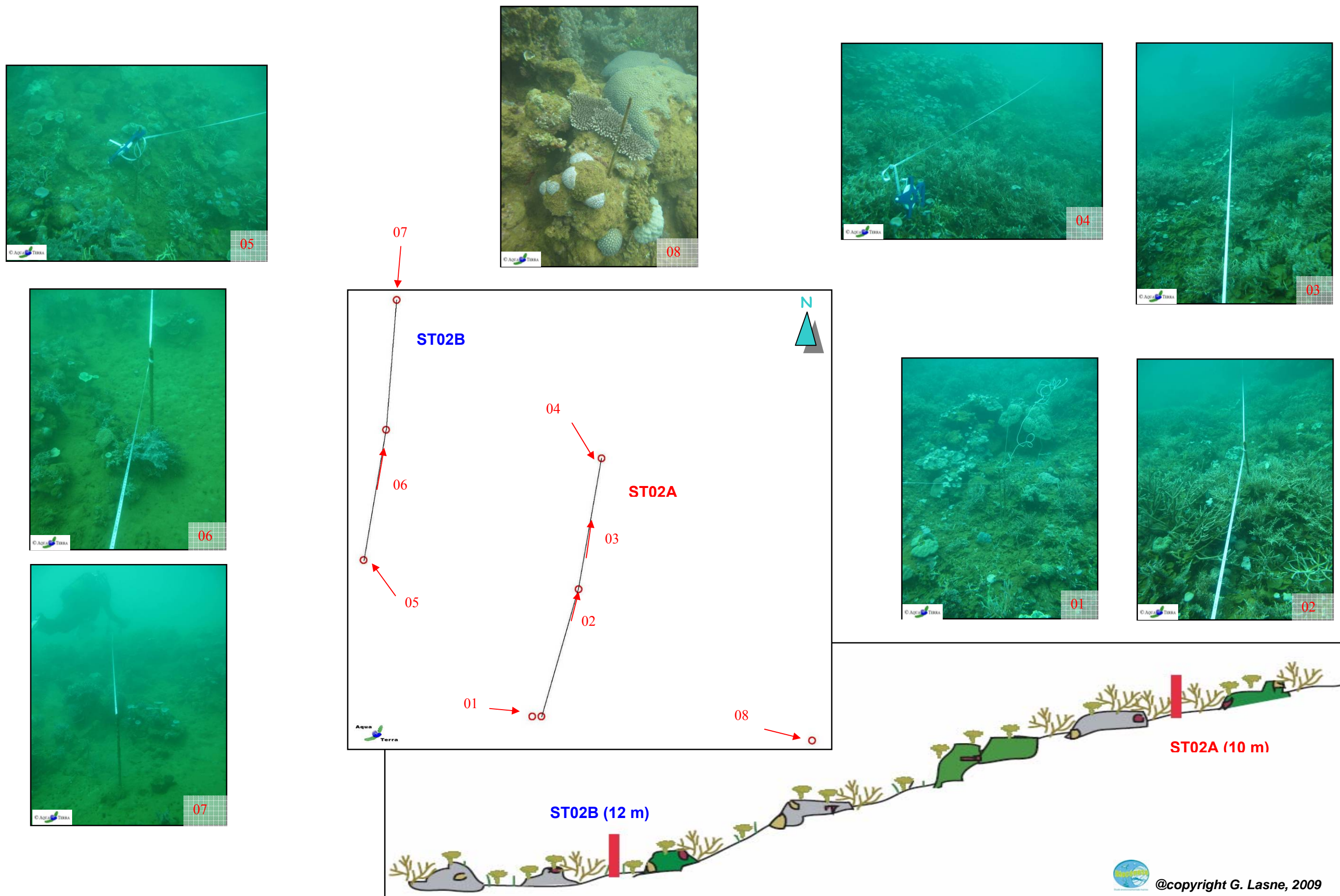


Figure n°09 : Schéma structural, plan et photographies de la ST02

### 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.

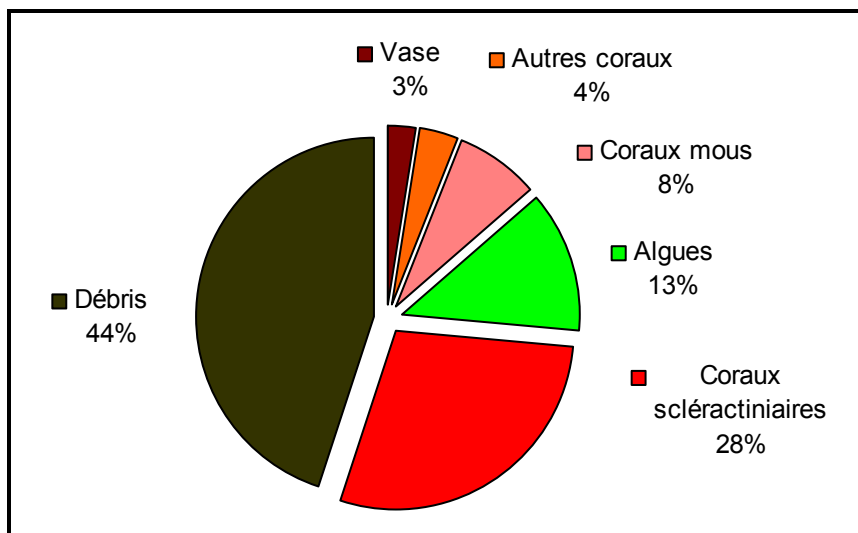


Figure n°010 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

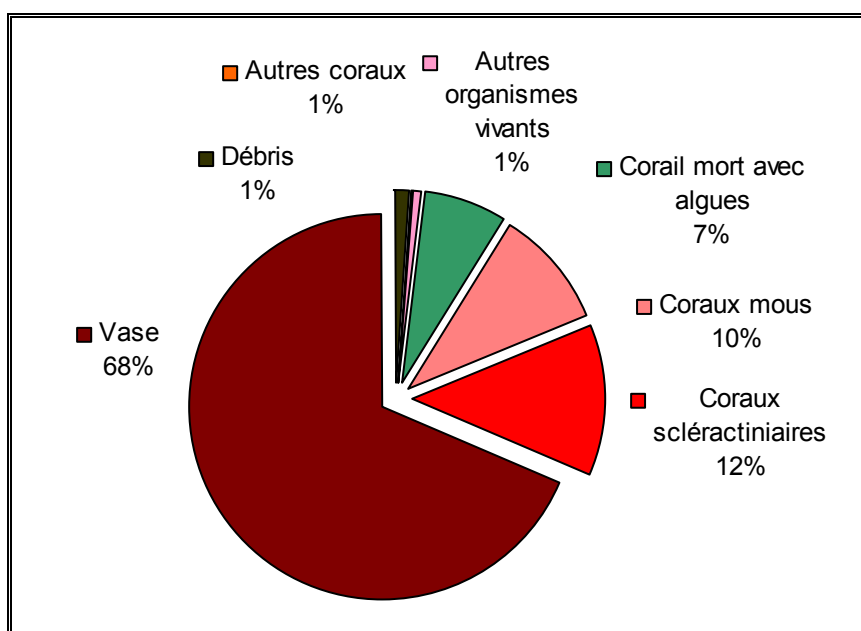


Figure n°011 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat moyennement biotique (52.5%), qui est composé d'algues (13%) et de coraux scléactiniaires (28.5%).

Au contraire, sur le transect B, le substrat est majoritairement abiotique (69.5%) et vaseux. La partie biotique est constituée essentiellement pas des alcyonaires et des coraux scléactiniaires (respectivement 10% et 12.5%).

Le recouvrement est stable par rapport à la mission de mars-avril 2010.



## 4.2.2 Le benthos (ST02)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

#### 4.2.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST02A)

Les espèces inféodées à ce milieu sont adaptées aux conditions turbides (faible pénétration de la lumière dans l'eau) grâce à une croissance rapide et/ou grands polypes pour se dégager de la sédimentation.

Les genres *Acropora*, *Anacropora* (Acroporidae : 20 espèces) et l'espèce *Hydnophora rigida* sont caractérisés par une croissance rapide (pointes blanches signifiant une croissance rapide car les zooxanthelles n'ont pas encore colonisées leurs extrémités). Ces espèces forment de grands massifs branchus et occupent des surfaces importantes. On peut noter la présence de *Anacropora puertogalerae* et de *Acropora grandis*.

La famille des Dendrophyllidae est particulièrement bien représentée (6 taxas : *Turbinaria frondens*, *T. heronensis*, *T. mesenterina*, *T. patula*, *T. reniformis*, *T. stellulata*). Ces espèces n'ont pas besoin de beaucoup de lumière pour se développer et elles adoptent généralement des formes foliacées qui leur permettent de ne pas s'envaser.

Tableau n°018 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	20	5
Agaraciidae	8	3
Astrocoeniidae	1	3
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	12	3
Fungiidae	9	3
Merulinidae	5	3
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	2	2
Pocilloporidae	2	1
Poritidae	7	3
Siderastreidae	2	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>81</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	3	5
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
<b>Total coraux</b>	<b>85</b>	/

D'autres espèces sélectionnées ont de grands polypes qui leur permettent de se dégager des particules sédimentaires (*Alveopora* spp., *A. catalai*, *A. spongiosa* et *Goniopora* spp.). Les *Porites* sécrètent du mucus afin de lutter contre la sédimentation. Les Fungiidae sont mobiles et par ce fait ne sont que très rarement

envahis par les sédiments. Les coraux massifs ou encroûtants colonisent généralement les parties verticales des récifs ou des blocs coralliens pour que la sédimentation ne soit pas un obstacle à leur édification.

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 85 espèces coralliennes dont deux espèces de *Millepora* branchu, une espèce de *Millepora* encroûtant et une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (81 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (20 taxons), les Faviidae (12 taxons), les Fungiidae (9 taxons), les Agariciidae (8 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Dendrophyllidae (6 taxons), les Merulinidae (5 taxons) et les Mussidae (5 taxons).

#### 4.2.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02A)

Le recouvrement par les macrophytes et les invertébrés est important dans cette station.

Les algues brunes du genre *Lobophora variegata* envahissent l'ensemble des massifs et des débris coralliens. Les algues vertes *Halimeda sp.* sont toujours variées (3 spp.). Elles se développent en petits bouquets à travers les coraux branchus et sur les massifs. Les genres *Padina* et *Neomeris* sont encore absents pour cette mission (cycle saisonnier).

De nombreux alcyonaires dont les plus nombreux sont *Sarcophyton* et *Sinularia* peuvent atteindre de grande taille (50 cm de hauteur). Le recrutement en *Sarcophyton* est très important et des spécimens de petite taille se répartissent abondamment et recouvrent en masse les roches et les débris coralliens. Les autres espèces d'alcyonaires ont un recouvrement moindre (*Lobophytum* et *Cladiella*). Le genre *Nephtea* n'a pas été recensé lors de cette mission.

Tableau n°019 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST02A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	8	5
Algue brune	1	5
Algue rouge	1	3
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	0	0
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	0	0
Echinides	0	0
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	3	2
Spongiaire	3	3
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	/

Les spongiaires *Cliona orientalis* et *Sphaciospongia vagabunda* ne présentent pas d'évolution. Par contre, l'espèce *Cliona jullienei* a quelque peu augmenté son recouvrement depuis la dernière mission. Faible diminution d'abondance pour l'espèce *Holothuria flovomaculata* qui sillonne les débris coralliens déposés sur la vase fine.



## 4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

### 4.2.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST02B)

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 69 espèces coralliennes dont trois espèces de *Millepora*. La richesse spécifique des scléractiniaires est l'une des plus importantes de la baie de Prony pour ce niveau bathymétrique (66 espèces) réparties préférentiellement dans les familles des Acroporidae (14 espèces), Faviidae (12 espèces), Agaraciidae (5 espèces), Mussidae (5 espèces), Pectiniidae (5 espèces), les Merulinidae (5 espèces) et les Siderastreidae (4 espèces).

Comme pour le niveau supérieur, les espèces inféodées à ce milieu sont adaptées aux conditions turbides (faible pénétration de la lumière dans l'eau) par une croissance rapide et/ou grands polypes pour se dégager de la sédimentation. Cependant, le transect est positionné en bas de pente sédimentaire et le taux de sédimentation est plus important que pour le niveau supérieur. Le recouvrement corallien est plus faible et les colonies sont majoritairement de plus petite taille. Cependant une grande colonie de *Coscinaraea columnae* de 3 m de diamètre s'épanouie dans cet environnement chargé de particules terrigènes.

Les coraux branchus sont dominants mais ne forment pas d'aussi larges massifs que pour le transect A. Une rare colonie de taille métrique d'*Acropora grandis* en début de transect montre des signes de mortalité, seules les parties sommitales des branches étant vivantes.

Tableau n°020 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02B)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléractiniaire</b>		
Acroporidae	14	5
Agaraciidae	5	3
Astrocoeniidae	2	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	3
Faviidae	12	4
Fungiidae	3	3
Merulinidae	5	4
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	4
Pectiniidae	5	2
Pocilloporidae	3	2
Poritidae	3	2
Siderastreidae	4	2
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>66</b>	
<b>Non Scléractiniaire</b>		
Milleporidae	3	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>69</b>	/

A noter, la présence d'espèces caractéristiques des milieux turbides : *Blastomussa merleti*, *Anacropora* sp., *Hydnophora rigida*, *Lithophyllum edwardsi*, *Cyphastrea japonica*, *Porites cylindrica*, *Pavona cactus*, *Turbinaria mesenterina*, *T. stellulata*, *Stylocoeniella armata* et *S. guentheri*.

Les espèces *Mycedium elephantotus*, *Leptoseris foliosa*, *L. mycetoseroides* et *L. yabei* sont logées dans des cavités ou bien des surplombs pour être protégées de la sédimentation.

#### 4.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02B)

Les macrophytes et des invertébrés sont également bien adaptés à la forte sédimentation. Leur recouvrement est important et ils colonisent tous les types de substrat.

Les algues brunes *Lobophora variegata* abondent sur tous les substrats durs et les algues vertes du genre *Halimeda* sont dispersées par thalles sur la roche et l'espèce *H. gigas* croit directement dans la vase (macrophyte à bulbe). A noter que les genres *Padina*, *Dictyosphaeria* n'ont pas été recensées lors de cet inventaire.

Comme pour le niveau supérieur, le recrutement en *Sarcophyton* est très important, les spécimens de petite taille se répartissant abondamment et recouvrant en masse les roches et les débris coralliens.

Les échinodermes ne sont pas très diversifiés, aucune astérie ni crinoïde n'a été inventoriée, seules les holothuries de l'espèce *Holothuria flovomaculata* sillonnent les substrats vaseux et les débris coralliens. Les holothuries ont une richesse spécifique et une abondance moindre depuis la dernière mission : *Holothuria edulis* et *Stichopus variegatus* n'ont pas été recensées.

Les zoanthaires sont généralement disséminés à travers les algues ou bien dans des petites cavités de la dalle. A noter la présence rare de l'ascidie *Clavelina detorta* et d'un mollusque d'une quarantaine de centimètre (*Tridacna derasa*).

Tableau n°021 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST02B)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	9	5
Algue brune	1	5
Algue rouge	1	3
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	1	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	0	0
Echinides	0	0
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	3	2
Spongiaire	3	3
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	/

### 4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste des espèces observées<sup>5</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 22](#).

Tableau n°022 : *Données sur les poissons (ST02)*

Creek baie nord ST02		Transect			Transect			Station		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Total	Moyenne	
								Nb	Dens	Biom
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	1	0,03	0,00				1	0,03	0,00
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	1	0,03	0,31				1	0,03	0,32
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,03	0,32				1	0,03	0,32
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	2	0,06	0,20	1	0,03	0,16	3	0,09	0,37
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	5	0,16	1,01	6	0,19	0,69	11	0,34	1,70
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	3	0,09	0,02	2	0,06	0,01	5	0,16	0,03
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	10	0,31	0,07	10	0,31	0,07	20	0,63	0,14
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	1	0,03	0,66	1	0,03	0,34	3	0,10	1,35
<b>Total</b>		24	0,75	2,60	20	0,63	1,28	45	1,41	4,23
<b>Biodiv.</b>		8			5			8		
Ind. Shannon =		2,256								
Equitabilité =		0,752								

Sur l'ensemble des transects de la station, 45 individus appartenant à 8 espèces différentes ([figure 12](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.41 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 4.23 g/m<sup>2</sup>.

45 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 23](#)).

Tableau n°023 : *Liste des espèces complémentaires (ST02)*

Creek baie nord ST02					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Kyp	<i>Kyphosius sydneyanus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus nemurus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus taeniurus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>

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



Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 24](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 12](#).

Tableau n°024 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST02)*

Familles	Creek baie nord ST02				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	1	2			
Anthiinae					
Balistidae					
Blenniidae			1		<b>1</b>
Caesionidae					
Canthigasteridae					
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	1	2	1	2	<b>2</b>
Dasyatidae					
Epinephelinae	1	2	2	1	<b>1</b>
Gobiidae					
Haemulidae		1			
Labridae	1	1	1	2	
Lethrinidae					
Lutjanidae					
Mullidae					
Nemipteridae		1	1	1	
Pomacanthidae					
Pomacentridae	1	3	3	3	<b>3</b>
Ptereleotridae					
Scaridae	1			1	<b>1</b>
Scombridae					
Siganidae					
Zanclidae					
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

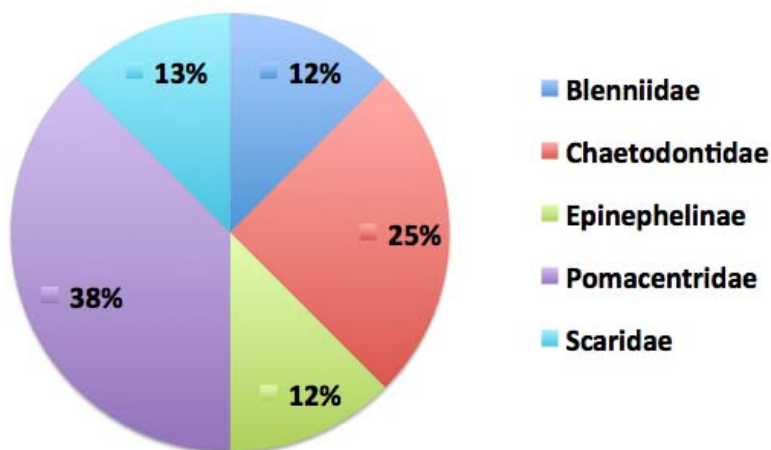


Figure n°012 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST02)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 25](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°025 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST02)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
18.37	32	46.19

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 26](#) et la [figure 13](#).

Tableau n°026 : Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST02)

Creek baie nord ST02		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	24	0,75	2,6	8		
	Transect B	20	0,63	1,28	5		
	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

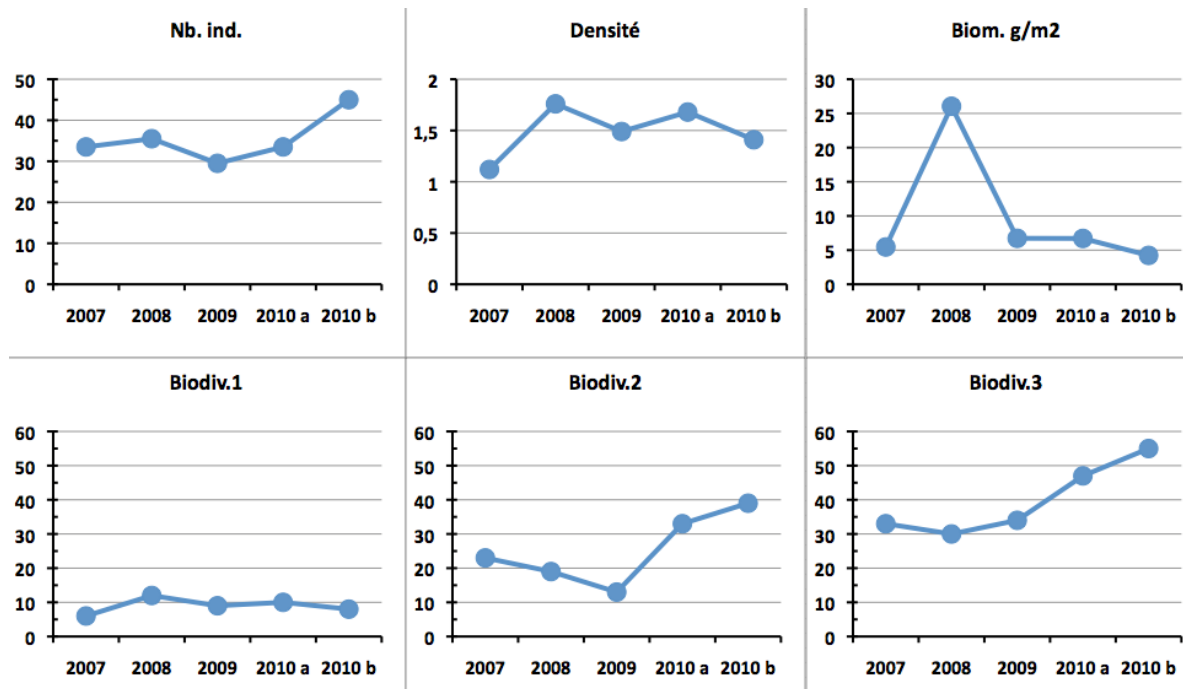


Figure n°013 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST02)



### 4.3 Station 03 = Port

<b>Localisation géographique</b>	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 <a href="#">carte 05<sup>6</sup></a> ) débouche sur la côte, légèrement à l'est.
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	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 C est situé en bas de pente.

#### 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 sur laquelle se développe 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 colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur et 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.

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*, une étoile mangeuse de corail).

#### Caractéristiques principales

- ↪ Recrutement corallien important (colonies juveniles nombreuses).
- ↪ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide.
- ↪ Présence en grand nombre de *Alveopora* spp., *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et *Acropora* à mi pente.
- ↪ Mortalité corallienne due à l'envasement et nombreux débris.

<sup>6</sup> Attention, car sur cette photographie, les différentes structures relatives au projet n'apparaissent pas, du fait de son ancienneté.



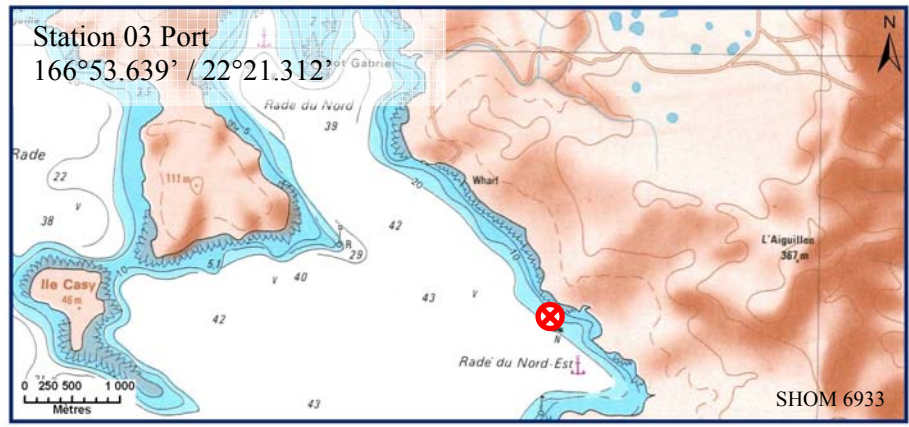


### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Alternance cyclique de *Culcita novaeguineae* (une étoile de mer en coussin prédatrice des coraux) (1 au transect A pour cette mission).
- ↪ Développement des cyanobactéries en haut du récif frangeant.
- ↪ Richesse spécifique des coraux en très légère augmentation.
- ↪ Faible blanchissement corallien au transect A, quelques colonies concernées (*Porites* sp., *Barabattoia amicorum*, *Galaxea astreata*).







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



Photo n°09 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)

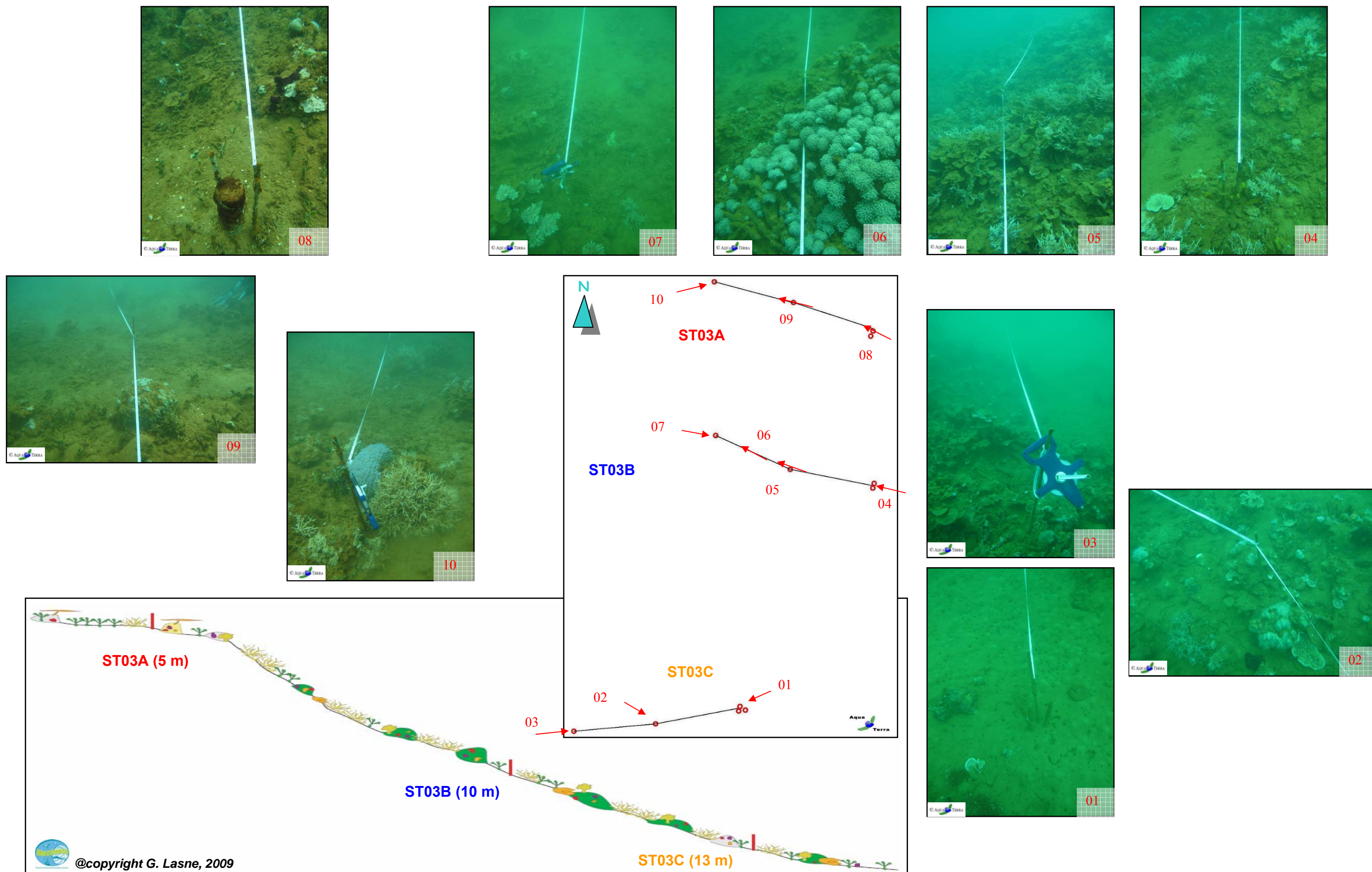


Figure n°014 : Schéma structural, plan et photographies de la ST03

### 4.3.1 Le substrat (ST03)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 15](#) pour le transect A, dans la [figure 16](#) pour le transect B et dans la [figure 17](#) pour le transect C.



Figure n°015 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A*

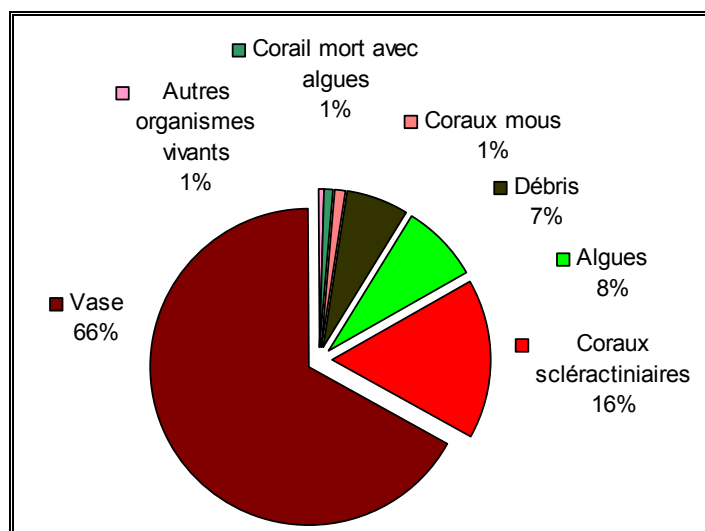


Figure n°016 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B*

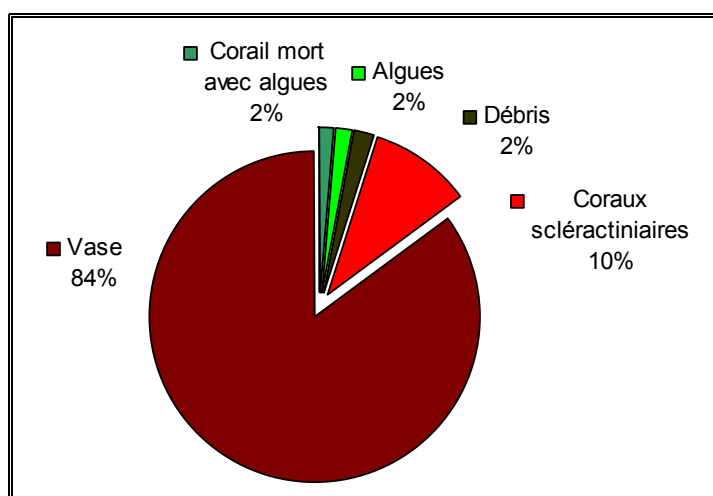


Figure n°017 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C*

Les transects sont peu variés pour cette campagne, avec une dominance de l'abiotique, principalement représenté par la vase, sur les trois transects (respectivement 88.5%, 73.5% et 87%).

La partie biotique est composée de coraux scléactiniaires et d'algues, ces dernières étant en forte régression par rapport à la campagne de mars-avril 2010 sur le transect A. A noter toujours, la quasi absence des cynaobactéries (que 0.5% au transect B).

Pour répondre à une problématique liée au projet, depuis 2007, il n'est pas mis en évidence un envasement accru de la zone. Ainsi le recouvrement en vase paraît stable (cf. figure 18), même si à certaine campagne (2009) il était plus bas, notamment au transect A : cela est en fait dû aux variations saisonnières des algues (cf. figure 19), dont le développement peut être important et de fait elles recouvrent le substrat. Ainsi les deux courbes sont symétriquement inversées.

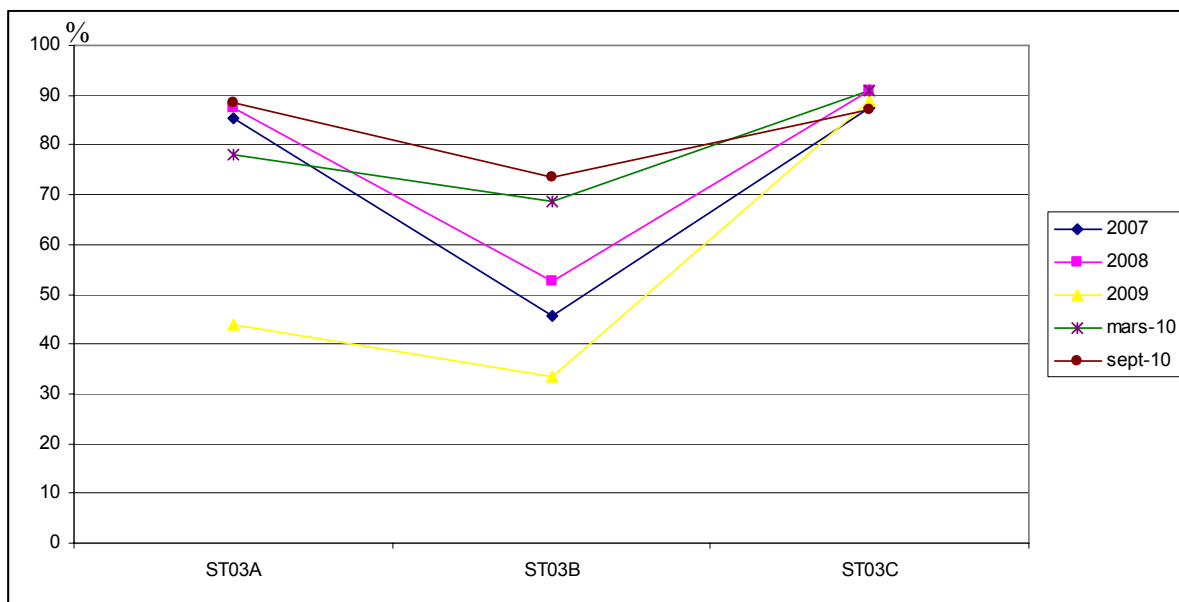


Figure n°018 : Evolution du recouvrement (en %) du substrat (partie abiotique) (ST03) depuis 2007

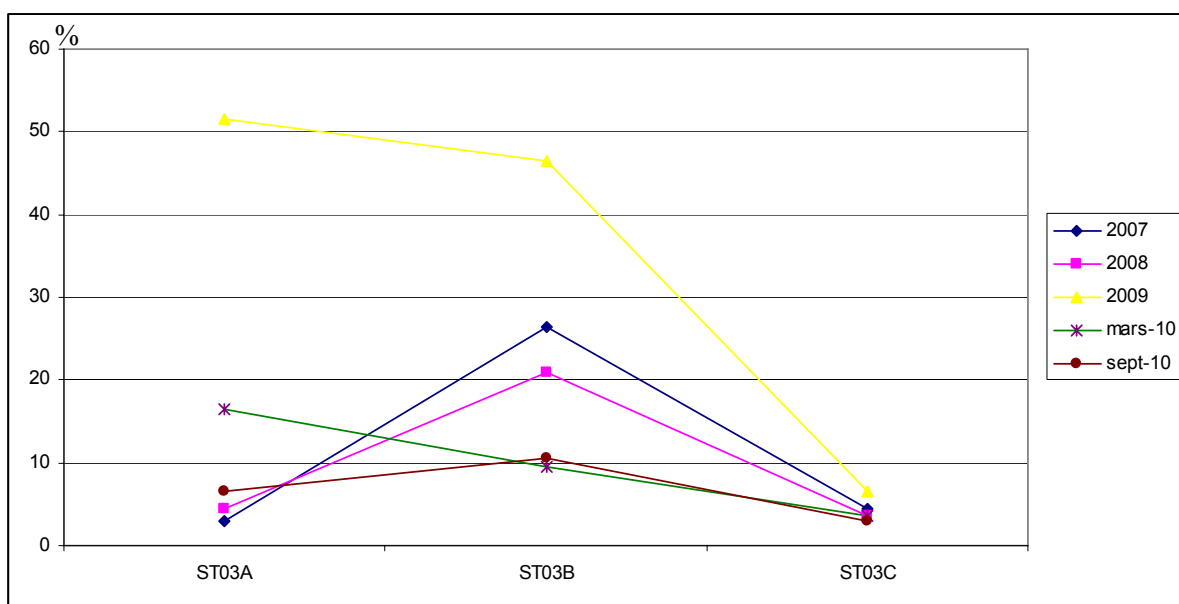


Figure n°019 : Evolution du recouvrement (en %) du substrat par la classe « Macrophytes et invertébrés » (ST03) depuis 2007



### 4.3.2 Le benthos (ST03)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

#### 4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

##### 4.3.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST03A)

La richesse spécifique de ce niveau bathymétrique a légèrement augmenté passant de 38 à 45 espèces coralliennes dont une espèce de Tubiporidae (*Tubipora musica*). Les familles scléactiniaires (44 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (9 taxons), les Faviidae (9 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons) et les Pocilloporidae (3 taxons).

Tableau n°027 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	9	5
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	1	1
Dendrophyllidae	0	0
Faviidae	9	3
Fungiidae	3	3
Merulinidae	1	3
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	2	2
Pocilloporidae	3	3
Poritidae	6	3
Siderastreidae	0	0
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>44</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>45</b>	/

Le recouvrement des scléactiniaires n'est pas important pour ce niveau bathymétrique. Le développement et l'installation des espèces doivent être limités par les résurgences et l'apport de la rivière d'eau douce. Quelques rares colonies montrent des signes de blanchissement (*Porites* sp., *Barabattoia amicorum*, *Galaxea astreata*) et d'autres colonies sont de couleur pâle (*Pectinia* sp.).

Les colonies d'*Acropora*, *Palauastrea ramosa* et de *Porites* sont de taille penta-décimétrique à métrique et les autres espèces ont une croissance plus réduite (*Pectinia paeonia*, *Acanthastrea echinata*, *Porites nigrescens*, *Cyphastrea japonica*, *Goniopora* et *Alveopora* sp.). Ce dernier genre se développe particulièrement bien et les colonies sont éparpillées entre les débris coralliens et les blocs rocheux.

#### 4.3.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03A)

Le recouvrement en cyanobactéries a augmenté depuis la dernière mission mais reste tout de même inférieur à la prolifération de juin 2009. Leur développement est concentré sur les substrats vaseux avec des thalles d'*Halimeda* situés en haut du récif frangeant (pas d'incidence sur les algues). Les dégradations observées ne sont pas conséquentes, cependant, trois petites colonies coralliennes ont été recouvertes et blanchies (*Porites* sp., *Barabattoia amicorum*, *Galaxea astreata*).

De plus, un spécimen de *Culcita novaeguineae* a été inventorié lors de cette mission, mais cette observation est également cyclique et aucune dégradation n'a été corrélée. D'autre part, l'espèce *Nardoa gomophia* est également présente pour le groupe des astéries.

Tableau n°028 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	3
Algue brune	3	4
Algue rouge	1	3
Algue verte	4	3
Cyanobactérie	1	4
Anémone	0	0
Ascidies	1	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	2	2
Crinoïde	0	0
Echinides	1	2
Holothurie	2	2
Synapse	1	2
Hydraire	0	0
Mollusque	3	2
Spongiaire	3	4
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>/</b>

Les algues vertes du genre *Halimeda* sont dispersées par thalles sur la roche et l'espèce *H. gigas* croît directement à même la vase (macrophyte à bulbe). Le recouvrement en algues brunes (*Lobophora variegata*) a légèrement diminué, elles colonisent les parties dures comme les débris et les massifs coralliens.

Les spongiaires *Sphaciospongia vagabunda* se développent sur de nombreux types de substrats (débris, débris envasés, roches, massifs coralliens). Les blocs coralliens sont colonisés par quelques spongiaires perforantes (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*). Une colonie de *Porites* se fait recouvrir progressivement par *Cliona jullieni*.

Cette prédominance des algues et des spongiaires est à la défaveur des colonies coralliennes qui représentent un faible recouvrement sous ce transect.

Concernant les holothuries, *Boahschia argus* n'a pas été recensée pour cette mission et *Holothuria flovomaculata* sillonne les vases et les débris coralliens. Les oursins *Diadema setosum* se logent dans les cavités basses des gros blocs et de la dalle. Les mollusques *Tridacna squamosa* et *T. maxima* sont rares mais de grande taille.

### 4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

#### 4.3.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST03B)

La richesse spécifique de ce niveau bathymétrique a légèrement augmenté passant de 44 espèces à 49 espèces coralliennes : cinq espèces supplémentaires ont été inventoriées par rapport à la mission précédente (2 *Acropora* sp., *Echinopora gemmacea*, *Scolymia australis*, *Porites* sp.). Les familles scléactiniaires (49 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (14 taxons), les Agariciidae (8 taxons), les Faviidae (7 taxons), les Poritidae (6 taxons) et les Fungiidae (4 taxons).

Les coraux colonisant cette partie de pente sont caractérisés par leur croissance rapide (Acroporidae) ou bien la grandeur de leurs polypes (Poritidae *Alveopora* spp., *A. Catalai* et *Goniopora* spp.). Ces caractéristiques leur permettent de s'affranchir du taux de sédimentation important. Le blanchissement corallien est absent. Cependant, la mortalité corallienne est importante car de nombreuses particules fines terrigènes sédimentent et entraînent un envasement des colonies coralliennes. Les espèces scléactiniaires branchues et à longs polypes se développent mieux dans ce milieu turbide. Elles s'édifient sur les anciennes générations coralliennes formant à nouveau des massifs plus ou moins denses.

Tableau n°029 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	14	5
Agariciidae	8	3
Astrocoeniidae	2	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	0	0
Faviidae	7	3
Fungiidae	4	3
Merulinidae	2	2
Mussidae	2	1
Oculinidae	1	1
Pectiniidae	0	0
Pocilloporidae	2	3
Poritidae	6	5
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>49</b>	
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>49</b>	/

A noter la présence de *Anacropora* sp., *Pachyseris rugosa*, *Caulastrea furcata*, *Cyphastrea japonica*, *Astreopora*, *Leptoseris scabra*, *Leptoseris gardineri*, *Porites nigrescens* et *Porites cylindrica*.

#### 4.3.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03B)

Les macrophytes, les alcyonaires (*Sarcophyton* et *Sinularia*) et les spongiaires colonisent les substrats durs comme les débris coralliens, les anciennes générations de coraux morts et les blocs rocheux.

Les macrophytes représentent un recouvrement important, les algues brunes (*Lobophora variegata*) représentent la majorité du recouvrement algal et colonisent les blocs et les débris coralliens ainsi que les colonies coralliennes branchues. Le genre *Halimeda* se développe également dans les coraux branchus ainsi que le genre *Dictyota* en faible proportion.

Les algues rouges (*Amphiroa* et une algue calcaire indéterminée) sont toujours disséminées à travers les débris et la dalle.

Aucune astérie n'a été inventoriée lors de cette mission et les holothuries sont représentées par l'espèce *H. flovomaculata*.

Tableau n°030 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	2	5
Algue rouge	1	4
Algue verte	2	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	0	0
Bryozoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	0	0
Echinides	1	2
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	0	0
Mollusque	0	0
Spongiaire	2	3
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>/</b>

#### 4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

##### 4.3.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST03C)

La richesse spécifique de ce niveau bathymétrique a très légèrement augmenté passant de 48 espèces à 51 espèces coralliennes (2 *Acropora* sp. et *Symphylia valenciennesis*). Les familles scléractiniaires (51 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Agariciidae (8 taxons), les Faviidae (8 taxons), les Acroporidae (8 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Pectinidae (4 taxons) et les Mussidae (3 taxons).

L'envasement est de plus en plus important en bas de pente. Les paramètres environnementaux vont être déterminant pour l'édification corallienne (seuil de tolérance et spécification corallienne). Les coraux doivent être adaptés aux conditions turbides (faible pénétration de la lumière dans l'eau).



La famille des Agariciidae est particulièrement diversifiée mais les colonies ne sont pas abondantes. Ces espèces sont typiques des milieux turbides : on note la présence de *Leptoseris gardineri*, *L. scabra*, *L. foliosa*, *L. mycetoceroïdes*, *L. tubulifera*, *Pachyseris rugosa*, *P. speciosa*.

D'autres espèces typiques des milieux turbides se développent comme *Cyphastrea japonica* et *Acropora* branchus, ainsi que des colonies de petite taille comme *Cantharellus noumeae*, *Pavona varians*, *Stylocoeniella guentheri* et *S. armata*. Les coraux adoptent également des formes particulières car ils encroûtent des galeries de vers (*Astreopora* sp., *A. explanata*, *Galaxea fascicularis*, *G. astreata* et *Psammocora profundacella*).

La mortalité corallienne est induite par l'hyper sédimentation : la taille des colonies est réduite et le nombre de débris coralliens et de colonies mortes en place est très important. Cependant, le taux de renouvellement (recrutement) reste conséquent au regard du nombre des colonies juvéniles présentes.

Tableau n°031 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST03C)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	8	5
Agaraciidae	8	3
Astrocoeniidae	2	5
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	2
Faviidae	8	4
Fungiidae	4	3
Merulinidae	2	3
Mussidae	4	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	4	5
Pocilloporidae	1	3
Poritidae	5	5
Siderastreidae	1	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>51</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>51</b>	/

#### 4.3.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03C)

Les algues couvrent la plus grande surface des groupes biotiques et elles résistent à la sédimentation bien qu'elles soient recouvertes par une fine couche de sédiment. Les algues brunes (*Lobophora variegata*) sont les mieux développées, elles colonisent tous les substrats durs. Les algues vertes (*Halimeda* spp) ont un taux de recouvrement plus faible que pour les niveaux bathymétriques supérieurs. Elles se développent sur les substrats durs (par thalles) et dans la vase (bulbes).

Les alcyonaires des genres *Sarcophyton* et *Sinularia* se développent peu à cette profondeur car ils manquent

de substrat dur pour se fixer. Ils s'édifient sur les débris coralliens enfouis dans la vase.

On retrouve des espèces adaptées au milieu turbide comme les astéries (*Celerina heffernani* et *Fromia monilis* recensée à nouveau), l'holothurie (*Holothuria flovomaculata*), les mollusques (*Isognomon isognomon*, *Athrina* sp.), les éponges (*Hamigera strongylata*, *Cliona orientalis* et *C. jullienei*) et les anémones (*Discosoma* sp.).

Tableau n°032 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST03C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	5
Algue brune	2	5
Algue rouge	1	2
Algue verte	2	2
Cyanobactérie	1	1
Anémone	1	2
Ascidies	0	0
Bryzoaire	0	0
Astérie	2	1
Crinoïde	0	0
Echinides	1	2
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	0	0
Mollusque	2	2
Spongiaire	3	3
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>/</b>

### 4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste des espèces observées<sup>7</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 33](#).

Tableau n°033 : *Données sur les poissons (ST03)*

Port ST03		Transect A			Transect B			Transect C			Station		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Total Nb	Total Dens	Total Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	1	0,03	0,43							1	0,01	0,14
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>				2	0,06	0,07				2	0,02	0,02
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	1	0,03	0,25							1	0,01	0,08
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				1	0,03	0,34	2	0,06	0,46	3	0,03	0,26
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	3	0,09	0,07				3	0,09	0,02	6	0,06	0,03
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>							10	0,31	0,24	10	0,10	0,08
Sca	<i>Scarus dimidiatus</i>	2	0,06	0,04							2	0,02	0,01
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	1	0,03	0,27							1	0,01	0,09
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>							1	0,03	0,23	1	0,01	0,08
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	1	0,03	0,27	1	0,03	0,53				2	0,02	0,27
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,05	0,55							2	0,02	0,18
<b>Total</b>		11	0,32	1,89	4	0,12	0,93	16	0,49	0,95	31	0,31	1,26
<b>Biodiv.</b>		7			3			4			11		
Ind. Shannon =		2,971											
Equitabilité =		0,859											

Sur l'ensemble des transects de la station, 31 individus appartenant à 11 espèces différentes ([figure 20](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.31 poisson/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 1.26 g/m<sup>2</sup>.

53 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 34](#)).

Tableau n°034 : *Liste des espèces complémentaires (ST03)*

Port ST03					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>	Nem	<i>Scolopsis lineatus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Gob	<i>Amblyeleotris fontanesii</i>	Pin	<i>Parapercis hexoptalma</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Gob	<i>Amblyeleotris sp</i>	Pin	<i>Parapercis xanthozona</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Gob	<i>Valenciennea puellaris</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis analis</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis chrysur</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifera</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>

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

Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Let	<i>Lethrinus harak</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 35](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 20](#).

Tableau n°035 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST03)*

Familles	Port ST03				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	1	2			<b>1</b>
Anthiinae					
Balistidae					
Blenniidae	1		1	2	
Caesionidae		2		1	
Canthigasteridae					
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	2	1	1		
Dasyatidae					
Epinephelinae	1	1	1	2	
Gobiidae	1				
Haemulidae					
Labridae	1				<b>1</b>
Lethrinidae					
Lutjanidae					
Mullidae					<b>1</b>
Nemipteridae	1	1	1	1	<b>1</b>
Pomacanthidae	2				
Pomacentridae	3	4	5	4	<b>2</b>
Ptereleotridae					
Scaridae	1	2			<b>4</b>
Scombridae					
Siganidae	1	1			<b>1</b>
Zanclidae					
Total	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

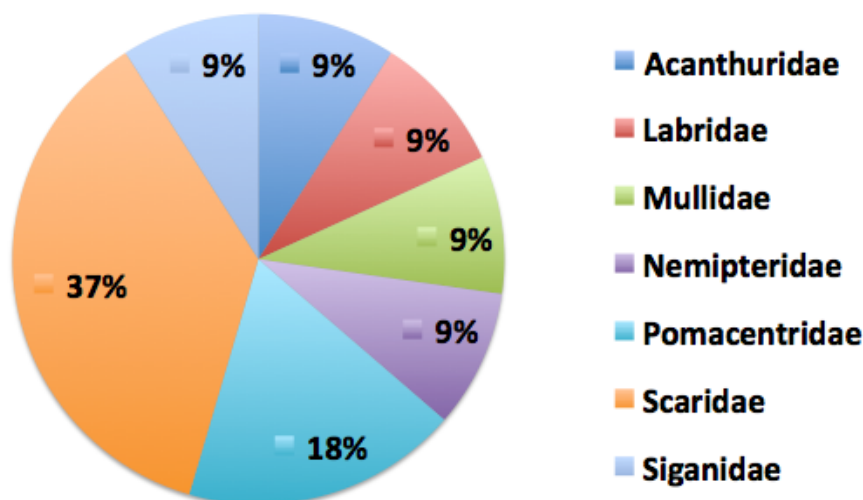


Figure n°020 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST03)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 36](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°036 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST03)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
45.93	52	69.83

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 37](#) et la [figure 21](#).

Tableau n°037 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST03)*

Port ST03		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	11	0,32	1,89	7		
	Transect B	4	0,12	0,93	3		
	Transect C	16	0,49	0,95	4		
	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

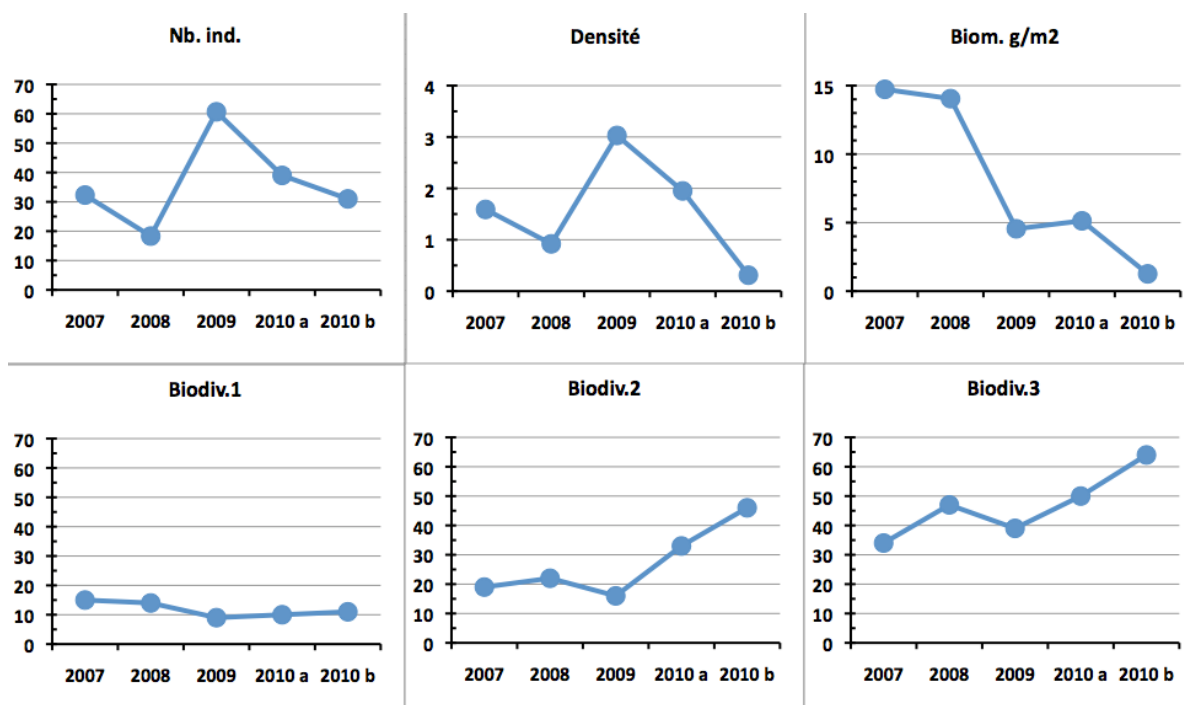


Figure n°021 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)*



#### 4.4 Station 04 = Woodin

<b>Localisation géographique</b>	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin ( <a href="#">photographie 10</a> ). 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 faible).
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés à 4, 11 et 21 mètres de profondeur afin de décrire chaque zone, en parallèle à la pente et dans une direction du sud-est vers le nord-ouest.
	Sur le transect A la colonisation des <i>Millepora</i> et de <i>Seriatopora histrix</i> est importante. Le transect B est installé dans une zone à éboulis de roche et débris coralliens branchus. La zone a subi un effondrement de roches provenant de l'étage supérieur. Un cyclone a certainement arraché les massifs du sommet de la pente. Les conditions hydrodynamiques sont encore importantes (courant de marée) et la luminosité réduite de manière significative avec la profondeur. Le transect C est en bas de pente dans une zone sableuse où de grandes colonies de <i>Tubastrea micrantha</i> s'édifient et dominent le paysage.

#### Description générale

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

Cette station présente un écosystème qui est singulier en Nouvelle-Calédonie : en sommet de récif frangeant, les *Millepora* forment de grands massifs de 3 mètres de diamètre et les *Seriatopora histrix* 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

- ↪ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur.
- ↪ Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée), turbidité soutenue.
- ↪ Présence en grand nombre de *Millepora*, *Seriatopora histrix* et *Tubastrea micrantha*.
- ↪ Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important).
- ↪ Conseillé de récolter les données de terrain lors de l'étale (forts courants de marée).

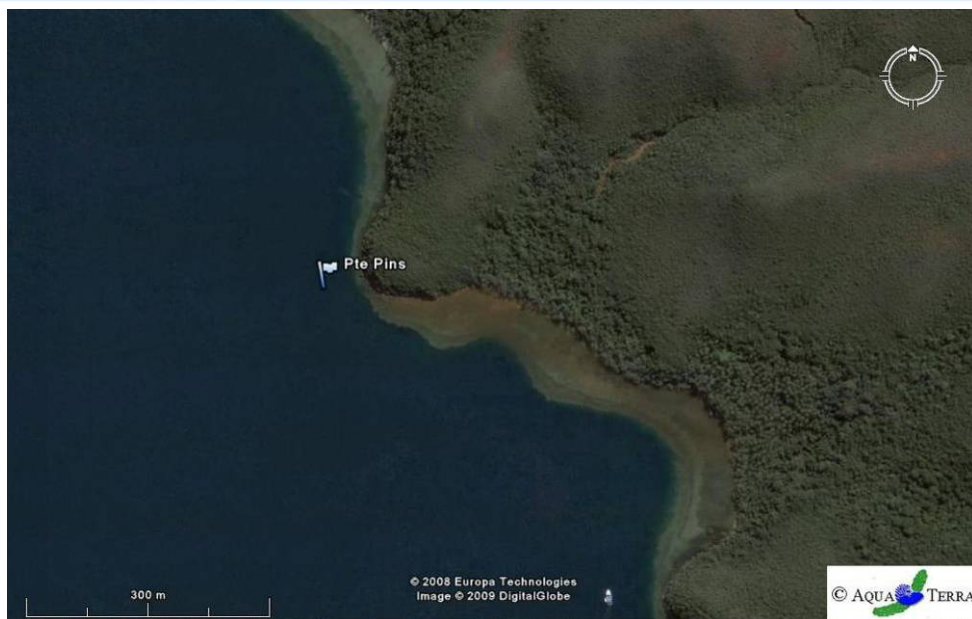
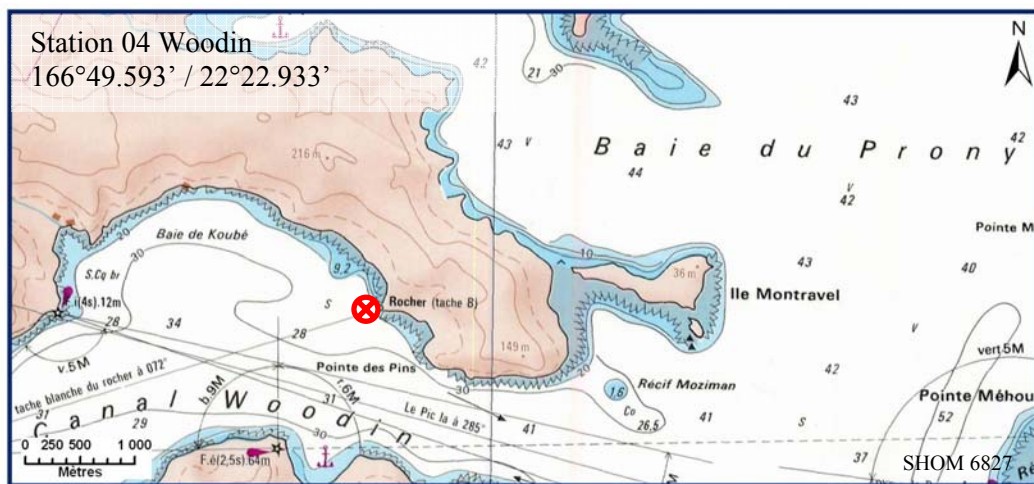




### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Croissance importante des *Millepora*, *Seriatopora histrix* et *Tubastrea micrantha*.
- ↪ Développement devenu modéré de *Cymbastella cantharella* (éponge), de *Hamigera strongylata* (éponge) et de *Alcyonidium* sp. (bryzoaire).
- ↪ Les colonies coralliennes juvéniles de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante (*Seriatopora histrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*).
- ↪ Faible blanchissement corallien, quelques colonies présentent des stigmates (*Seriatopora histrix*, *Acropora* spp., *Fungia*, *Tubastrea micrantha* et *Montipora*).
- ↪ Augmentation de la densité en crinoïdes (transects B et C).





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



Photo n°010 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)

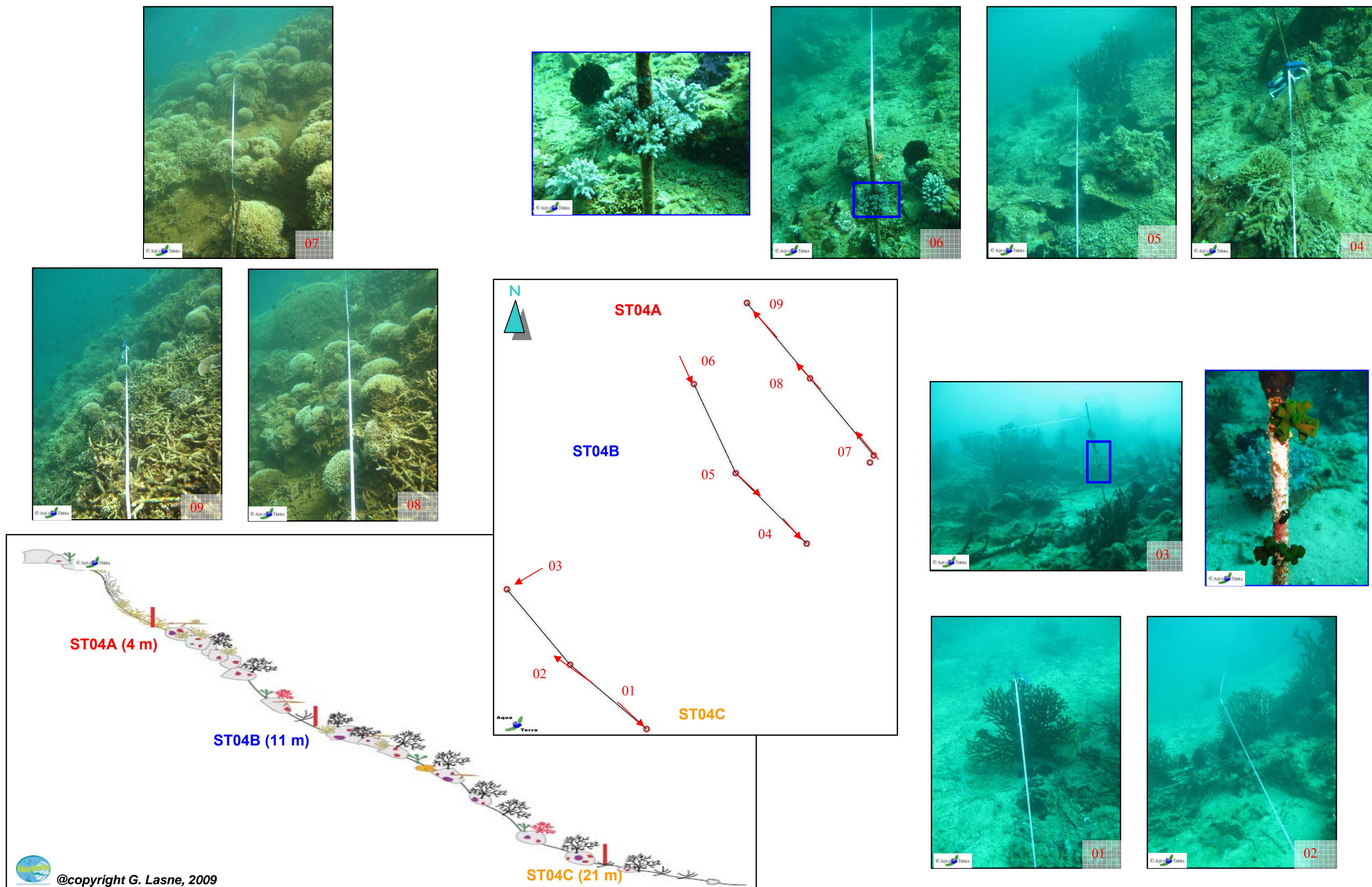


Figure n°022 : Schéma structural, plan et photographies de la ST04

### 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 2253](#) pour le transect C.

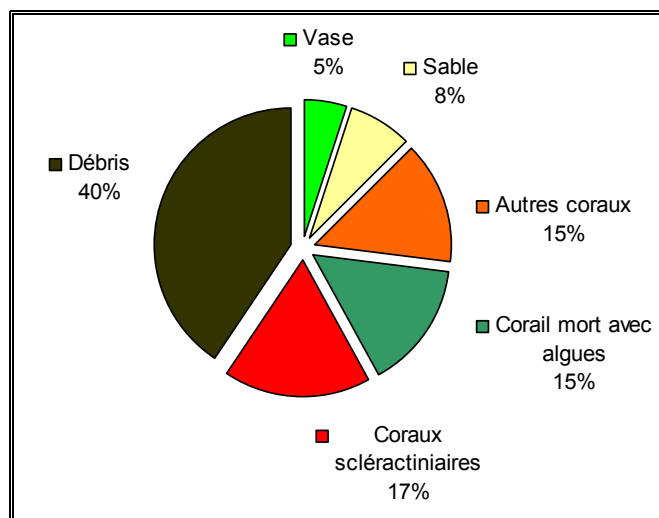


Figure n°023 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A*

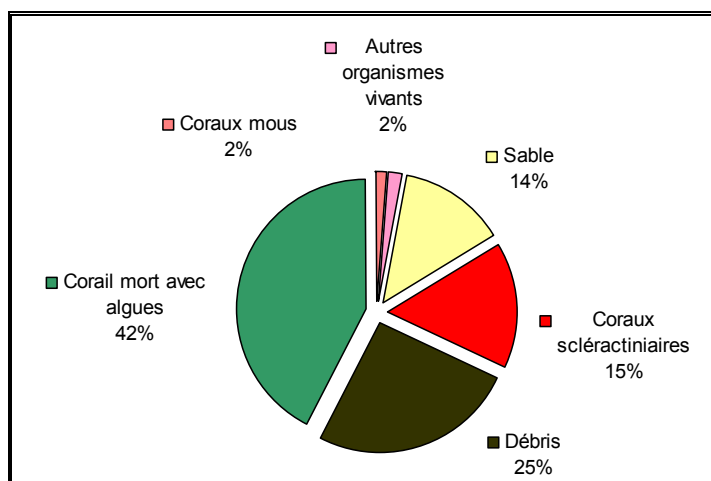


Figure n°024 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B*

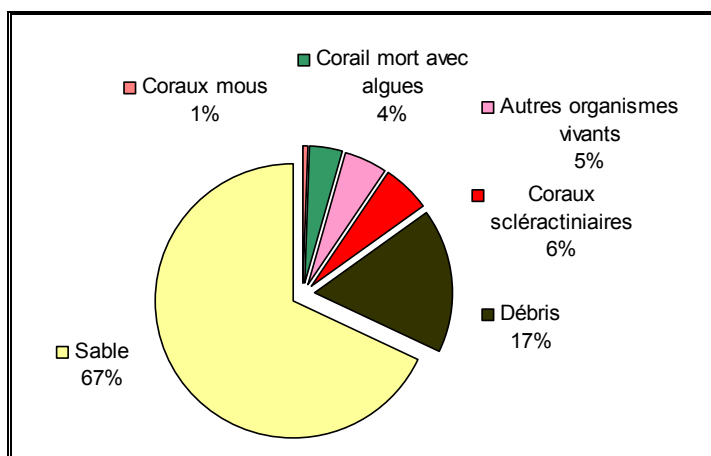


Figure n°025 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C*

Le substrat est majoritairement abiotique sur le transect C (85%) et composé de débris et de sable en bas de tombant.

Le transect A, pour cette mission, voit le recouvrement en biotique s'élever (47% vs 36% en avril 2010), mais qui s'explique par la progression de la proportion de « corail mort avec algues » (15% vs 2.55% en avril 2010) qui représente en partie les débris (51.5% en avril 2010 vs 40.5% pour cette campagne) qui sont ici recouverts par un gazon algal (tuff).

Les coraux scléactiniaires sont bien représentés aux 3 transects (17.5%, 15.5% et 5.5%), avec une légère diminution qui se poursuit au transect profond (14.5% en juin 2009 puis 8% en avril 2010).

Il faut aussi signaler la présence de corail de feu (*Millepora*) - classé en « autre corail » - sur le transect A (14.5%).

La station est globalement stable par rapport à la mission précédente.

#### 4.4.2 Le benthos (ST04)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

##### 4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

###### 4.4.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST04A)

Tableau n°038 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	7	5
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	4
Faviidae	11	3
Fungiidae	3	2
Merulinidae	1	2
Mussidae	2	2
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	1	2
Pocilloporidae	3	5
Poritidae	1	2
Siderastreidae	4	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>41</b>	
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	3	5
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>44</b>	/

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 44 espèces coralliennes dont trois espèces de *Millepora*

particulièrement bien développées (encroûtant, branchu et sub massif). Les familles scléractiniales (41 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (11 taxons), les Acroporidae (7 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Dendrophyllidae (4 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons) et les Fungiidae (3 taxons).

La richesse spécifique a peu évolué (une seule espèce *Echinopora gemmacea* a été nouvellement recensée), mais le recouvrement corallien a encore augmenté par la croissance des colonies de *Seriatopora histrix* et de *Millepora*. Les colonies de *Millepora* branchus et encroûtantes sont particulièrement bien étendues (2 à 3 mètres de diamètre). Les *Seriatopora histrix* se développent très bien en petits buissons répartis de manière homogène en haut de récif. De nombreuses colonies sont en manque de place pour leur développement (elles sont rapprochées et se touchent).

De plus, on peut noter la présence de petites colonies de *Montipora tubulifera*, *Pavona maldiviensis*, *Cyphastrea japonica*, *Psammocora profundacella*, *Coscinaraea columna*, *C. exesa* et de *Polyphyllia talpina*.

La zone présente également une mortalité corallienne non négligeable, les conditions hydrodynamiques intenses (courant de marée) favorisant la dégradation mécanique des coraux (débris coralliens). De plus, de grandes colonies d'*Acropora* tabulaires sont retournées ou mortes encore place (mais sans signe de prédation) et colonisées par des éponges, des algues, des alcyonaires et des *Tubastrea* sp.

#### 4.4.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04A)

Les macrophytes et les invertébrés ont toujours une très faible évolution depuis la dernière mission. Les algues vertes (*Chlorodesmis fastigiata*) sont moins abondantes. On note toujours l'absence des genres *Neomeris* et *Caulerpa* sp.

Tableau n°039 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04A)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	6	4
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	0	0
Bryzoaire	1	4
Astérie	0	0
Crinoïde	2	3
Echinides	1	2
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	3	2
Spongiaire	4	4
Zoanthaire	0	0
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	/

Les éponges encroûtantes, *Cliona jullienei* et *Cliona orientalis* colonisent toujours quelques coraux morts en place et les débris coralliens. On note la colonisation de *Hamigera strongylata*.

Les alcyonaires sont variés mais leur recouvrement est faible (*Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Dretronophthya*, *Klyxum* et *Nephthea*). Les crinoïdes affectionnent la colonisation des *Tubastrea micrantha* et des *Acropora* tabulaires morts.

Les oursins (*Diadema setosum*) sont dissimulés dans les cavités des roches. Les oursins sont plus ou moins abondants selon les niveaux bathymétriques et les périodes de recensement.

#### 4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

##### 4.4.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST04B)

La richesse spécifique de ce niveau bathymétrique a augmenté passant de 43 espèces à 47 espèces coralliennes dont trois espèces de *Millepora* (encroûtant, branchu et sub massif), deux espèces d'antipathaire et deux espèces de gorgone (*Astrogorgia mangolia* et *Melithaea ochracea*). Quatre espèces colonisent nouvellement cet étage bathymétrique (*Psammocora superficialis*, *Favia* 2 spp., *Isopora palifera*). Les familles scléactiniaires (40 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (10 taxons), les Acroporidae (6 taxons), les Dendrophyllidae (4 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Fungiidae (3 taxons) et les Mussidae (3 taxons).

Tableau n°040 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	6	2
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	5
Faviidae	10	3
Fungiidae	3	2
Merulinidae	2	3
Mussidae	3	2
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	1	1
Pocilloporidae	3	4
Poritidae	1	2
Siderastreidae	2	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>40</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	3	5
Tubiporidae	0	0
Gorgone	2	2
Antipathaire	2	2
<b>Total coraux</b>	<b>47</b>	/

Les éboulements de roches n'ont pas détruit toutes les colonies sur leur passage, plusieurs grandes colonies de *Millepora* et de *Tubastrea micrantha* se développent et sont de taille plurimétrique. Cependant, les massifs de *Millepora* sont de taille plus petite que pour le niveau bathymétrique supérieur mais restent

toujours importants. Les grandes colonies de *Tubastrea micrantha* s'édifient perpendiculairement au courant de marée. Les autres colonies de scléactiniaires sont de petite taille et la richesse spécifique reste faible. A noter, la présence de *Cyphastrea japonica*, *Mycedium elephantotus*, *Scolymia vitiensis*, *Merulina scabricula*, *Stylocoeniella armata* et de *Polyphyllia talpina*.

La colonie de *Pocillopora damicornis* colonisant le 1<sup>er</sup> piquet du transect B mesure désormais 12 cm (8 cm en avril 2010) soit une croissance de 4 cm/6 mois.

La mortalité corallienne est conséquente au regard des nombreux débris et des colonies mortes en place. Cependant, le blanchissement est faible et concerne une colonie d'*Acropora* tabulaire.

Aucune marque de prédation n'a été relevée.

#### 4.4.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04B)

Les éboulis de roches et les conditions hydrodynamiques et de turbidité ont favorisé la colonisation des spongiaires à la défaveur des madrépores cependant ces groupes biotiques n'ont pas d'évolution depuis la dernière mission.

Tableau n°041 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04B)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	4
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	2	2
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	0	0
Bryzoaire	1	5
Astérie	1	1
Crinoïde	1	4
Echinides	1	2
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	4	2
Spongiaire	6	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	/

Les macrophytes ont une faible couverture et sont représentés seulement par quelques thalles d'algues vertes (*Halimeda* sp.) qui se développent modérément sur les débris coralliens et sur le sable. Le genre *Neomeris* n'a toujours pas été recensé lors de cette campagne. Les algues rouges sont représentées par les *Amphiroa* et les algues brunes sont absentes.

Parmi les éponges, *Hamigera strongylata*, *Cliona* cf. *jullienei*, *C. orientalis* encroûtent de manière importante les blocs rocheux et les débris coralliens. Une éponge noire (indéterminée) se répartie par petites colonies sur les substrats durs. A noter, le développement important de *Cymbastella cantharella* et l'absence de *Stellata globostellata*.

Les alcyonaires sont de petite taille et un peu plus abondants que pour le niveau bathymétrique supérieur (*Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Nephtea* et *Drendronephthya*). Les crinoïdes affectionnent les colonies

coralliennes de *Tubastrea micrantha* et d'*Acropora* tabulaires morts (colonies exposées au courant de marée).

Les bryozoaires *Alcyonidium* sp. sont particulièrement bien développés, ils recouvrent les blocs rocheux sur des surfaces de 0.5 m<sup>2</sup>.

#### 4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

##### 4.4.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST04C)

La richesse spécifique corallienne a légèrement augmenté passant de 15 espèces à 18 espèces coralliennes dont une gorgone *Astrogorgia mangolia*, deux espèces de *Millepora* (encroûtant et branchu) et une espèce d'antipathaire (*Antipathus*). Cependant, elle est réduite et figure en dernière position au regard de tous les transects étudiés dans le canal de la Havannah et la baie de Prony.

Les familles scléractiniaires (14 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (5 taxons), les Acroporidae (3 taxons), les Dendrophyllidae (2 taxons), les Agaraciidae (1 taxon), les Pectiniidae (1 taxon), les Mussidae (1 taxon) et les Fungiidae (1 taxon).

L'espèce prédominante est *Tubastrea micrantha* qui s'édifie en grandes colonies pluri métriques de façon perpendiculaire au courant. Leur développement est tellement important qu'elles s'écroulent lorsque les conditions hydrodynamiques sont trop importantes. Des colonies mortes sont étalées sur le substrat sableux et leurs débris jalonnent le bas de tombant (blanchissement modéré).

Tableau n°042 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST04C)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléractiniaire</b>		
Acroporidae	3	2
Agaraciidae	1	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	5
Faviidae	5	2
Fungiidae	1	1
Merulinidae	0	0
Mussidae	1	2
Oculinidae	0	0
Pectiniidae	1	1
Pocilloporidae	0	0
Poritidae	0	0
Siderastreidae	0	0
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>14</b>	/
<b>Non Scléractiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	1	1
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
<b>Total coraux</b>	<b>18</b>	/

Le reste des espèces est représenté par quelques petites colonies de *Pachyseris speciosa*, *Cyphastrea* sp., *C.*



*chalciculum*, *Oxypora glabra*. *Acropora* tabulaire, *Favites*, *Scolymia australis* et *Psammocora superficialis*.

#### 4.4.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04C)

Les macrophytes et les invertébrés ont une très faible évolution depuis la dernière mission.

Les macrophytes sont quasi absents dans ce milieu turbide, car la pénétration de la lumière est atténuée par la profondeur et les particules sédimentaires et ne permet pas une bonne photosynthèse. Seuls quelques thalles d'algues rouges (*Amphiroa* sp.) se répartissent à travers les débris coralliens. Les algues vertes (*Neomeris van bossea*.) n'ont pas été recensées lors de cette mission.

Les éponges encroûtantes *Hamigera strongylata*, *Cliona jullienei* et *Cliona orientalis* colonisent les débris coralliens et les quelques roches. L'éponge noire (indéterminée) se répartie abondamment par petites colonies sur les substrats durs. Quelques grandes *Dactylia delicata* (éponge en orgue) se développent sur les débris coralliens.

Les alcyonaires sont de petite taille et peu abondants (*Lobophytum*, *Sinularia* et *Drendronephthya*).

Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les *Tubastrea micrantha* vivants ou morts (colonies exposées aux courants) et le reste des substrats durs exposés aux courants (débris, roches).

Tout comme la zone des 10 mètres de profondeur, les bryozoaires *Alcyonidium* sp. sont particulièrement bien développés, ils recouvrent les blocs rocheux et la dalle sur des surfaces de 0.5m<sup>2</sup>.

Tableau n°043 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST04C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	1
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	0	0
Bryzoaire	1	5
Astérie	2	2
Crinoïde	1	4
Echinides	0	0
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	2	3
Spongiaire	9	4
Zoanthere	2	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	/



### 4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste des espèces observées<sup>8</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 44](#).

Tableau n°044 : *Données sur les poissons (ST04)*

Canal Woodin ST04		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				1	0,03	0,23				1	0,01	0,08
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	1	0,03	0,31							1	0,01	0,10
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>							1	0,03	0,01	1	0,01	0,00
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,03	0,03				1	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,06	0,35							2	0,02	0,12
Cha	<i>Coradion altivelis</i>							2	0,06	0,79	2	0,02	0,26
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>							2	0,06	51,92	2	0,02	17,31
Epi	<i>Anypserodon leucogrammicus</i>	1	0,03	3,83							1	0,01	1,28
Epi	<i>Epinephelus merra</i>				2	0,06	0,86				2	0,02	0,29
Hae	<i>Plectorhinchus gibbosus</i>				2	0,06	19,53				2	0,02	6,51
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,03	0,10							1	0,01	0,03
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	3	0,09	0,03							3	0,03	0,01
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,13	0,35	5	0,16	0,77				9	0,09	0,37
Let	<i>Gymnocranius grandoculis</i>							1	0,03	12,46	1	0,01	4,15
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				2	0,06	0,07				2	0,02	0,02
Poc	<i>Centropyge bispinosus</i>	3	0,09	0,21							3	0,03	0,07
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,09	0,22				2	0,06	0,07	5	0,05	0,10
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	2	0,06	6,68							2	0,02	2,23
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	10	0,31	4,93	8	0,25	0,87				18	0,19	1,93
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				2	0,06	0,04				2	0,02	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				3	0,09	0,06				3	0,03	0,02
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	4	0,13	0,05	5	0,16	0,15				9	0,09	0,07
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>				3	0,09	2,06				3	0,03	0,69
Sca	<i>Scarus frenatus</i>				1	0,03	2,19	1	0,03	2,19	2	0,02	1,46
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	2	0,06	4,38							2	0,02	1,46
<b>Total</b>		36	1,13	21,45	35	1,09	26,84	9	0,28	67,44	80	0,84	38,60
<b>Biodiversité</b>		12			12			6			25		
Ind. Shannon =		4,084											
Equitabilité =		0,869											

Sur l'ensemble des transects de la station, 80 individus appartenant à 25 espèces différentes ([figure 26](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.84 poisson/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 38.60 g/m<sup>2</sup>. 67 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf.

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

tableau 45).

 Tableau n°045 : Liste des espèces complémentaires (ST04)

Canal Woodin ST04					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Lut	<i>Lutjanus monostigma</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Kyp	<i>Kyphosius sydneyanus</i>	Mul	<i>Parupenaeus ciliatus</i>
Aca	<i>Naso brevirostris</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Mul	<i>Parupenaeus ciliatus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Poc	<i>Chaetodontoplus conspicillatus</i>
Car	<i>Caranx melampygus</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus nemurus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Let	<i>Lethrinus nebulosus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus bleekeri</i>
Epi	<i>Epinephelus malabaricus</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Scr	<i>Pterois volitans</i>
Gob	<i>Valenciennea puellaris</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>				

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 46 et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la figure 26.

 Tableau n°046 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST04)

Canal Woodin ST04					
Familles	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	2	3	3	6	2
Anthiinae		1			
Balistidae					
Blenniidae	1		1	2	2
Caesionidae	1	1	2	1	
Canthigasteridae				1	
Carangidae	1	2	1	1	
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	6	5	2	12	3
Dasyatidae					



Epinephelinae	4	4	1	6	2
Gobiidae					
Haemulidae	1				1
Labridae	4	4	4	6	3
Lethrinidae		1		1	1
Lutjanidae	2	4		1	
Mullidae	1		1	1	
Nemipteridae	1	1	1	1	
Pomacanthidae	5	2	5	4	4
Pomacentridae	4	3	7	6	4
Ptereleotridae					
Scaridae	3	6	5	3	3
Scombridae					
Siganidae	1	2	2	2	
Zanclidae					
Total	37	39	35	54	25

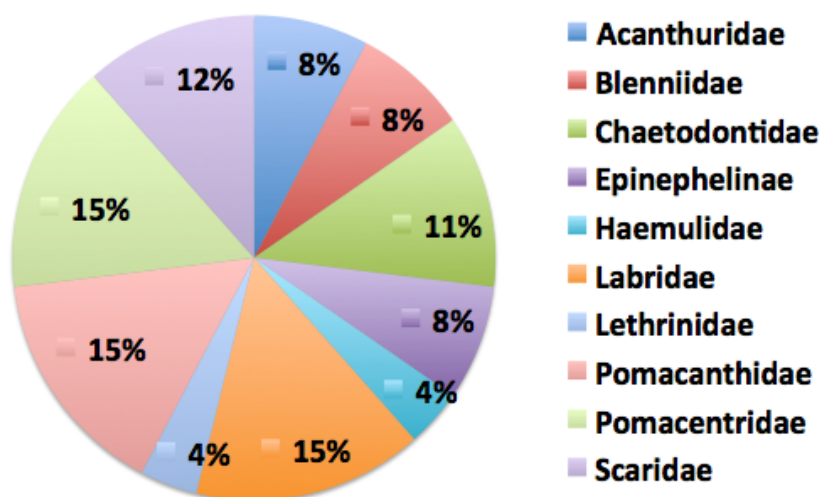


Figure n°026 : *Richesse spécifique par famille de poissons (ST04)*

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 47](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°047 : *Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST04)*

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
47.73	68	88.25

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 48](#) et la [figure 27](#).

Tableau n°048 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST04)*

Canal Woodin ST04		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	36	1,16	21,52	12		
	Transect B	35	1,09	26,84	12		
	Transect C	9	0,28	67,44	6		
	Moy. ABC	81	0,84	38,60	25	70	92
2010 a	Moy. ABC	107,00	3,38	460,91	54	79	110
2009	Moy. ABC	45,00	4,07	456,26	35	55	81
2008	Moy. ABC	52,00	2,71	267,80	39	49	89
2007	Moy. ABC	95,00	5,45	408,31	37	40	54

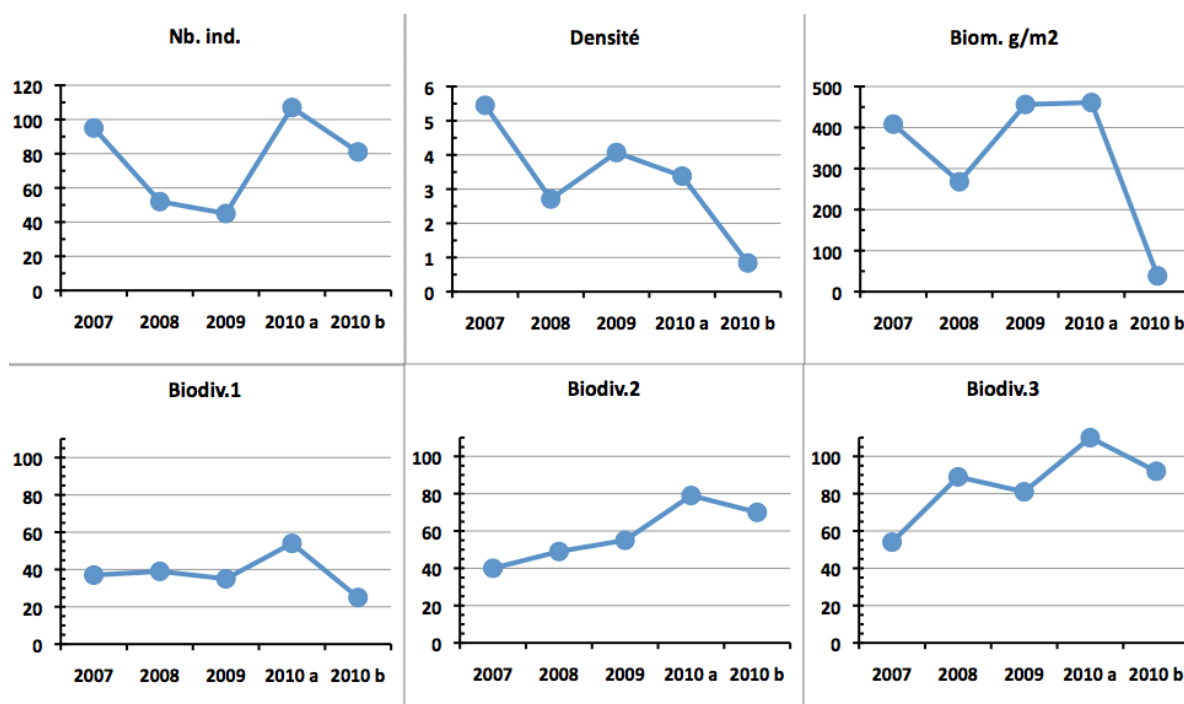


Figure n°027 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)*



## 4.5 Station 05 = Récif Ioro

<b>Localisation géographique</b>	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 11). Ce récif est ennoyé et soumis aux courants de marée et subit sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés et à son exposition au large, alors que sa façade ouest est plus protégée.
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 20 mètres de profondeur et sont orientés du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A est installé sur la zone sommitale du récif qui est constituée par du sable fin sur lequel sont disposés de nombreux débris, des grandes colonies massives de <i>Porites</i> et des massifs coralliens épars. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. Des petites colonies coralliennes s'édifient et les <i>Cliona</i> encroûtent quelques coraux massifs. Le transect B se caractérise par un recouvrement important de débris et de blocs coralliens sur du sable coquillé. Les massifs coralliens sont épars, encore en place mais peu colonisés. Le transect C se situe en bas de pente.

### Description générale

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

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

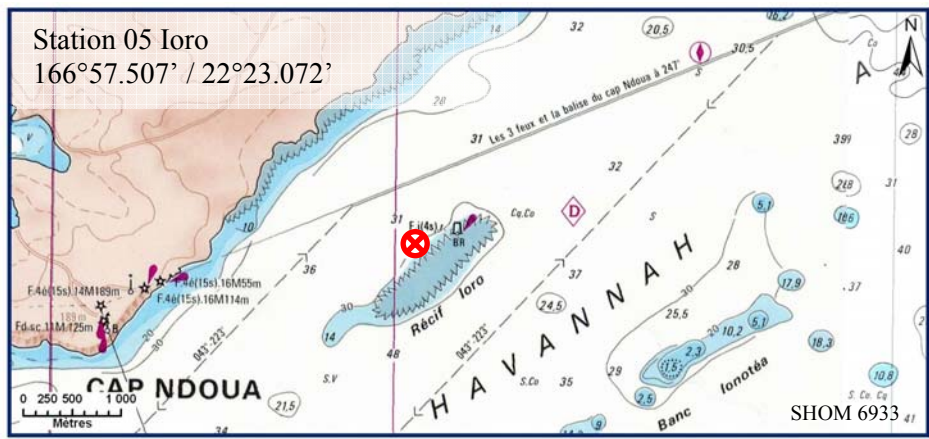
### Caractéristiques principales

- ↪ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée).
- ↪ Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastrea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* et *Turbinaria reniformis*.
- ↪ Mortalité corallienne et nombreux débris.
- ↪ Attaque ancienne d'*Acanthaster planci*, mais absence sur la station et sur le platier récifal à 500 m de la station.
- ↪ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Pas d'augmentation de la richesse spécifique corallienne.
- ↪ Croissance corallienne des colonies de *Tubastrea micrantha* et *Porites nigrescens*, *P. cylindrica* et *P. lichen*.
- ↪ Le blanchissement est très minoritaire et n'a été observé que sur une colonie (*Pavona decussata*) du transect supérieur (cause : dégradation hydrodynamique).
- ↪ Les quelques colonies blanchies de la mission précédente ont réintégré leurs zooxanthelles (*Acropora* spp., *Pavona decussata*, *Pectinia paeonia*, *Seriatopora histrix*).
- ↪ Saisonnalité des algues brunes et vertes.
- ↪ Variation de niveau bathymétrique par les holothuries.





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



Photo n°011 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05)

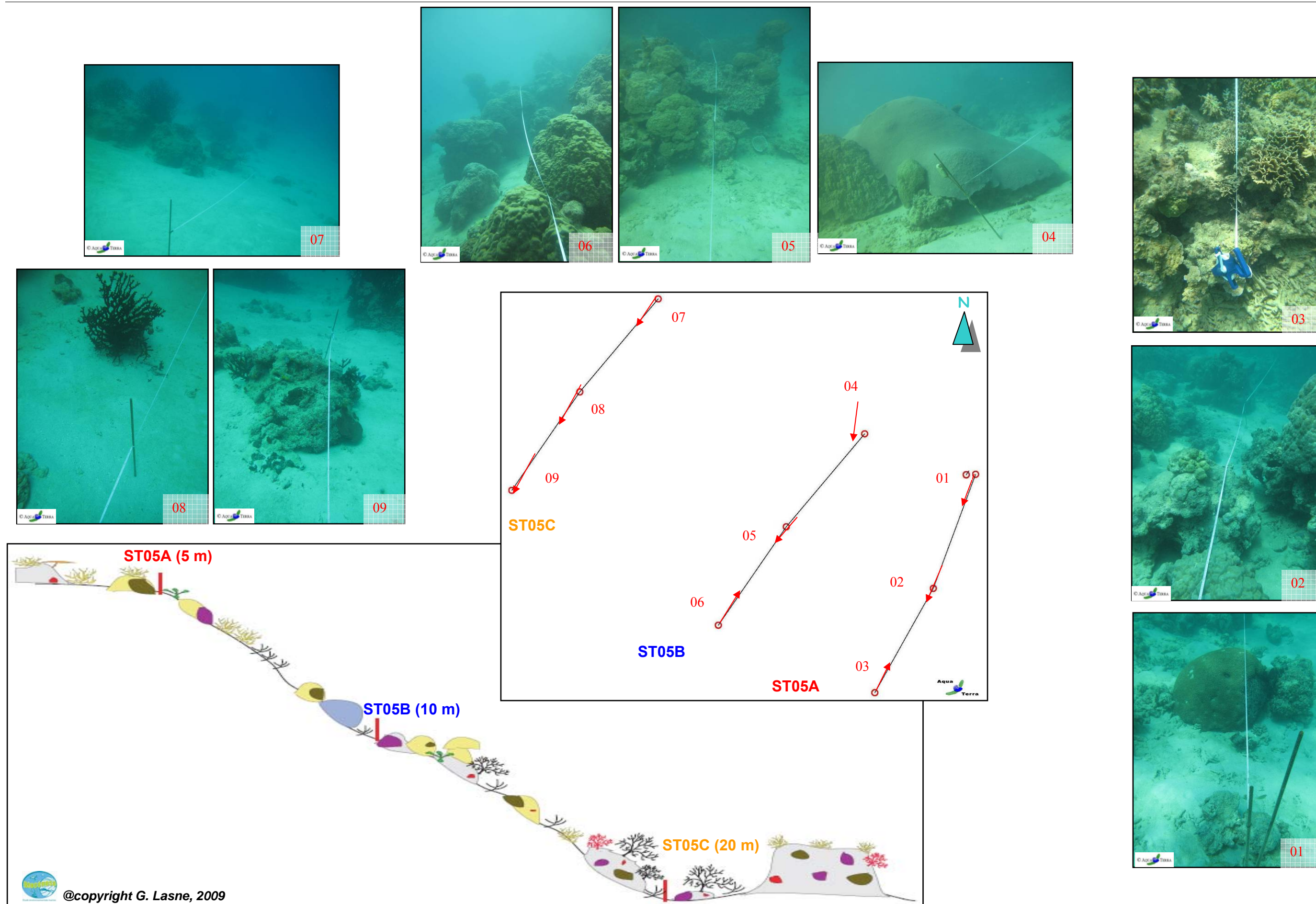


Figure n°028 : Schéma structural, plan et photographies de la ST05



### 4.5.1 Le substrat (ST05)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 29](#) pour le transect A, dans la [figure 30](#) pour le transect B et dans la [figure 31](#) pour le transect C.

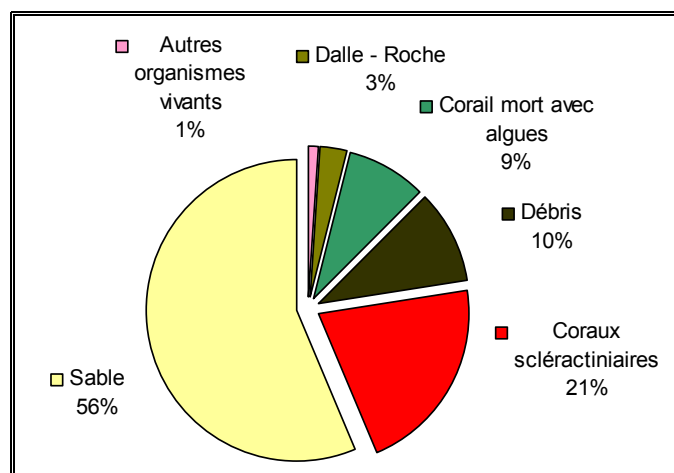


Figure n°029 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A*

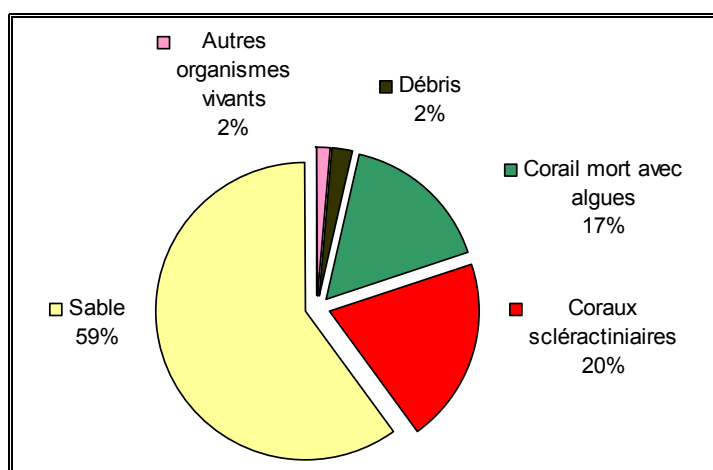


Figure n°030 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B*

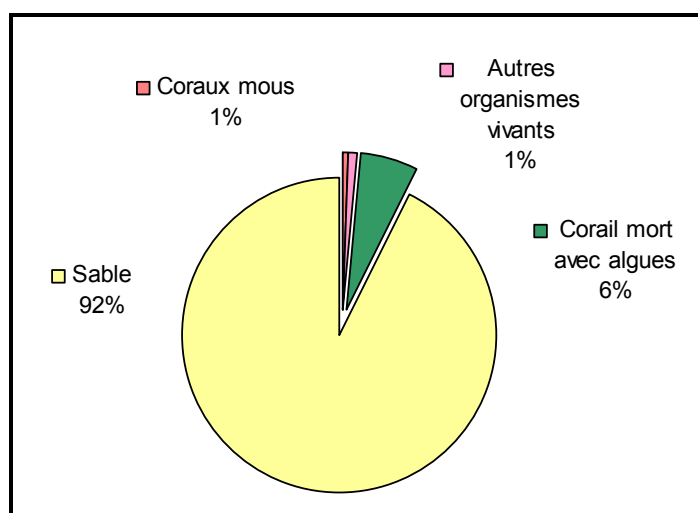


Figure n°031 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C*

Le substrat est majoritairement abiotique à cette station, avec une proportion de sable qui augmente avec la profondeur (56.5%, 60% puis 92.5%). Au transect A, la proportion de sable a d'ailleurs augmenté de 12% au détriment de la catégorie « corail mort avec algues » (qui est comptabilisée en biotique).

Les coraux scléactiniaires ne sont correctement représentés seulement que sur les deux premiers transects (21% et 20%).

Quant au transect C il est remarquable par sa quasi absence de vie : il est positionné au-dessus du sable, et croise seulement un massif corallien mort (avec tuff 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 on peut observer notamment de très beaux *Tubastrea micrantha*.

Les trois transects sont globalement stables par rapport à la mission précédente.

## 4.5.2 Le benthos (ST05)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

#### 4.5.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST05A)

Tableau n°049 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	12	5
Agaraciidae	6	3
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	2
Faviidae	13	4
Fungiidae	2	3
Merulinidae	4	2
Mussidae	2	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	3	1
Pocilloporidae	3	3
Poritidae	7	5
Siderastreidae	1	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>59</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>60</b>	/

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 60 espèces coralliennes, dont une espèce de *Millepora* branchu.

Les familles scléactiniaires (59 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (13 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Poritidae (7 taxons) et les Agariciidae (6 taxons). La richesse spécifique corallienne n'a pas augmenté mais on retrouve toujours des colonies juvéniles. Ces dernières ont été identifiées comme *Acropora* spp., *Barabattoia amicorum*, *Hydnophora exesa*, *Galaxea fascicularis* et *Pocillopora damicornis*.

Les familles scléactiniaires Poritidae et Acroporidae sont particulièrement bien développées : leurs espèces sont variées et adaptées aux conditions hydrodynamiques soutenues (courants de marée). Les colonies de Poritidae adoptent de grandes formes massives de plusieurs mètres de diamètre (*Porites lobata*, *Porites lutea* et *Porites* sp.), des formes branchues (*Porites cylindrica* et *Porites nigrescens*) ainsi que des formes avec de long polypes (*Alveopora* sp.). Les Acroporidae sont plutôt de forme branchue et robuste (*Isopora palifera*, *Montipora stellata* et *Acropora* spp.) et de forme encroûtante (*Montipora* spp.). Les autres colonies coralliennes sont de petite taille (*Cyphastrea japonica*, *Pectinia lactuca*, *Turbinaria mesenterina*, *T. peltata*).

Les dégradations sont de plusieurs types, dans le premier cas les conditions hydrodynamiques entraînent une casse importante des colonies branchues, dans le second cas, les coraux morts sont encore en place et sont les témoins d'anciennes proliférations d'*Acanthaster planci* observées les années passées qui ont dévoré les colonies massives et les éponges encroûtantes (*Cliona orientalis* et *C. jullienei*) sont en compétition spatiale avec les madrépores. La mortalité corallienne est importante au regard des nombreux débris coralliens et des grosses patates de *Porites* mortes (encore à nu ou bien envahies par les éponges encroûtantes).

Le blanchissement n'a été observé que pour ce niveau du récif et très peu de colonies et d'espèces sont blanchies (*Pavona decussata*).

#### 4.5.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05A)

Tableau n°050 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05A)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	1	1
Algue brune	1	2
Algue rouge	1	3
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	0	0
Anémone	1	1
Ascidies	1	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	0	0
Echinides	2	2
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	0	0
Mollusque	7	3
Spongiaire	4	3
Zoanthaire	1	1
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	/

Les macrophytes ne présentent pas de variation. Leur recouvrement est plutôt faible : les algues rouges (*Amphiroa*), les algues brunes (*Turbinaria ornata*) et les algues vertes (*Chlorodesmis fastigiata*) sont fixées

préférentiellement sur les massifs coralliens et les débris. Le genre *Halimeda* est regroupé sur les différents substrats durs (amas de débris coralliens, blocs coralliens et massifs) et sur le sable.

Le recouvrement en alcyonaires est pauvre, seul quelques petits *Sarcophyton* se sont fixés à travers les débris. A contrario, les spongiaires sont relativement bien développées (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) et colonisent les substrats durs et colonisent aussi les coraux vivants (espèce bio indicatrice de l'affaiblissement des coraux). Une grosse colonie de *Platygyra daedalea* est colonisée par une *Cliona jullienei* mais cette dernière n'a pas d'évolution au fur et à mesure des trois dernières missions.

A noter, la présence rare de *Clathria rugosa*. Les holothuries sont toujours absentes et les échinides (*Diadema setosum*) se camouflent dans les cavités des blocs coralliens.

#### 4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

##### 4.5.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST05B)

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 60 espèces coralliennes dont deux espèces de *Millepora* branchu et encroûtant et un anthipathaire (*Antipathus*). Les familles scléactiniaires (57 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (10 taxons), les Faviidae (8 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Dendrophyllidae (5 taxons), les Agariciidae (5 taxons), les Merulinidae (4 taxons), les Fungiidae (3 taxons) et les Pectiniidae (3 taxons). La richesse spécifique corallienne n'a pas augmenté.

Tableau n°051 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	10	4
Agariciidae	5	3
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	5	2
Faviidae	8	3
Fungiidae	3	1
Merulinidae	4	2
Mussidae	2	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	3	2
Pocilloporidae	5	3
Poritidae	7	5
Siderastreidae	2	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>57</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
<b>Total coraux</b>	<b>60</b>	/

Les colonies massives se développent très bien dans ce genre de biotope. Les espèces *Porites lobata*, *P. lutea*

et une colonie de *Diploastrea heliopora* sont de grande taille (2 à 3 mètres de diamètre). Les colonies branchues forment de petits massifs (*Porites nigrescens*, *Porites cylindrica* et *Millepora*).

Cependant, tout comme pour le transect A, à 5 mètres de profondeur, les coraux ont subi des dégradations (coraux morts en place) par une ancienne attaque de l'astérie *Acanthaster planci* et par la colonisation des éponges encroûtantes du genre *Cliona*.

#### 4.5.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05B)

Les macrophytes ont un recouvrement très faible. Les espèces ont une cyclicité dans leur présence/absence (*Halimeda* sp., *Turbinaria ornata*, *Chlorodesmis fastigiata*) et quelques thalles d'*Amphiroa* sont disséminés à travers les débris et les massifs coralliens.

Les alcyonaires (*Sarcophyton* et *Sinularia*) et les ascidies *Polycarpa clavata* sont également très peu représentés dans cette station.

Par contre, les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants. A noter, la présence des spongiaires *Hamigera strongylata*, *Clathria rugosa*.

Les mollusques *Arca ventricosa* sont incrustés dans les patates de *Porites* et les espèces *Hyotissa* sp., *Lopha* sp., *Pedum spondylcidum*, *Pteria* sp. et *Spondylus* sp. sont camouflées sur les blocs coralliens. Les bryozoaires (*Alcyonidium*) n'ont pas évolué.

Les holothuries ont des variations d'abondance bathymétrique, deux spécimens d'*Holothuria nobilis* et *Thelenota anax* sont dans la zone du couloir et *H. fuscopunctata* n'a pas été recensée lors de cette mission.

Tableau n°052 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	2	2
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	1	2
Bryzoaire	1	3
Astérie	1	2
Crinoïde	2	2
Echinides	1	2
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	2	2
Mollusque	6	4
Spongiaire	4	5
Zoanthaire	1	1
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	/

#### 4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

##### 4.5.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST05C)

La richesse spécifique des coraux de ce niveau bathymétrique a augmenté d'une seule espèce de gorgone, passant de 44 à 45 espèces coralliennes dont une espèce de *Millepora* branchu et deux espèces

d'antipathaires. Les familles scléactiniaires (41 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (13 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Acroporidae (4 taxons), les Agaraciidae (3 taxons), les Dendrophyllidae (3 taxons) et les Pocilloporidae (3 taxons).

Les colonies coralliennes de *Tubastrea micrantha* sont nombreuses et bien développées (perpendiculairement au courant). Cette espèce représente la plus grande partie du recouvrement corallien de ce bas de pente. Les autres espèces sont en majorité de petite taille et sont typiques d'environnement où la pénétration de la lumière est affaiblie (*Leptoseris scabra*, *Galaxea fascicularis*, *Caulastrea furcata*, *Goniopora* sp., *Coscinaraea columna*, *Pavona explanulata*, *Barabattoia amicorum*, *Turbinaria mesenterina* et *T. Peltata*).

Tableau n°053 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST05C)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	4	2
Agaraciidae	3	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	4
Faviidae	13	5
Fungiidae	1	3
Merulinidae	1	2
Mussidae	6	3
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	1	2
Pocilloporidae	3	2
Poritidae	2	2
Siderastreidae	2	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>41</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	1	2
Antipathaire	2	2
<b>Total coraux</b>	<b>45</b>	/

#### 4.5.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05C)

Le recouvrement est majoritairement composé par le substrat abiotique de sable coquillé, peu d'organismes colonisent ce substrat meuble.

Très peu de changements concernant les macrophytes et les invertébrés ont été constatés pour ce niveau bathymétrique (seul le genre *Simularia* n'a pas été recensé par rapport à la mission précédente).

Les algues vertes (*Chlorodesmis fastigiata*), les algues rouges (*Amphiroa*) et les ascidies (*Polycarpa cryptocarpa*) sont fixées sur les débris et les massifs coralliens. Les alcyonaires sont peu nombreux mais sont un peu plus variés que pour les niveaux bathymétriques supérieurs (*Sarcophyton*, *Lobophytum*, et *Dretronephthya*).

A noter, la présence de l'alcyonaire *Chironophthya* dont les colonies étaient épanouies lors de cette plongée. Les bryozoaires (*Alcyonidium* sp.), les zoanthaires (*Palythoa* sp.) et les spongiaires (*Hamigera strongylata*, *Cliona orientalis*, *C. jullienei*, *Stylissa flabelliformi*, *Stellata globostellata*) encroûtent les massifs et les débris coralliens.

Quelques ascidies *Polycarpa clavata* colonisent des débris coralliens enfouis dans le sable. Bien que les holothuries affectionnent ce genre de substrat, aucune n'a été recensée en bas de pente sédimentaire.

Tableau n°054 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST05C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	1	1
Cyanobactérie	0	0
Anémone	1	1
Ascidies	1	2
Bryzoaire	1	4
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	1	2
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	2	1
Spongiaire	7	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>/</b>



### 4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste des espèces observées<sup>9</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 55](#).

Tableau n°055 : *Données sur les poissons (ST05)*

Banc Ioro ST05		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	2	0,08	3,89	1	0,04	1,13				3	0,04	1,67
Aca	<i>Zebрасoma scopas</i>	3	0,13	1,23	3	0,13	0,78				6	0,08	0,67
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	1	0,04	0,02							1	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,08	0,56	1	0,04	0,28				3	0,04	0,28
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>				1	0,04	58,48				1	0,01	19,49
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>				1	0,04	0,22				1	0,01	0,07
Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>							2	0,04	19,11	2	0,01	6,37
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,08	0,09	1	0,03	0,05	3	0,04	0,05
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>				1	0,04	0,14	2	0,05	0,17	3	0,03	0,10
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>							2	0,05	0,92	2	0,02	0,31
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>				3	0,13	3,83				3	0,04	1,28
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				6	0,25	14,07				6	0,08	4,69
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				2	0,08	0,22				2	0,03	0,07
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>				2	0,08	0,23				2	0,03	0,08
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				1	0,04	0,10				1	0,01	0,03
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	5	0,21	1,20							5	0,07	0,40
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,21	0,16							5	0,07	0,05
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	3	0,13	0,07	3	0,13	0,02				6	0,08	0,03
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>							10	0,25	0,07	10	0,08	0,02
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	10	0,42	0,11							10	0,14	0,04
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>				10	0,42	0,56	10	0,25	0,33	20	0,22	0,30
Pom	<i>Stegastes albifasciatus</i>							1	0,03	0,33	1	0,01	0,11
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	2	0,08	2,96							2	0,03	0,99
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,08	2,36							2	0,03	0,79
<b>Total</b>		35	1,46	12,55	37	1,54	80,14	28	0,69	20,99	100	1,23	37,89
<b>Biodiv.</b>		10			14			7			24		
Ind. Shannon =		4,087											
Equitabilité =		0,891											

Sur l'ensemble des transects de la station, 100 individus appartenant à 24 espèces différentes ([figure 32](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.23 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 37.89 g/m<sup>2</sup>. 42 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 56](#)).

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



Tableau n°056 : Liste des espèces complémentaires (ST05)

Banc Ioro ST05					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Epibulus incidiator</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus brachialis</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Let	<i>Lethrinus nebulosus</i>	Sca	<i>Scarus frenatus</i>
Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 57](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 32](#).

 Tableau n°057 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST05)

Familles	Banc Ioro ST05				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	1	2	4	4	2
Anthiinae		1			
Balistidae					
Blenniidae	1			1	1
Caesionidae					
Canthigasteridae			1	1	
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	3	1	3	4	1
Dasyatidae			1		1
Epinephelinae	1	3	4	1	1
Gobiidae	1		1	1	
Haemulidae			2	1	1
Labridae	3	5	4	8	2
Lethrinidae		1	1	1	
Lutjanidae		1		1	
Mullidae		2	2	2	2
Nemipteridae	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	2	3	5	3	3



Pomacentridae	8	7	8	9	7
Ptereleotridae					
Scaridae	1	2	4	2	1
Scombridae					
Siganidae		1	3	2	1
Zanclidae					
Total	22	30	44	42	24

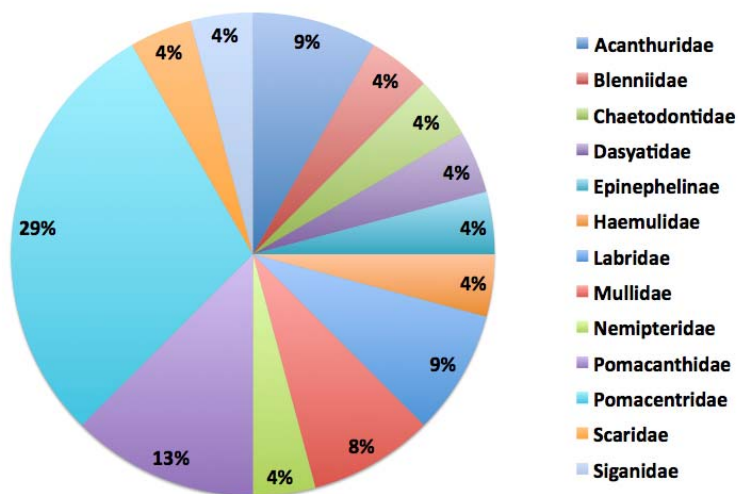


Figure n°032 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST05)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 58](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°058 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST05)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
36.40	68	88.25

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 59](#) et la [figure 33](#).

Tableau n°059 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST05)*

Banc Ioro ST05		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	35	1,46	12,55	10		
	Transect B	37	1,54	80,14	14		
	Transect C	28	0,69	20,99	7		
	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

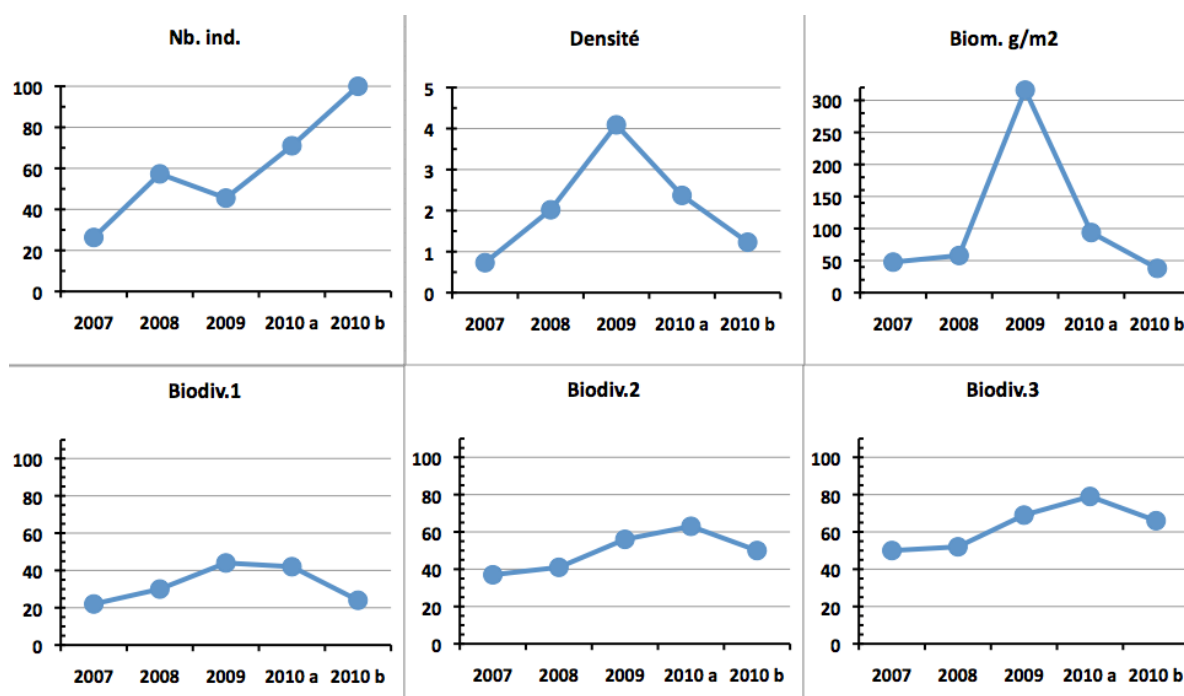


Figure n°033 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)*



## 4.6 Station 06 = Banc Ionotea

<b>Localisation géographique</b>	Au nord-est du banc Ionotea. Le banc Ionotea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. <a href="#">photographie 12</a> ) et subit les forts courants de marée et l'assaut des trains de houle. Aucun abri n'est possible.
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	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 courants intenses ont généré des éboulements de blocs (10 cm à 1 m) et retourné des <i>Acropora</i> tabulaires. Le transect C se situe en bas de pente. Au-delà, les massifs coralliens sont beaucoup plus espacés et le sable parsemé de débris, représente plus de 70 % du recouvrement.

### Description générale

La station est positionnée sur une pente abrupte inclinée entre 40-50° pour les profondeurs de 6 et 20 mètres.

Le banc est recouvert à son sommet principalement par des coraux du genre *Acropora* tabulaires et sub massif *Pocillopora* puis par une algue d'algues brunes des genres *Turbinaria* et *Sargassum*. Cette zone est fréquentée par de nombreuses tortues qui viennent se nourrir de ces algues. On note également la présence de deux couloirs d'avalanches avec des débris coralliens où les madrépores sont quasiment inexistantes.

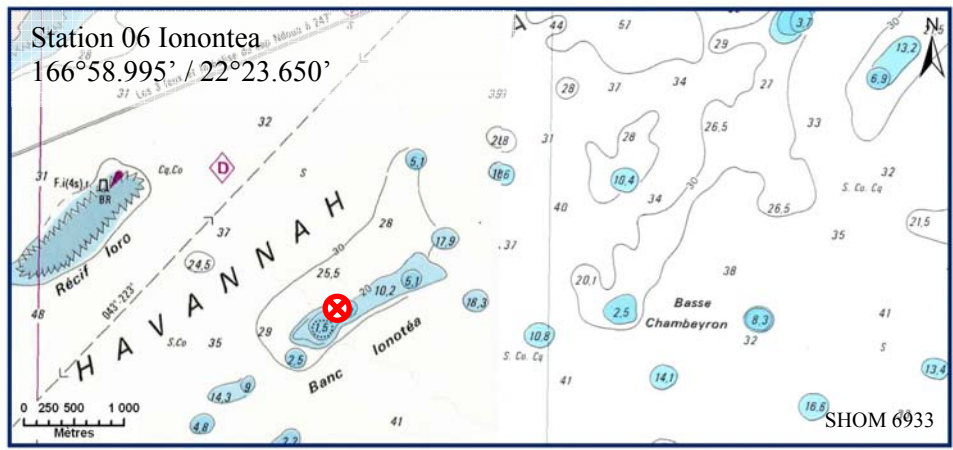
### Caractéristiques principales

- ↪ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée).
- ↪ Présence en grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (10 m de profondeur).
- ↪ Nombreux coraux tabulaires retournés.
- ↪ Mortalité corallienne et nombreux débris.
- ↪ Peu de blanchissement corallien (*Acropora* spp. branchu et tabulaire).
- ↪ Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Diminution du recouvrement de cyanobactéries (*Phormidium* sp.) (alors qu'il y avait des observations sur l'ensemble du récif depuis les missions de 2007).
- ↪ Prédation des mollusques (*Drupella*) sur quelques colonies coralliennes.
- ↪ Renouvellement des colonies coralliennes juvéniles.
- ↪ Richesse spécifique des coraux en augmentation d'une seule espèce pour les transects A et B.
- ↪ Absence de quelques spongiaires (*Sheciospongia vagabunda* et *Stellata globostellata*).
- ↪ Absence de toutes les astéries (*Gomophia* sp., *Nardoa gomophia* et *Nardoa* sp.).
- ↪ Evolution bathymétrique des holothuries.
- ↪ Richesse spécifique des macrophytes qui varie selon la saison (absence de *Turbinaria ornata*, présence de *Dictyota* et *Triclogloea requienii*).





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



Photo n°012 : Position en surface (ST06)

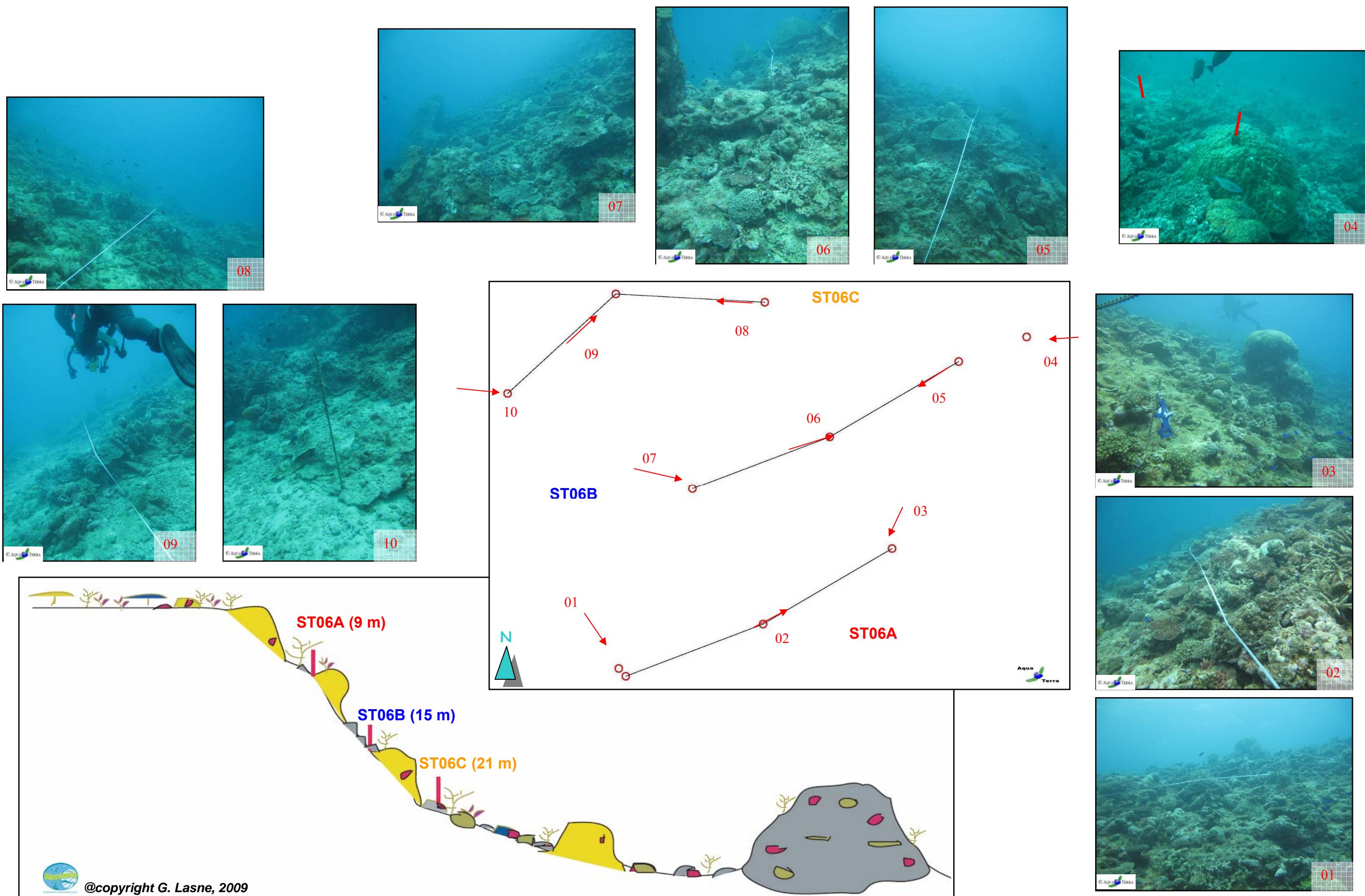


Figure n°034 : Schéma structural, plan et photographies de la ST06

### 4.6.1 Le substrat (ST06)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 35](#) pour le transect A, dans la [figure 36](#) pour le transect B et dans la [figure 37](#) pour le transect C.

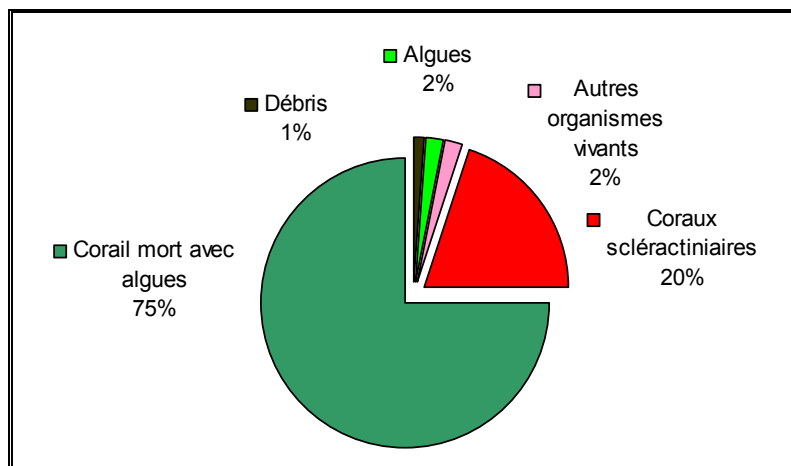


Figure n°035 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A*

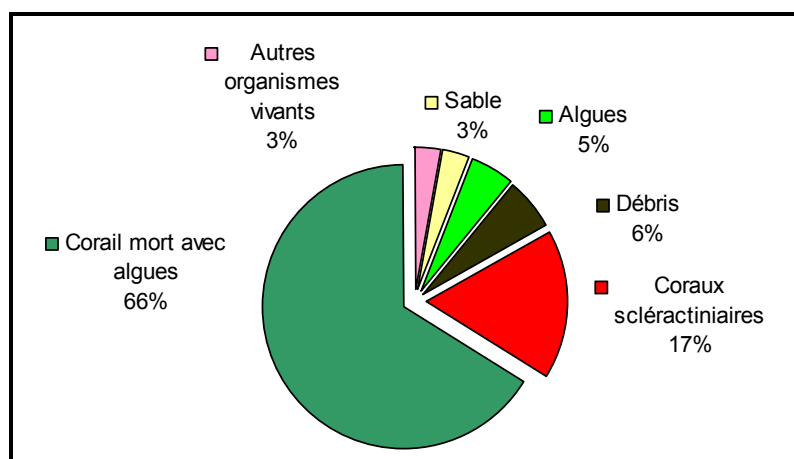


Figure n°036 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B*

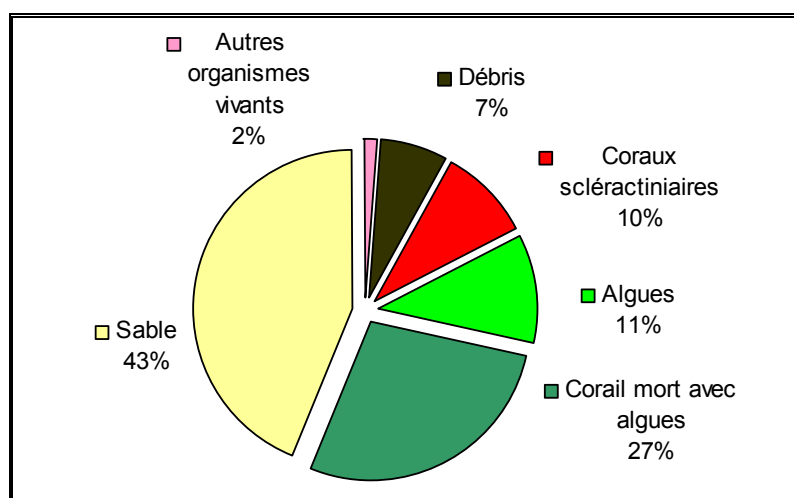


Figure n°037 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C*

Le substrat est très recouvert à cette station, notamment de coraux morts anciennement et colonisés par des algues calcaires encroûtantes (avec ainsi 99% de substrat biotique au transect A).

Les coraux scléactiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (20%, 17% et 9.5%).

A noter : disparitions des cyanobactéries sur le transect du bas, mais apparition sur celui du milieu (2.5%).

Les trois transects sont globalement stables par rapport à la mission précédente.

## 4.6.2 Le benthos (ST06)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

#### 4.6.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST06A)

Au sommet du récif le taux de recouvrement corallien vivant est faible mais la richesse spécifique est relativement importante pour ce niveau bathymétrique (79 espèces de coraux).

Tableau n°060 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	19	5
Agaraciidae	7	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	1	1
Dendrophyllidae	3	2
Faviidae	16	4
Fungiidae	4	2
Merulinidae	7	3
Mussidae	6	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	1	2
Pocilloporidae	6	4
Poritidae	2	3
Siderastreidae	3	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>77</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	1	2
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>79</b>	<b>/</b>

Les familles scléactiniaires (77 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (19 taxons), les Faviidae (16 taxons), les Merulinidae (7 taxons), les Agaraciidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Fungiidae (4 taxons) et les Dendrophyllidae (3



taxons). La richesse spécifique corallienne a augmentée de 1 espèce (*Coscinaraea columna*).

Les scléractiniaires se caractérisent par leur robustesse et leur résistance aux forts courants de marée et à l'assaut de la houle. De nombreuses colonies de petite taille (généralement décimétrique) adoptent des formes massives (Poritidae, Faviidae et Agariciidae), des formes encroûtantes (*Pavona varians*, *Montipora* spp., *Hydnophora pilosa*), des formes tabulaires (*Acropora* 3 spp.) et branchues (*Acropora* 4 spp., *Pocillopora damicornis*, *Seriatopora hystrix*, *S. calendrium*). A noter, la présence rare de *Gardineroseris planulata* et *Barabattoia amicorum*.

Le blanchissement corallien est faible, une colonie d'*Acropora* tabulaire est retournée autour du transect.

#### 4.6.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06A)

Les espèces de macrophytes et d'invertébrés sont adaptées aux milieux balayés par les courants. Les macrophytes sont encore moins abondantes que lors de la mission précédente, les genres *Turbinaria*, *Dictyota* et *Padina* n'ont pas été recensés lors de cette mission.

Tableau n°061 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	4	3
Algue verte	2	3
Cyanobactérie	1	1
Anémone	0	0
Ascidies	1	4
Bryozoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	0	0
Holothurie	1	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	1	2
Spongiaire	2	4
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	/

Le recouvrement de *Asparagopsis armata*, *Amphiroa* sp et *Halimeda* est faible et similaire au dernier recensement. Elles sont toujours disséminées par thalles à même la dalle. L'algue rouge *Triclogloea requienii* est nouvellement recensée.

Les alcyonaires (*Lobophytum*, *Simularia* et *Sarcophyton*) et les ascidies privilégient ce genre de biotope balayé par les courants de marée et où les eaux sont continuellement renouvelées (*Polycarpa cryptocarpa*). Cependant, *P. clavata* et *Clavelina detorta* ne colonisent plus le haut du récif.

Les spongiaires ne sont pas très variées (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) et sont dispersées par plaque sur la dalle et les petits massifs coralliens. Les zoanthaires (*Palythoa* sp.) forment de petites plaques et colonisent la dalle.

Les astéries *Gomophia* sp. et *Nardoa gomophia* n'ont pas été inventoriées par rapport à la mission précédente ainsi que *Holothuria edulis*. Seul *Thelenota ananas* représente le groupe des holothuries.

## 4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

### 4.6.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST06B)

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 68 espèces coralliennes dont deux espèces de *Millepora* (encroûtant et branchu) et un antipathaire nouvellement recensé (*Antipathus*). Les familles scléactiniaires (65 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (15 taxons), les Acroporidae (9 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Agariciidae (4 taxons), les Pectiniidae (4 taxons) et les Dendrophyllidae (4 taxons).

Le recouvrement en coraux vivants est plus faible que pour le niveau bathymétrique supérieur. De nombreuses colonies coralliennes de ce niveau ont été ensevelies, cassées ou entraînées par les éboulis de roches et de coraux morts provenant de l'étage supérieur. Les colonies vivantes sont de petite taille (*Pectinia* sp., *Euphyllia divisa*, *Pavona maldiviensis*, *Scapophyllia cylindrica*, *Pocillopora damicornis*, *Scolymia vitiensis*, *Pachyseris speciosa*, *Turbinaria mesenterina*, *Turbinaria peltata*, *Psammocora contigua*, *Cyphastrea japonica*, *Echinopora lamellosa*, *Favites abdita*, ...). Cependant, de grandes colonies de *Porites lobata* (2 m de diamètre) s'édifient sur la pente abrupte et de nouvelles colonies recouvrent le substrat détritique.

Tableau n°062 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	9	4
Agaraciidae	4	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	3
Faviidae	15	5
Fungiidae	3	3
Merulinidae	6	5
Mussidae	7	4
Oculinidae	2	4
Pectiniidae	4	4
Pocilloporidae	6	4
Poritidae	3	3
Siderastreidae	2	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>65</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>68</b>	/

Pour cette mission le blanchissement est relativement faible (une colonie d'*Acropora* spp.). Trois colonies observées blanchies (*Montipora* sp., *Pachyseris speciosa*, *Acropora* sp.) lors de la mission précédente sont

désormais mortes en place (prédation des mollusques *Murex* et *Drupella*). Ce phénomène de prédation est très localisé et n'a pas été ré-observé.

#### 4.6.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06B)

Les spongiaires du genre *Cliona* et en particulier l'espèce *C. orientalis* se répartissent abondamment sur les débris, les blocs et les coraux morts en place. Plusieurs exemples d'encroûtement de coraux scléactiniaires par les *Cliona orientalis* sont les marqueurs de la fragilité du récif et de la faiblesse des scléactiniaires dans ce milieu.

Les alcyonaires et les ascidies (*Polycarpa cryptocarpa* et *P. clavata*) sont également en compétition avec les coraux pour la colonisation du milieu. La place perdue par les coraux lors de l'effondrement de blocs (hypothèse du cyclone Erica) a été compensée par ces invertébrés.

Les macrophytes ont un recouvrement qui n'a presque pas évolué (réapparition de *Dictyota*). Les genres *Padina*, *Caulerpa* n'ont pas été recensés lors de cette mission (saisonnalité). Les cyanobactéries se développent de manière très marginale et elles sont de préférence localisées sur les thalles d'*Asparagopsis armata* en voie de décomposition saisonnière.

Aucune holothurie, ni astérie n'a été recensée lors de cette mission.

Tableau n°063 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	2
Algue brune	1	2
Algue rouge	4	2
Algue verte	2	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	2	3
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	1	2
Spongiaire	4	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	/

#### 4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

##### 4.6.2.3.1 Les Scléactiniaires (ST06C)

La richesse spécifique n'a pas augmenté pour cette mission. Ce niveau bathymétrique est colonisé par 73 espèces coralliennes dont une espèce de *Millepora* (encroûtant) et une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (71 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (9 taxons), les Agariciidae (9 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Mussidae (5

taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Dendrophyllidae (5 taxons) et les Pectiniidae (3 taxons).

Le bas de pente étant l'exutoire de nombreux débris coralliens et de roches, le recouvrement des coraux vivants est faible mais la richesse spécifique reste importante. De petites colonies recolonisent le site. Les espèces les plus abondantes sur ce site sont communes au lagon néo-calédonien (*Seriatopora histrix*, *Galaxea astreata*, *G. fascicularis* et *Pocillopora damicornis*).

A noter, la présence rare de *Physogyra lichtensteini*, *Pocillopora subseriata*, *Leptoseris scabra*, *L. hawaiiensis*, *Mycedium elephantotus*, *Pavona decussata*, *Sandalolitha robusta*, *Turbinaria mesenterina*, *Oulastrea crista*, *Pectinia lactuca*, *P. pæonia*, *Psammocora contigua*, *Hydnophora microconos* et *Acanthastrea echinata*.

Aucune colonie blanchie n'a été observée.

Tableau n°064 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST06C)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	9	3
Agaraciidae	9	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	1	1
Dendrophyllidae	5	3
Faviidae	17	4
Fungiidae	6	3
Merulinidae	3	2
Mussidae	5	3
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	4	2
Pocilloporidae	5	3
Poritidae	3	2
Siderastreidae	2	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>71</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>73</b>	/

#### 4.6.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06C)

Les années précédentes, la dégradation mécanique des coraux en sommet de récif puis l'éboulement de ces derniers jusqu'en bas de pente ont favorisé le développement des cyanobactéries, des spongiaires, des macrophytes et des ascidies.

Aujourd'hui ces groupes biotiques ont un recouvrement stagnant. Les cyanobactéries (*Phormidium* sp.) ont une concentration réduite, elles colonisent partiellement les débris coralliens et quelques coraux morts.

Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *C. jullieni*) se développent désormais de manière modérée sur quelques colonies coralliennes vivantes et des débris coralliens. Leur recouvrement n'a pas évolué depuis le dernier recensement.

Le recouvrement des macrophytes a peu varié : le genre *Dictyota* se développe à nouveau par thalles et les *Amphiroa* et quelques thalles d'*Halimeda* se répartissent sur la dalle et les débris coralliens.

L'espèce d'ascidie *Polycarpa cryptocarpa* est abondante alors que *Polycarpa clavata* est plus rare. Les crinoïdes sont fixées à même la dalle ou bien sur les promontoires coralliens afin de pouvoir être exposées aux courant de marée. Les holothuries sont rares et colonisent le substrat sableux ; *Holothuria atra* n'a pas été inventoriée, seule l'espèce *H. edulis* a été recensée lors de cette mission.

Tableau n°065 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST06C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	2
Algue brune	1	3
Algue rouge	2	2
Algue verte	1	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	2	4
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	1	1
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	1	1
Spongiaire	3	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	/

### 4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste des espèces observées<sup>10</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 66](#).

Tableau n°066 : *Données sur les poissons (ST06)*

Ionontea ST06		Transect			Transect			Transect			Station		
		A	A	A	B	B	B	C	C	C	Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>							2	0,04	2,87	2	0,02	7,25
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							1	0,04	2,87	1	0,01	5,10
Aca	<i>Acanthurus mata</i>							8	0,02	3,01	8	0,07	12,13
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	2	0,02	3,06				3	0,02	3,06	5	0,05	2,02
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>							10	0,01	3,15	10	0,10	1,00
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>							8	0,01	3,15	8	0,08	0,80
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	1	0,02	2,58							1	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	2	0,02	3,30							2	0,02	0,19
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	3	0,02	3,30				2	0,02	3,30	5	0,05	0,59
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	1	0,03	2,97							1	0,01	0,20
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>				1	0,01	3,24				1	0,01	2,07
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	1	0,01	3,06							1	0,01	3,26
Hae	<i>Plectorhinchus albobittatus</i>	2	0,02	3,04							2	0,01	30,10
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	3,17	1	0,01	5,47
Lab	<i>Coris aygula</i>							1	0,00	3,49	1	0,01	0,29
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,01	3,23				2	0,02	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,02	2,83	5	0,02	2,83				10	0,10	0,45
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>				4	0,01	3,04				4	0,04	0,30
Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatus</i>	8	0,01	3,10							8	0,08	0,15
Lab	<i>Gomphosus varius</i>							2	0,02	2,70	2	0,02	0,10
Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>							1	0,02	3,06	1	0,01	2,78
Let	<i>Lethrinus nebulosus</i>							1	0,02	3,00	1	0,01	3,46
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>							2	0,01	3,21	2	0,02	1,42
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>							3	0,01	3,21	3	0,03	2,13
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>							1	0,01	3,21	1	0,01	0,71
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				6	0,02	2,95	5	0,02	2,95	11	0,10	2,90
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>							2	0,07	2,58	2	0,02	0,10
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,09	2,46							2	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				3	0,09	2,46	3	0,09	2,46	6	0,06	0,24
Pom	<i>Chromis fumea</i>	10	0,01	3,35	10	0,01	3,35	15	0,01	3,35	35	0,36	0,21
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,02	3,18	5	0,02	3,18	4	0,02	3,18	14	0,15	0,03
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	2	0,02	3,00							2	0,02	0,00
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	8	0,03	3,13	5	0,03	3,13	9	0,03	3,13	22	0,23	0,30
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,03	3,02							5	0,05	0,04

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



Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	2	0,02	2,96							2	0,02	0,23
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>				1	0,02	2,96	2	0,02	2,96	3	0,02	3,42
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	2	0,02	2,97				1	0,02	2,97	3	0,02	3,47
<b>Total</b>		61	0,42	51,31	42	0,25	30,37	87	0,59	70,01	190	1,91	92,96
<b>Biodiv.</b>		17		10		23		37					
Ind. Shannon =		4,412											
Equitabilité =		0,847											

Sur l'ensemble des transects de la station, 190 individus appartenant à 37 espèces différentes (figure 38) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.91 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 92.96 g/m<sup>2</sup>. 44 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. tableau 67).

Tableau n°067 : Liste des espèces complémentaires (ST06)

Ionontea ST06					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Zebрасoma veliferum</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Chrysiptera unimaculata</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Pomacentrus imitator</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 68 et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la figure 38.

Tableau n°068 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST06)

Familles	Ionontea ST06				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	6	8	6	5	4
Anthiinae	2	2		1	2
Balistidae					
Blenniidae					1
Caesionidae			1	1	
Canthigasteridae					

Carangidae				4	
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	5	3	4	3	3
Dasyatidae					
Epinephelinae	5	4	5	5	2
Gobiidae					
Haemulidae		1	2	1	1
Labridae	5	8	1	7	7
Lethrinidae	1		1	1	2
Lutjanidae	2		3	2	
Mullidae	1	1		1	3
Nemipteridae	1	1		1	1
Pomacanthidae	6	4	2	2	3
Pomacentridae	5	4	3	4	5
Ptereleotridae	1	1			
Scaridae	4	3	3	4	3
Scombridae				1	
Siganidae	1	1		1	
Zanclidae					
Total	45	41	31	44	37

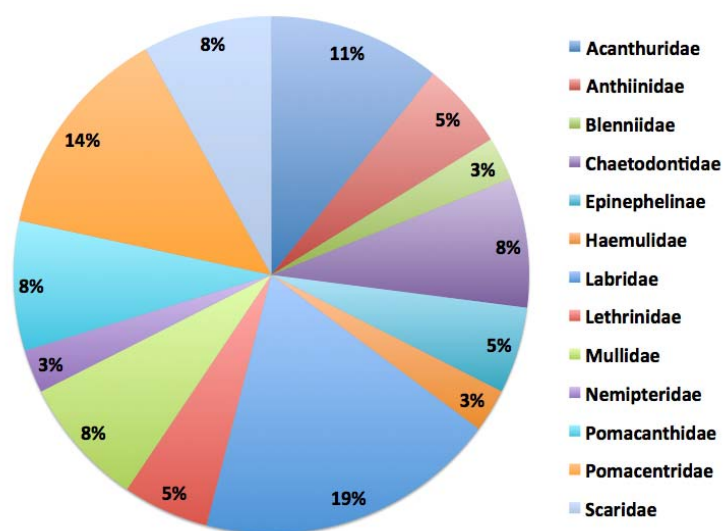


Figure n°038 : *Richesse spécifique par famille de poissons (ST06)*

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 69](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°069 : *Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST06)*

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
60.43	68	88.25



Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 39](#).

Tableau n°070 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST06)*

Ionontea ST06		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	61	0,42	51,31	17		
	Transect B	42	0,25	30,37	10		
	Transect C	87	0,59	70,02	23		
	Moy. ABC	190	1,91	92,96	37	58	81
2010 a	Moy. ABC	76,00	2,05	487,76	44	71	94
2009	Moy. ABC	27,00	1,17	226,52	31	33	81
2008	Moy. ABC	43,67	2,99	385,65	41	54	67
2007	Moy. ABC	42,67	2,45	1322,4	45	51	60

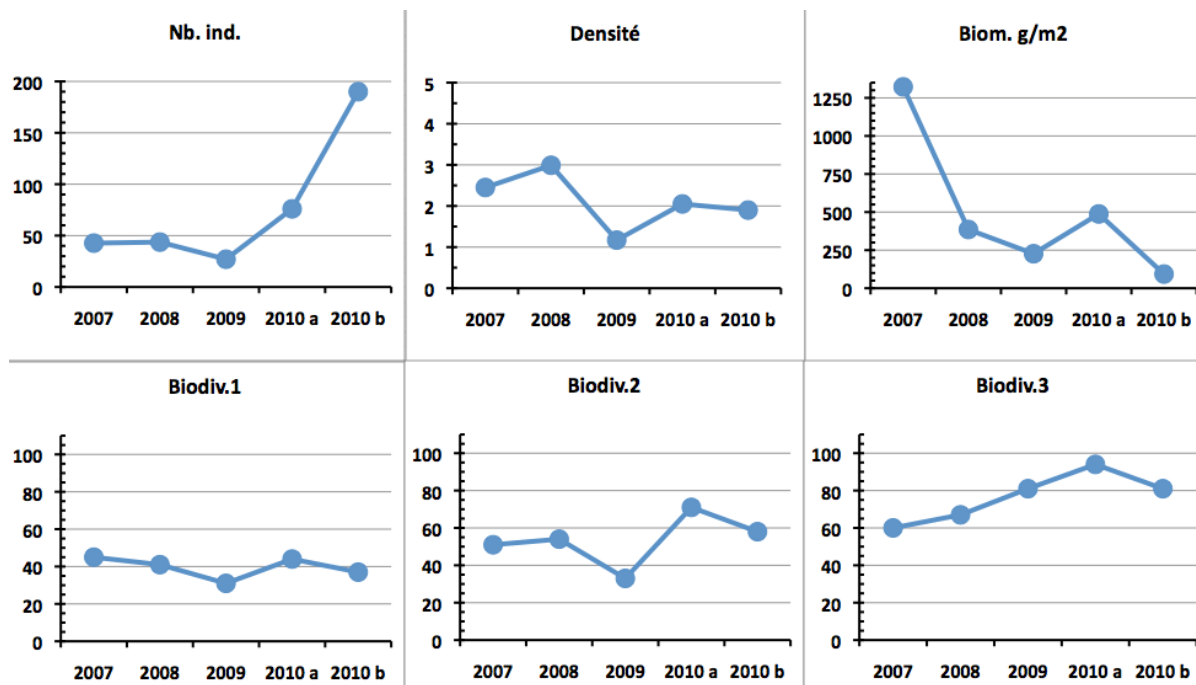


Figure n°039 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST06)*



## 4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

<b>Localisation géographique</b>	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. <a href="#">photographie 13</a> ) et qui subit les forts courants de marée et l'assaut des trains de houle. Aucun abri n'est possible.
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés aux profondeurs de 7, 17 et 22 mètres, avec une orientation du nord-est vers le sud-ouest.
	Ils se placent depuis la rupture du tombant récifal jusqu'à la pente sédimentaire (zone d'accumulation de débris et de roche). Cette pente est d'environ 40°.

### Description générale

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

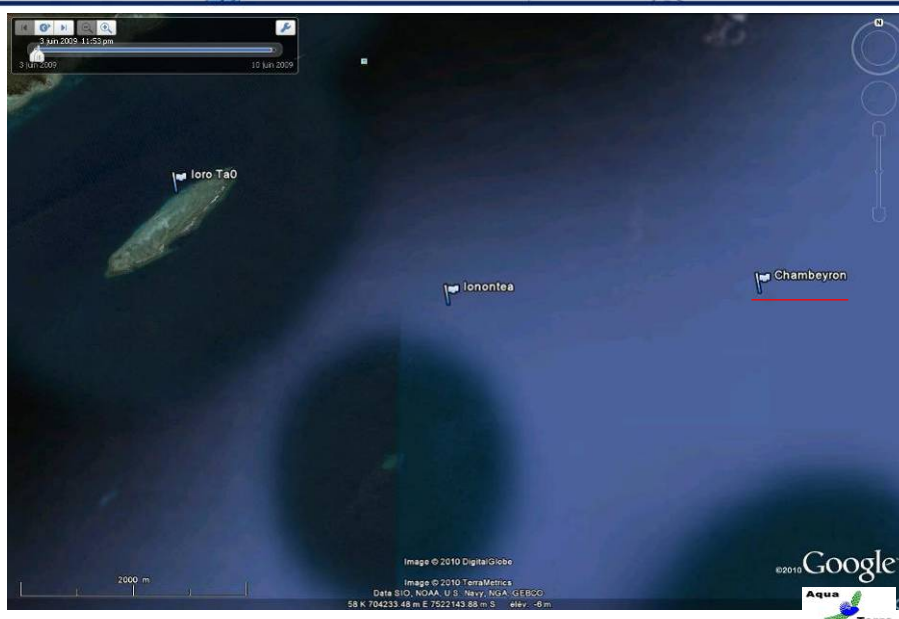
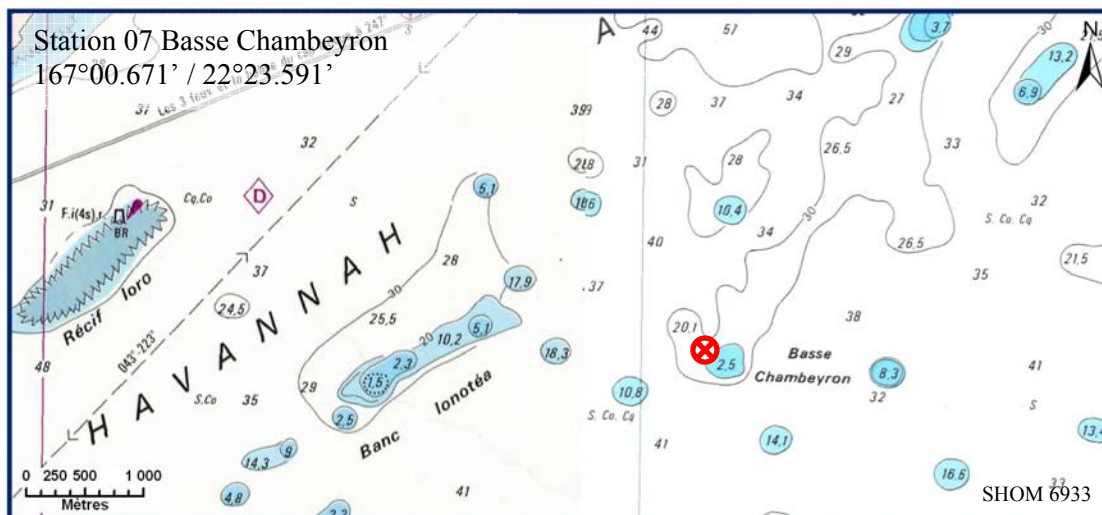
Sur le dessus du banc (3-5 mètres), la plupart des espèces adaptées au ressac n'ont pas été détruites et sont encore en place. Leur taux de recouvrement est d'environ 10-15 %. Juste avant la rupture de pente (5 à 7 mètres) on trouve une zone d'*Acropora* branchu (*Acropora* cf. *formosa*) monospécifique, paradoxalement intacte par place. Au delà de 6-7 mètres, la pente est inclinée à 40°, la zone présente un nombre conséquent de roches et de débris coralliens de tailles variées et la majorité des scléactiniaires (60%) sont détruits (certainement par le cyclone Erica et les fortes houles). 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. Désormais les colonies recolonisent la pente récifale.

### Caractéristiques principales

- ↪ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) et taille relativement petite des colonies.
- ↪ Mortalité corallienne importante : couloir d'avalanche avec nombreux débris et coraux tabulaires retournés.
- ↪ Recolonisation des débris et de la dalle par des colonies coralliennes.
- ↪ Les spongiaires (*Cliona julliinei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Richesse spécifique des coraux en très légère augmentation pour les transects A et B.
- ↪ Présence de *Blastomussa wellsi* au transect B (espèce rare).
- ↪ Très peu de blanchissement : quelques colonies (*Acropora*, *Porites*).
- ↪ Prédation des mollusques (*Murex*) sur quelques coraux tabulaires.
- ↪ Recouvrement faible des cyanobactéries (*Phormidium* sp.).
- ↪ Recrutement corallien modéré (colonies coralliennes juvéniles).
- ↪ Mortalité de colonies coralliennes par dégradation mécanique de la houle et du ressac.
- ↪ Mobilité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques.
- ↪ Saisonnalité des algues (*Turbinaria*, *Neomeris*, *Caulerpa*, *Halimeda*).
- ↪ Saisonnalité des éponges (*Hamigera*, *Stellata*, *Leucetta*).



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



Photo n°013 : Position en surface (ST07)

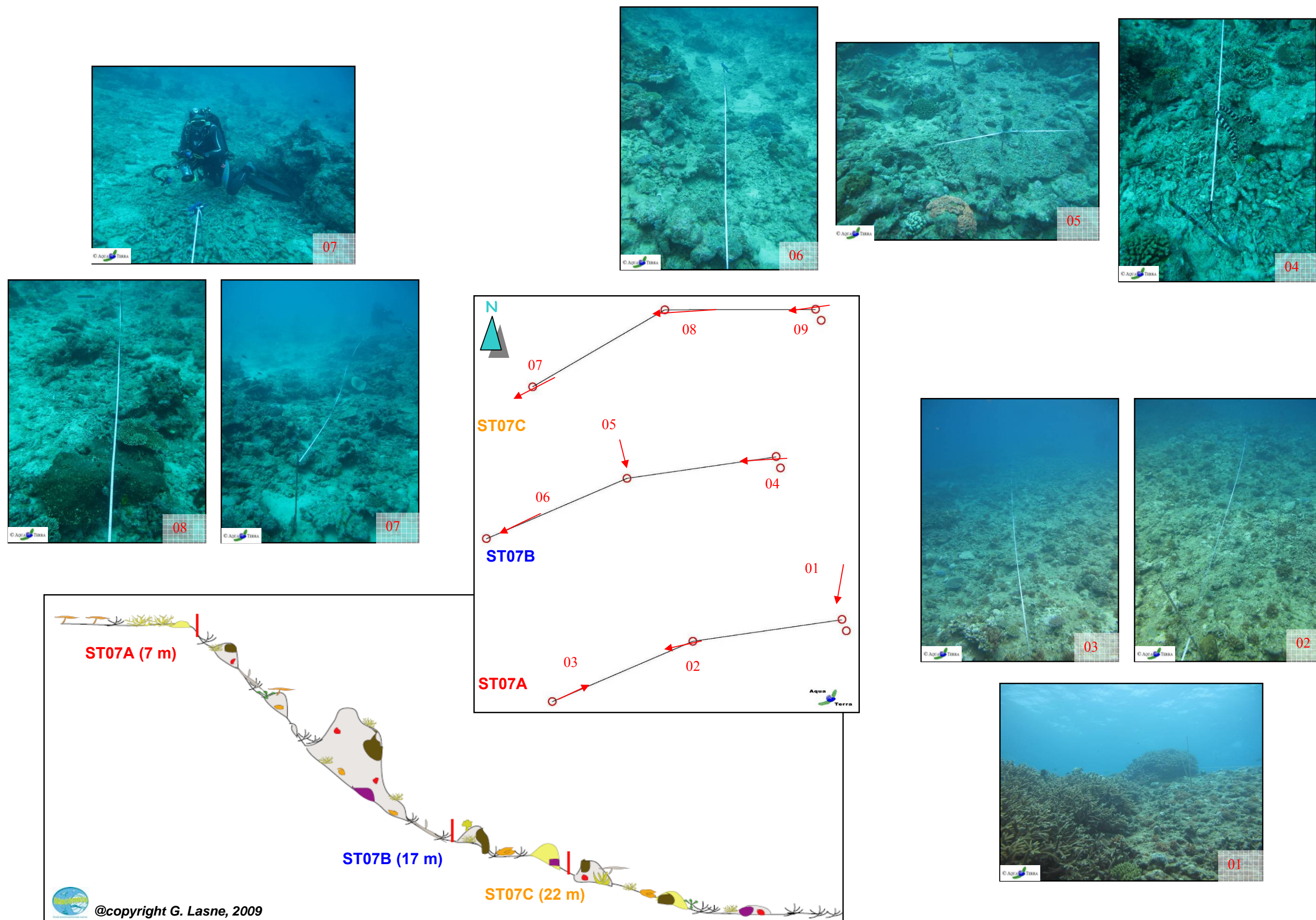


Figure n°040 : Schéma structural, plan et photographies de la ST07

### 4.7.1 Le substrat (ST07)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 41](#) pour le transect A, dans la [figure 42](#) pour le transect B et dans la [figure 43](#) pour le transect C.

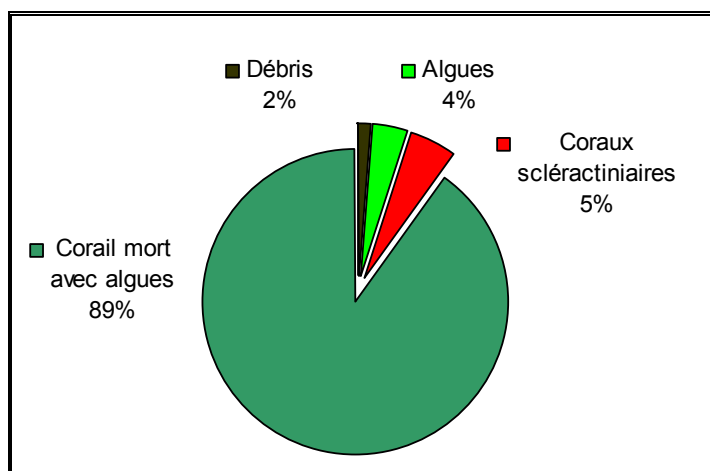


Figure n°041 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A*

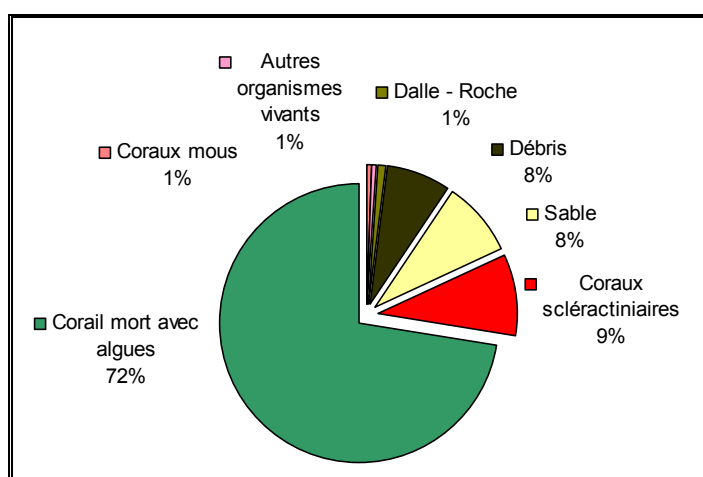


Figure n°042 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B*

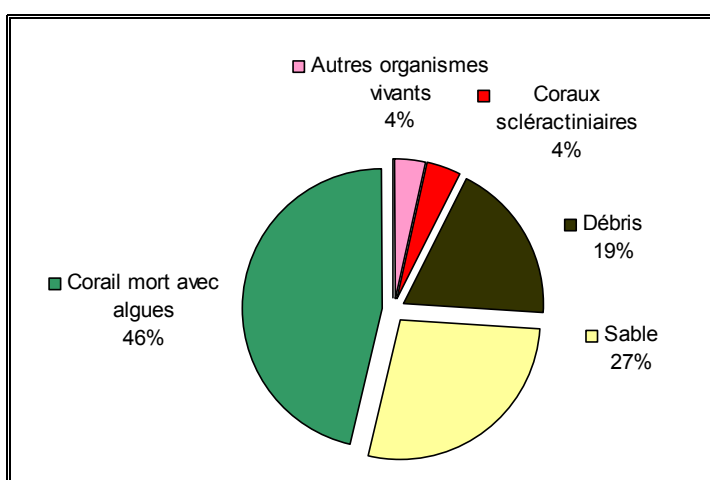


Figure n°043 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C*

Cette station a un substrat qui est très biotique (notamment au 1<sup>er</sup> transect : 98.5%), mais cela est principalement dû aux coraux morts - et aux débris, classés alors dans cette catégories - recouverts d'algues et particulièrement d'algues calcaires encroûtantes.

Les coraux scléactiniaires sont faiblement représentés : respectivement 5%, 9.5% et 4%.

Les trois transects sont globalement stables par rapport à la mission précédente.

## 4.7.2 Le benthos (ST07)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

#### 4.7.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST07A)

Le recouvrement corallien est faible ainsi que la richesse spécifique. Cependant, 2 espèces ont été nouvellement recensées pour cette mission (*Sandalolitha robusta* et *Symphyllia valenciennesis*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 53 espèces coralliennes et les familles scléactiniaires (53 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (16 taxons), les Faviidae (15 taxons), les Mussidae (7 taxons) et les Pocilloporidae (6 taxons).

Tableau n°071 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	16	5
Agaraciidae	1	1
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	1	1
Faviidae	15	5
Fungiidae	2	1
Merulinidae	2	2
Mussidae	7	3
Oculinidae	1	3
Pectiniidae	0	0
Pocilloporidae	6	4
Poritidae	2	2
Siderastreidae	0	0
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>53</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>53</b>	/

Les colonies scléactiniaires qui se développent en haut de récif, adoptent des morphoses robustes pour résister aux fréquents ressacs : formes branchues robustes (*Pocillopora eydouxi*, *P. damicornis*, *P. verrucosa*,

*P. meandrina* et *Seriatopora calendrium*), formes encroûtantes (*Montipora* spp. et *Galaxea fascicularis*), formes massives (*Symphyllia* cf. *recta*, *Hydnophora microconos*, *Porites* sp. et *Platygyra* spp.). Cependant, une zone d'*Acropora* branchu (*Acropora* cf. *formosa*) monospécifique est paradoxalement intacte par place.

#### 4.7.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07A)

Les macrophytes, les alcyonaires et les spongiaires ont un recouvrement faible. Les espèces qui se développent sont adaptées à un milieu balayé par les courants.

Les macrophytes montrent des variations saisonnières importantes (absence des espèces *Turbinaria ornata*, *Caulerpa* sp1, *Neomeris van bosseae* et augmentation de l'espèce *Asparagopsis armata*). Les autres espèces d'algues sont minoritaires et représentées par quelques thalles d'algues vertes (*Halimeda*, *Chlorodesmis fastigiata*) et d'algues brunes (*Padina* sp.). D'une manière générale, les algues sont réparties à travers tous les substrats durs (dalle, débris, roches, coraux vivants) mais elles privilégient les anfractuosités pour être à l'abri du courant.

Une espèce d'holothurie est nouvellement recensée (*Actinopyga palauensis*) et le genre d'alcyonaire (*Dendronephythya*) n'est plus dans la zone du couloir de ce niveau bathymétrique.

Les spongiaires, les zoanthaires (*Palythoa* sp.), ainsi que les ascidies (*Polycarpa clavata*, *P. Cryptocarpa* et *Clavelina detorta*) n'ont pas ou très peu d'évolution par rapport à la dernière mission. Ces organismes sont dispersés par petites plaques ou petites colonies et se fixent sur les substrats durs.

Les crinoïdes privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée : leur abondance est plutôt modérée mais les individus de ce groupe normalement fixés sur les promontoires afin de capter au mieux leur nourriture, sont en fait cachés dans les cavités du récif (à cause du courant fort).

Tableau n°072 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07A)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	4
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	1	1
Ascidies	3	3
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	1	1
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	1	1
Spongiaire	5	4
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>/</b>

#### 4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

##### 4.7.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST07B)

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 66 espèces coralliennes dont deux espèces de *Millepora* branchu et encroûtant. La richesse spécifique a augmenté de 3 espèces (*Pectinia paeonia*, *Halomitra pileus*, *Blastomussa wellsi*). Cette dernière espèce est rare dans le lagon de Nouvelle-Calédonie.

Les familles scléactiniaires (64 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (14 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Acroporidae (7 taxons), les Agaraciidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons) et les Dendrophyllidae (4 taxons).

Tableau n°073 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07B)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	7	4
Agaraciidae	7	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	2
Faviidae	14	4
Fungiidae	3	3
Merulinidae	4	3
Mussidae	8	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	4	2
Pocilloporidae	6	3
Poritidae	4	3
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>64</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>66</b>	<b>/</b>

Le blanchissement des colonies encore en place est faible. Deux colonies blanchies d'*Acropora* et une colonie de *Porites* sp. ont été observées (marque de prédation soit de *Murex* et /ou *Drupella*).

La mortalité corallienne est importante mais serait plutôt en relation avec l'hydrodynamisme : de grands Acroporidae tabulaires de plus d'un mètre d'envergure gisent (tête retournée) sur cette pente. Ils ont été arrachés et transportés par des houles exceptionnelles ou bien par un cyclone récent (Erica). Dans le même registre mais d'une manière moins exceptionnelle de nombreux débris coralliens branchus sont éparpillés sur la dalle. A vingt mètre à l'ouest du transect, des couloirs d'avalanche sont le lieu d'accumulations importantes de ces débris.

Dans les zones protégées, des buissons branchus d'*Acropora formosa* et des colonies massives de *Porites* sp. sont encore en place et en bonne santé. Par place, quelques petites colonies ont recolonisé les débris coralliens (*Turbinaria peltata*, *T. stellulata*, *Seriatopora calendrium*, *Galaxea fascicularis*, *G. astreata*,



*Leptoseris scabra*, *Montipora* cf. *verrucosa*, *M.* cf. *danae*, *Symphyllia radians*, *Mycedium elephantopus*, ...).

Quelques petites cuvettes de sable sont colonisées par les Fungidae (*Sandalolitha robusta*, *Halomitra pileus* et *Fungia* sp.).

#### 4.7.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07B)

Les macrophytes, les spongiaires, les alcyonaires et les ascidies ont une évolution très faible par rapport à la dernière mission. Les algues sont représentées par les algues rouges *Asparagopsis* cf. *armata*, ainsi que quelques algues brunes (*Dictyota* sp.). Les éponges encroûtantes (*Cliona orientalis* et *C. jullieni*) colonisent la dalle, les débris coralliens et de rare coraux vivants.

Par contre, les organismes mobiles évoluent entre les niveaux bathymétriques. Aucune astérie n'a été recensée pour cette mission ni de mollusque prédateur des coraux (*Murex*). Les holothuries (*Bohadschia argus* et *Holothuria atra*) sont rares et éparpillées sur le sable et les débris coralliens (*H. nobilis* n'a pas été observée lors de cette mission).

Tableau n°074 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	4
Algue brune	1	2
Algue rouge	1	2
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	3	3
Bryzoaire	1	2
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	1	1
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	2	2
Spongiaire	3	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	/

#### 4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

##### 4.7.2.3.1 Les Scléactiniaires (ST07C)

Des dégradations avaient été constatées lors de la mission précédente accompagnée d'une baisse de la richesse spécifique de huit espèces et d'une mortalité corallienne conséquente (éboulement de débris). Désormais très peu de variations ont été détectées et les communautés coralliennes ont retrouvé une stabilité (une espèce nouvellement recensée *Leptoseris yabei*).

Les coraux sont donc représentés par 41 espèces dont une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (40 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (10 taxons), les Acroporidae (8 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les

Pocilloporidae (3 taxons) et les Pectiniidae (2 taxons).

Le recouvrement en coraux vivants est faible, les colonies juvéniles ou bien de petite taille ont du mal à s'édifier car elles sont fragiles et ne résistent pas à l'accumulation de débris et de roches. Les scléactiniaires adoptent des formes branchus robustes (*Pocillopora damicornis* et *P. verrucosa*), des formes massives (*Astreopora myriophthalma*, *Lobophyllia corymbosa*, *L. hemprichii*, *Symphyllia* sp., *Favia* spp, *Favites* spp), des formes encroûtantes (*Montipora* spp., *Galaxea fascicularis*, *Cyphastrea serailia*, *C. microphthalma*) et des formes libres (*Fungia* sp., *Halomitra pileus* et *Sandalolitha robusta*).

Le blanchissement est relativement faible, deux colonies d'*Acropora* et de *Porites* sont nouvellement dégradées.

Tableau n°075 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST07C)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	8	4
Agaraciidae	4	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	2
Faviidae	10	5
Fungiidae	4	2
Merulinidae	0	0
Mussidae	4	2
Oculinidae	1	2
Pectiniidae	2	2
Pocilloporidae	3	3
Poritidae	2	3
Siderastreidae	0	0
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>40</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>41</b>	<b>/</b>

#### 4.7.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07C)

Les alcyonaires et les ascidies ont une évolution très faible par rapport à la dernière mission.

Les alcyonnaires sont peu abondants mais variés (*Lobophytum*, *Sarcophyton*, et *Drendronephthya*). Le genre *Sinularia* n'a pas été recensé. Les ascidies (*P. Cryptocarpa* et *Clavelina detorta*) colonisent les substrats durs et *Polycarpa clavata* est moins abondante.

Les spongiaires n'ont pas un recouvrement important. Les éponges encroûtantes (*Cliona orientalis* et *C. jullienei*) colonisent de petites surfaces de la dalle et des débris. Deux espèces d'éponge de petite taille et peu répandues n'ont pas été déterminées (couleur noire et beige).

Les espèces *Stellata globostellata* et *Hamigera strongylata* n'ont pas été inventoriées lors de cette mission.

Les holothuries (*Holothuria atra* et *Thelenota anax*) sont rares et colonisent le sable et les débris coralliens.

Les organismes mobiles évoluent entre les niveaux bathymétriques. Les astéries (*Nardoa gomophia*) n'ont pas été recensées pour cette mission ainsi que les mollusques du genre *Trochus* sp.. Par contre, deux spécimens (*Stombus sinuatus* et *Lambis truncata*) ont nouvellement colonisés le sédiment meuble du bas de pente.

Aucune espèce de macrophyte, n'a été observée dans ce couloir situé en bas de pente.  
A noter que les cyanobactéries sont toujours présentes mais de manière très marginale.

Tableau n°076 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST07C)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	0	0
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	3	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	1	1
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	3	2
Spongiaire	4	3
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	/

### 4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste des espèces observées<sup>11</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 77](#).

Tableau n°077 : *Données sur les poissons (ST07)*

Basse Chambeyron ST07		Transect			Transect			Transect			Station		
Fam	Espèces	A			B			C			Total	Moyenne	
		Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>							8	0,20	59,77	8	0,07	19,92
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>							2	0,06	0,94	2	0,02	0,31
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,06	0,92	1	0,03	0,19				3	0,03	0,37
Ant	<i>Pseudanthias pasqualus</i>	15	0,47	1,81							15	0,16	0,60
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				1	0,03	0,63				1	0,01	0,21
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	1	0,03	0,13							1	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	2	0,06	0,35							2	0,02	0,12
Cha	<i>Chaetodon ornatissimus</i>				2	0,06	2,46				2	0,02	0,82
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>				2	0,06	0,77				2	0,02	0,26
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>				3	0,09	0,64				3	0,03	0,21
Cha	<i>Heniochus varius</i>				3	0,08	1,82				3	0,03	0,61
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	1	0,03	1,18							1	0,01	0,39
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	1	0,02	22,66							1	0,01	7,55
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>							1	0,02	13,83	1	0,01	4,61
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							1	0,02	67,89	1	0,01	22,63
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							2	0,06	42,13	2	0,02	14,04
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				3	0,08	4,06				3	0,03	1,35
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	2	0,06	0,19							2	0,02	0,06
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,13	0,91				5	0,16	0,47	9	0,09	0,46
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	5	0,16	0,27							5	0,05	0,09
Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	8	0,25	1,30							8	0,08	0,43
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	3	0,09	0,44	2	0,06	0,42				5	0,05	0,29
Lut	<i>Aprion virescens</i>				1	0,02	23,72				1	0,01	7,91
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>							2	0,06	1,58	2	0,02	0,53
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	5	0,13	8,62				8	0,25	8,93	13	0,13	5,85
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>							3	0,09	0,44	3	0,03	0,15
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				2	0,06	0,04	3	0,09	0,30	5	0,05	0,11
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>				2	0,05	10,18				2	0,02	3,39
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	5	0,16	0,50							5	0,05	0,17
Pom	<i>Chromis fumea</i>							20	0,63	0,36	20	0,21	0,12
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>							5	0,16	0,04	5	0,05	0,01
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,31	0,09							10	0,10	0,03
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	10	0,31	0,08							10	0,10	0,03

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

Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,16	0,21	5	0,16	0,21	3	0,09	0,19	13	0,14	0,20
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>				3	0,09	1,82				3	0,03	0,61
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>				4	0,13	4,53				4	0,04	1,51
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>				1	0,03	10,21				1	0,01	3,40
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				1	0,02	12,30				1	0,01	4,10
<b>Total</b>		79	2,42	39,66	36	1,05	73,99	63	1,89	196,86	178	1,79	103,51
<b>Biodiv.</b>		16		16		13		38					
Ind. Shannon =		4,696											
Equitabilité =		0,895											

Sur l'ensemble des transects de la station, 178 individus appartenant à 38 espèces différentes (figure 44) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.79 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 103.51 g/m<sup>2</sup>. 48 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. tableau 78).

Tableau n°078 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Basse Chambeyron ST07					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>
<b>Carch</b>	<b><i>Carcharhinus albimarginatus</i></b>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>
Cir	<i>Cirrhhichthys forsteri</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifera</i>
Epi	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Epi	<i>Variola louti</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus flavomaculatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Let	<i>Gymnocranius euanus</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Lab	<i>Anampses caeruleopunctatus</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Scom	<i>Scomberomorus commerson</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 79 et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la figure 44.

Tableau n°079 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST07)

Familles	Basse Chambeyron ST 07				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	3	3	5	5	<b>3</b>
Anthiinae		3	1		<b>1</b>
Balistidae					

Blenniidae		1		1	
Caesionidae	1	1			
Canthigasteridae			1		
Carangidae					
Carcharhinidae	1			1	
Chaetodontidae	4	9	4	8	7
Dasyatidae					
Epinephelinae	2	3	5	5	5
Gobiidae					
Haemulidae					
Labridae	6	6	4	7	6
Lethrinidae					
Lutjanidae				1	1
Mullidae	2	1			1
Nemipteridae	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	3	4	2	3	3
Pomacentridae	4	6	2	7	6
Ptereleotridae					
Scaridae	5	5	4	5	4
Scombridae					
Siganidae	1	1		1	
Zanclidae					
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>29</b>	<b>45</b>	<b>38</b>

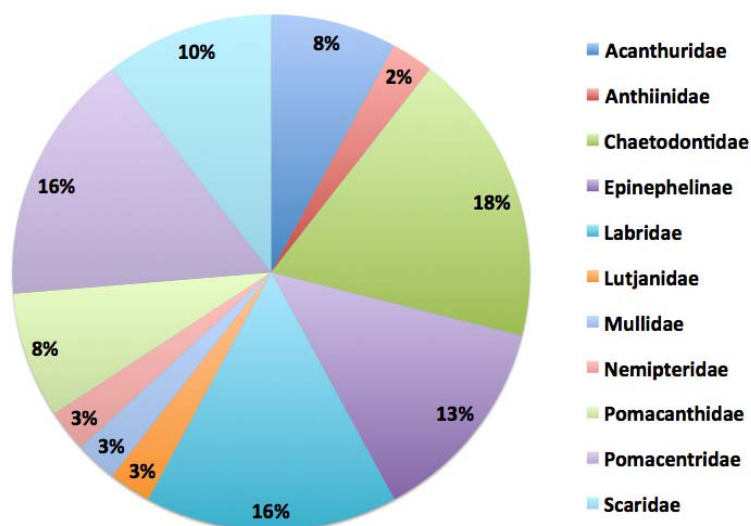


Figure n°044 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST07)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 80](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°080 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2010 (ST07)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
35.50	60	79.08

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 81](#) et la [figure 45](#).

Tableau n°081 : Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	79	2,42	39,66	16		
	Transect B	36	1,05	73,99	16		
	Transect C	63	1,89	196,86	13		
	Moy. ABC	178	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

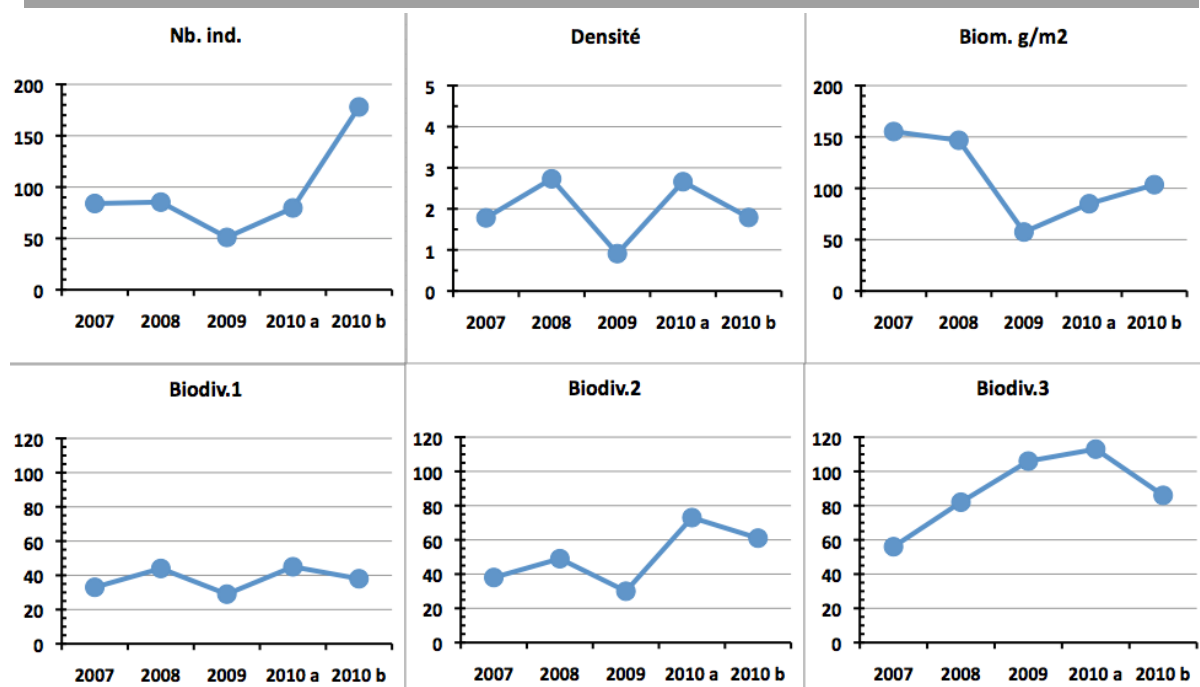


Figure n°045 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

## 4.8 Station 08 = Pointe Puka

<b>Localisation géographique</b>	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tâche blanche ( <a href="#">photographie 14</a> ).
<b>Nombre transects</b>	2 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente du récif frangeant à 9 et 12 mètres de profondeur dans un alignement du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A a été installé au pied de deux éperons et traverse un sillon. Le transect B est éloigné d'une cinquantaine de mètres vers le sud du 1 <sup>er</sup> transect. Il est positionné sur la pente sédimentaire qui est composée de sable et de débris coralliens plus importants par rapport au transect supérieur (rupture de faciès). De grandes colonies de <i>Porites lobata</i> de taille pluri métrique permettent de repérer ce transect.

### Description générale

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

Au-delà du système éperon-sillon, la pente sédimentaire recèle l'une des plus fortes richesses spécifiques coralliennes de toutes les stations du réseau de surveillance. 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 14-15 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.

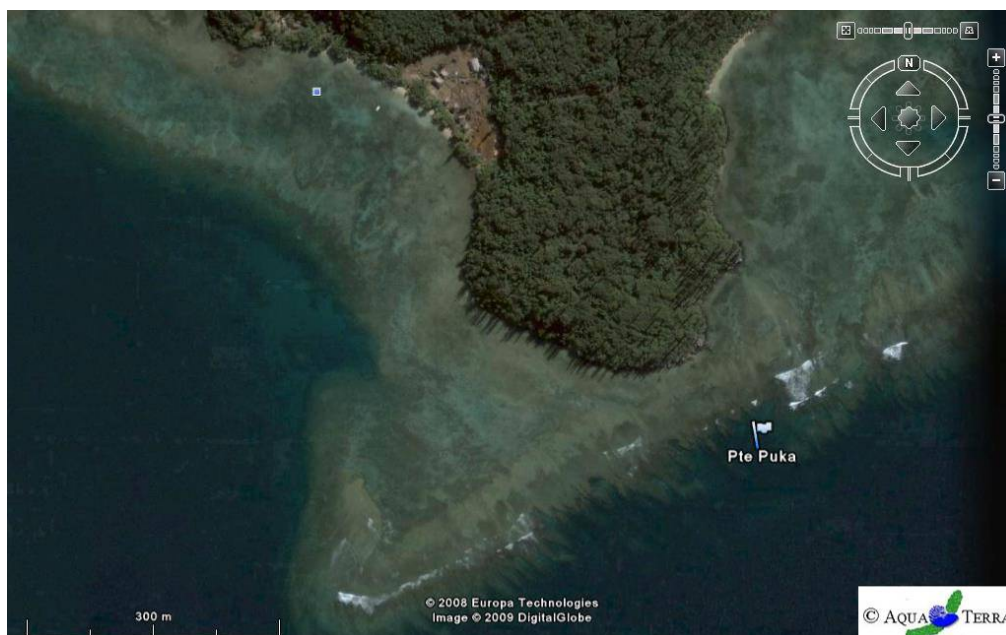
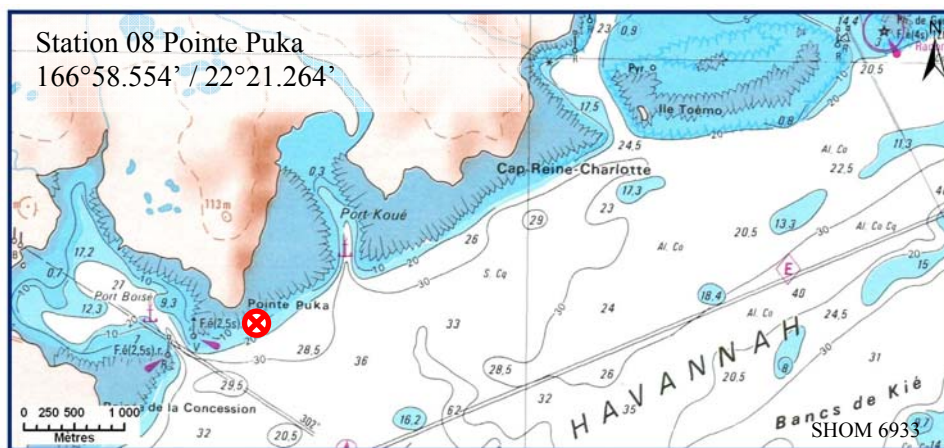
### Caractéristiques principales

- ↪ Richesse spécifique corallienne élevée au pied des éperons et au début de la pente sédimentaire.
- ↪ Croissance de grandes colonies de *Porites lobata* (avec quelques tumeurs).
- ↪ Présence de *Tubipora musica* au deuxième transect.
- ↪ Encroûtement des quelques coraux vivants par les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) (cf. [atlas photographique ST08B](#)).
- ↪ Recrutement corallien (colonies coralliennes juvéniles).

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Baisse du recouvrement en cyanobactéries sur le transect A.
- ↪ Légère augmentation du recouvrement en algue brune (*Dictyota*).
- ↪ Richesse spécifique des coraux en très légère augmentation.
- ↪ Peu de blanchissement corallien (*Acropora* spp., branchu et tabulaire).
- ↪ Augmentation d'abondance des coraux mobiles (*Fungia*).
- ↪ Grande mobilité des holothuries (variation spécifique) et des astéries (quasi absentes).





Carte n°010 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)

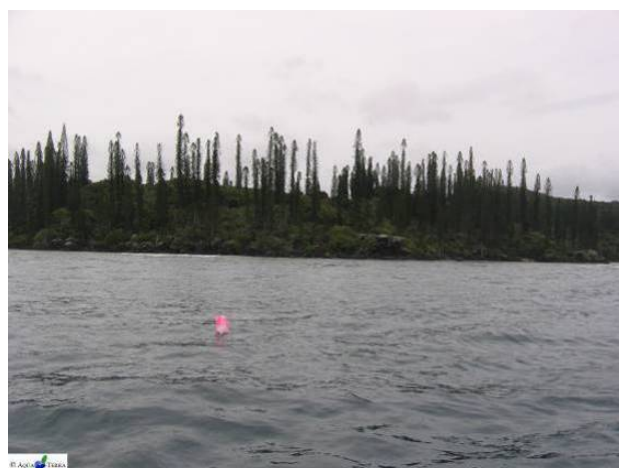


Photo n°014 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)

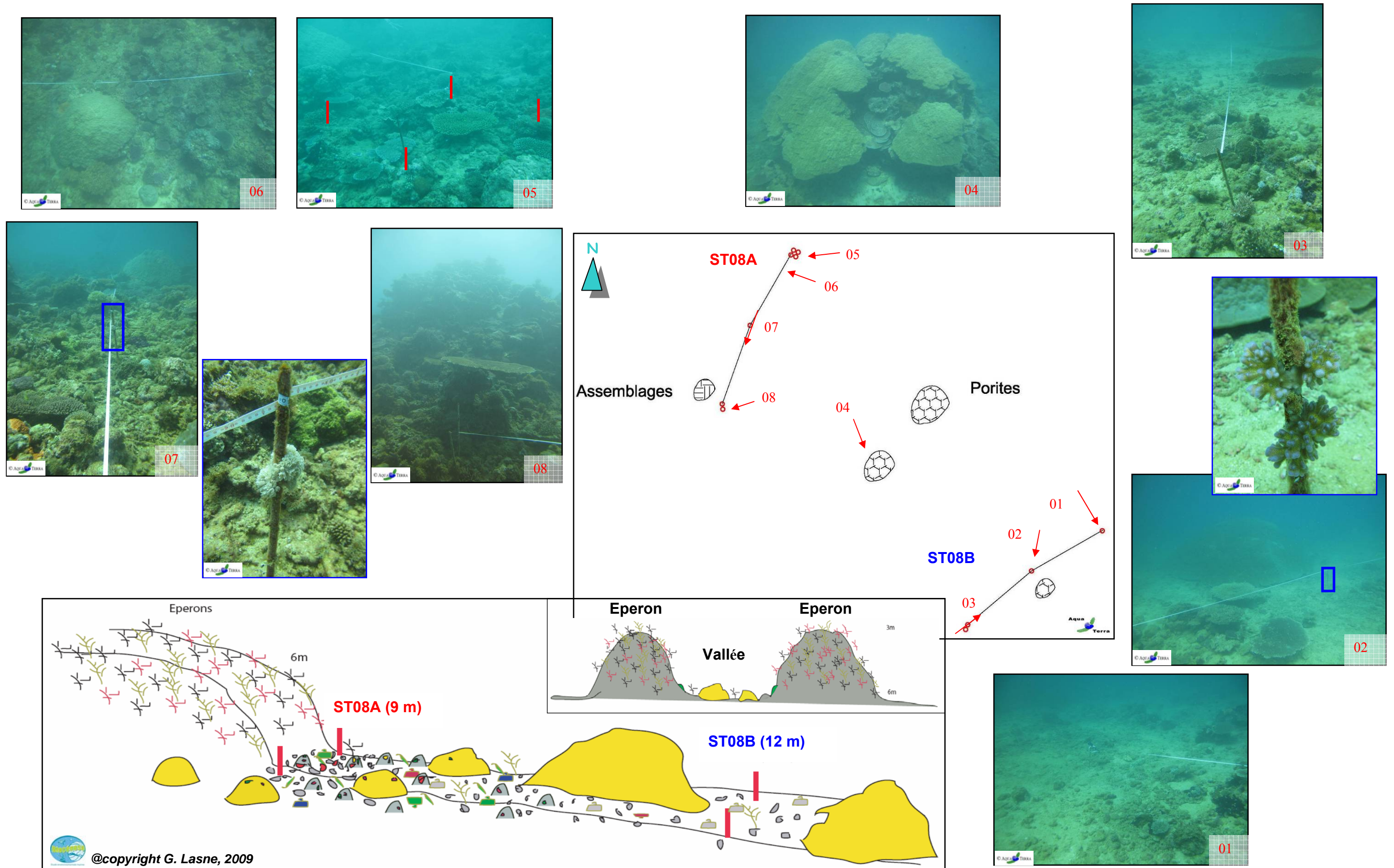


Figure n°046 : Schéma structural, plan et photographies de la ST08

### 4.8.1 Le substrat (ST08)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 47](#) pour le transect A et dans la [figure 48](#) pour le transect B.

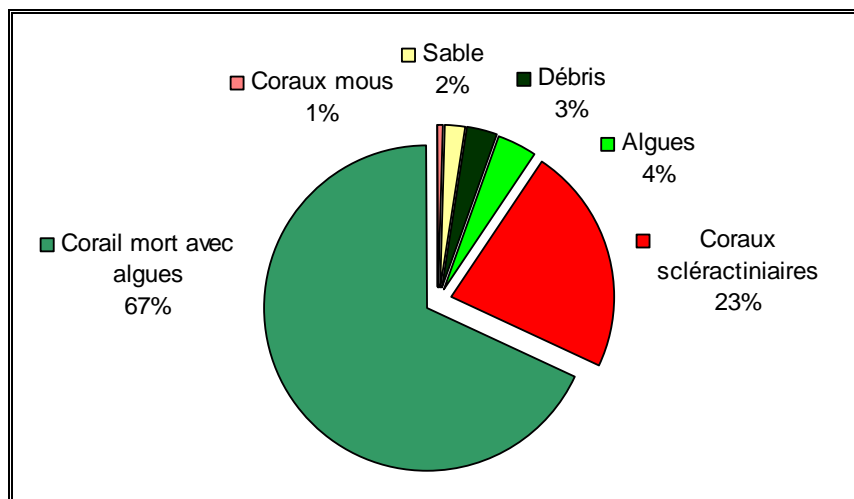


Figure n°047 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A*

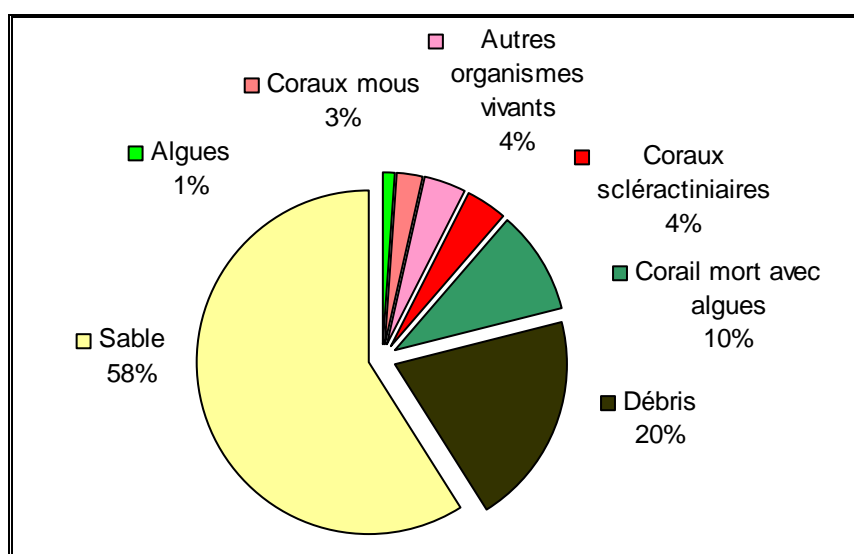


Figure n°048 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B*

Les deux transects sont très différents : le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (68%) avec 22.55% de coraux scléactiniaires vivants. Il présente pour cette mission 95% de recouvrement biotique, part en légère augmentation, toujours dû au recouvrement des débris par un tuff algal.

Sur le transect B, on peut observer essentiellement du sable (59%) et des débris (20%) avec 4% de coraux scléactiniaires (légère baisse : 7% en avril 2010).

Ces transects sont dans l'ensemble stables.

### 4.8.2 Le benthos (ST08)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

#### 4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

##### 4.8.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST08A)

La richesse spécifique de ce niveau bathymétrique est l'une des plus importantes des stations du réseau de surveillance biologique (augmentation de 2 espèces : *Goniastrea australiensis* et *Astreopora moretonensis*). Le nombre d'espèces coralliennes s'élève désormais à 98 espèces dont deux espèces de *Millepora* (branchu et encroûtant) et une espèce de *Tubipora musica*. Les familles scléactiniaires (95 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (20 taxons), les Acroporidae (19 taxons), les Pectiniidae (8 taxons), les Fungiidae (8 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Dendrophyllidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons) et les Merulinidae (4 taxons).

Tableau n°082 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST08A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	19	5
Agaraciidae	4	2
Astrocoeniidae	2	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	20	4
Fungiidae	8	3
Merulinidae	4	3
Mussidae	6	3
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	8	3
Pocilloporidae	6	5
Poritidae	6	5
Siderastreidae	4	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>95</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>98</b>	<b>/</b>

Le nombre de petites colonies et de juvéniles est encore important et les petites colonies juvéniles des missions antérieures ont une croissance relativement importante, ce qui laisse présager une bonne santé du récif. Les colonies de *Pocillopora damicornis* sur le 2<sup>ème</sup> piquet du transect ont une croissance de 5 cm/6.5 mois. De plus, de grandes colonies de *Porites lobata* atteignant plusieurs mètres de diamètre s'édifient par petits groupes sur la pente sédimentaire.

On peut également noter la présence d'espèces peu communes sur les autres stations d'étude comme *Turbinaria heronensis*, *Porites lichen*, *Caulastrea curvata*, *Caulastrea furcata*, *Isopora palifera*, *I. cuneata*, *Coeloseris mayeri*, *Hydnophora rigida*, *Psammocora digitata*, *Alveopora spongiosa*, *Polyphyllia novaehiberniae*.

Aucune colonie blanchie n'a été observée dans ce couloir ni pour ce niveau bathymétrique lors de cette mission. Les colonies blanchies lors de la dernière mission sont désormais mortes sur place (*Seriatopora hystrix*, *S. calendrium* et *Acropora* branchu). Les causes de la mortalité n'ont pas été déterminées mais ces colonies sont maintenant recouvertes par quelques corallines et des macro-algues.

#### 4.8.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08A)

Les macrophytes ont peu d'évolution (légère augmentation de *Dictyota*).

Les cyanobactéries ont une évolution légèrement à la baisse, elles colonisent les coraux morts et les débris coralliens.

Les genres d'alcyonaires présentent également des légères variations de richesse spécifique (nouvelle colonisation de *Cladiella*).

Les organismes mobiles varient à travers les niveaux bathymétriques comme les holothuries (absence de *Holothuria edulis* et *Holothuria fuscopunctata* et nouvelle colonisation de *Actinopyga palauensis* et *Thelenota ananas*) et les mollusques (absence de *Conus* sp. et de *Lambis truncata* et nouvelle colonisation de *Ovula ovum* prédatrice d'alcyonaire).

Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *Cliona orientalis*) ne sont pas prédominantes sur les coraux, elles encroûtent surtout la dalle et les débris coralliens, mais quelques colonies coralliennes sont en train de se faire recouvrir.

Tableau n°083 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST08A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	3
Algue brune	1	3
Algue rouge	3	3
Algue verte	1	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	3	2
Ascidies	2	4
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	0	0
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	4	2
Spongiaire	5	4
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>/</b>

#### 4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

##### 4.8.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST08B)

Le recouvrement et la richesse spécifique des scléactiniaires sont nettement plus faibles que pour le transect supérieur. Une espèce a été nouvellement recensée (*Lobophyllia hemprichii*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 55 espèces coralliennes dont une espèce de *Tubipora musica*. Les familles scléactiniaires (54

espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (19 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons) et les Merulinidae (3 taxons).

De grandes colonies de *Porites lobata* s'édifient sur cette pente sédimentaire (4 à 5 mètres de diamètre) ainsi que de grandes colonies d'*Acropora* tabulaire (1 m de diamètre) fixées sur des petits massifs coralliens.

Le reste des colonies coralliennes sont de petite taille (*Leptoseris mycetoseroides*, *Pachyseris speciosa*, *Barabattoia amicorum*, *Favia maxima*, *Favites chinensis*, *Platygyra pini*, *Hydnophora pilosa*, et *Coscinaraea columna*). L'espèce *Tubipora musica* est présente dans cette partie de la pente.

Le blanchissement est rare : une grande colonie de *Porites lobata* présente quelques tumeurs et une surface blanche d'une quinzaine de centimètre de diamètre (cf. [atlas photographique](#)).

Tableau n°084 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST08B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	12	5
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	2
Faviidae	19	4
Fungiidae	5	4
Merulinidae	3	2
Mussidae	2	2
Oculinidae	1	2
Pectiniidae	1	2
Pocilloporidae	4	3
Poritidae	2	5
Siderastreidae	1	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>54</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>54</b>	<b>/</b>

#### 4.8.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08B)

Les éponges encroûtantes (*Cliona jullienei* et *Cliona orientalis*) n'ont pas un fort développement dans cette partie de récif, elles encroûtent généralement la dalle et quelques colonies coralliennes massives (affaiblissement de quelques colonies, cf. [atlas photographique](#)). Leur croissance sur les colonies est estimée à 3 cm depuis la dernière mission du mois d'avril 2010 et 6cm depuis juin 2009 (15 mois de période).

Les autres espèces de spongiaires n'ont pas d'influence sur les coraux, elles colonisent la dalle (éponge noire indéterminée) ou les débris coralliens (*Clathria rugosa*). L'espèce *Clathria bargibanti* n'a pas été recensée lors de cette campagne.

Les algues ont un recouvrement faible (aucune algue verte, pour les algues rouges absence de *Actinotrichia* sp. et colonisation récente de *Triclogloea requienii*). Le recouvrement des cyanobactéries est faible et elles se répartissent sur les débris, les coraux morts en place et quelques blocs coralliens.

Les alcyonaires n'ont pas évolué depuis la dernière mission. Plus variés que pour le niveau supérieur, ils sont dispersés sur la roche et les petits massifs coralliens. Le genre *Cladiella* est le plus abondant puis dans une moindre mesure, les genres *Lobophytum*, *Sinularia*, *Sarcophyton*, *Xenia* et *Dendronephthya* colonisent le substrat dur pour se fixer (petites massifs ou les débris).

Comme pour le niveau supérieur les organismes mobiles ont leur abondance et leur recouvrement qui varient de manière significative. On note pour les astéries l'absence de *Fromia monilis* et *Linckia multifora* et la présence d'un seul spécimen de *Fromia indica*. De la même manière, pour les holothuries : présence de *Holothuria edulis*, *H. fuscopunctata* et nouvellement *Thelenota anax* et absence de *Holothuria atra*.

Tableau n°085 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST08B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	6	3
Algue brune	1	2
Algue rouge	3	3
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	1	2
Anémone	2	2
Ascidies	2	3
Bryozoaire	0	0
Astérie	1	1
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	3	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	2	2
Spongiaire	5	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>/</b>

### 4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste des espèces observées<sup>12</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 86](#).

Tableau n°086 : *Données sur les poissons (ST08)*

Puka ST08		Transect			Transect			Station		
		A			B			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,02	0,39				1	0,01	0,19
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,03	0,03	1	0,02	0,01
Cha	<i>Chaetodon mertensis</i>	1	0,03	0,12				1	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,06	0,14				2	0,03	0,07
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	1	0,03	0,12				1	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	2	0,06	0,12				2	0,03	0,06
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	1	0,02	0,66				1	0,01	0,33
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				2	0,04	16,28	2	0,02	8,14
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,03	4,51	1	0,02	2,25
Lab	<i>Gomphosius varius</i>	2	0,06	0,29				2	0,03	0,15
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				3	0,09	0,05	3	0,05	0,02
Poc	<i>Centropyge flavissimus</i>	3	0,09	0,45				3	0,05	0,23
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				3	0,09	0,06	3	0,05	0,03
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				8	0,25	0,24	8	0,13	0,12
<b>Total</b>		13	0,39	2,29	18	0,54	21,16	31	0,46	11,73
<b>Biodiv.</b>		8			6			14		
Ind. Shannon =		3,462								
Equitabilité =		0,909								

Sur l'ensemble des transects de la station, 31 individus appartenant à 14 espèces différentes ([figure 49](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.46 poisson/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 11.73 g/m<sup>2</sup>. 27 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 14](#)).

Tableau n°087 : *Liste des espèces complémentaires (ST08)*

Puka ST08					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus frenatus</i>

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





Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 88](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 49](#).

Tableau n°088 : *Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2010 (ST08)*

Familles	Puka ST08				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	4	3	3	3	<b>1</b>
Anthiinae					
Balistidae					
Blenniidae					
Caesionidae			1	1	
Canthigasteridae		1	1	1	<b>1</b>
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	4	4	2	4	<b>5</b>
Dasyatidae					
Epinephelinae	2	5	2	1	<b>1</b>
Gobiidae					
Haemulidae	1				
Labridae	5	7	5	7	<b>3</b>
Lethrinidae					
Lutjanidae					
Mullidae			2	1	
Nemipteridae	1	1	1	1	
Pomacanthidae	2	2	3	2	<b>1</b>
Pomacentridae	7	5	5	5	<b>3</b>
Ptereleotridae					
Scaridae	1	1	2	2	
Scombridae					
Siganidae			1	1	
Zanclidae	1	1			
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>15</b>

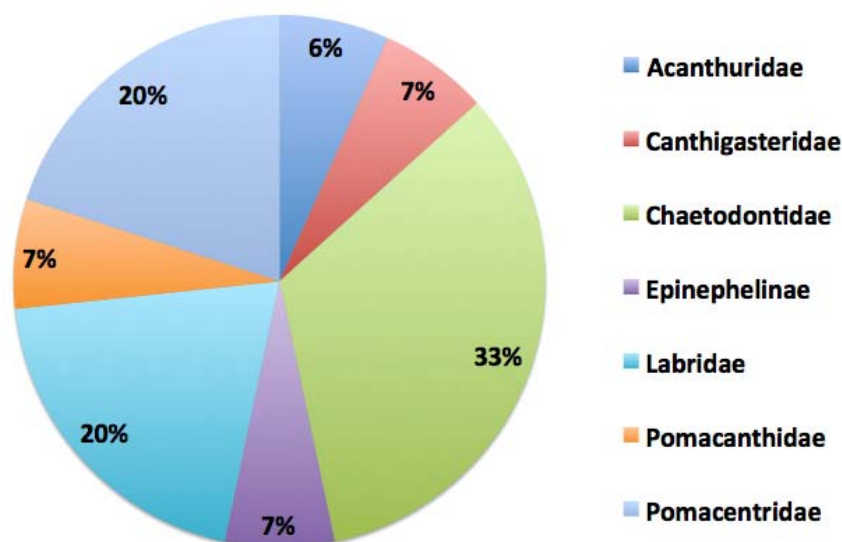


Figure n°049 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST08)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 89](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°089 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST08)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
29.89	42	52.12

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 90](#) et la [figure 50](#).

Tableau n°090 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST08)*

Puka ST08		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	13	0,39	2,29	8		
	Transect B	18	0,54	21,16	6		
	Moy. ABC	31	0,46	11,73	14	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

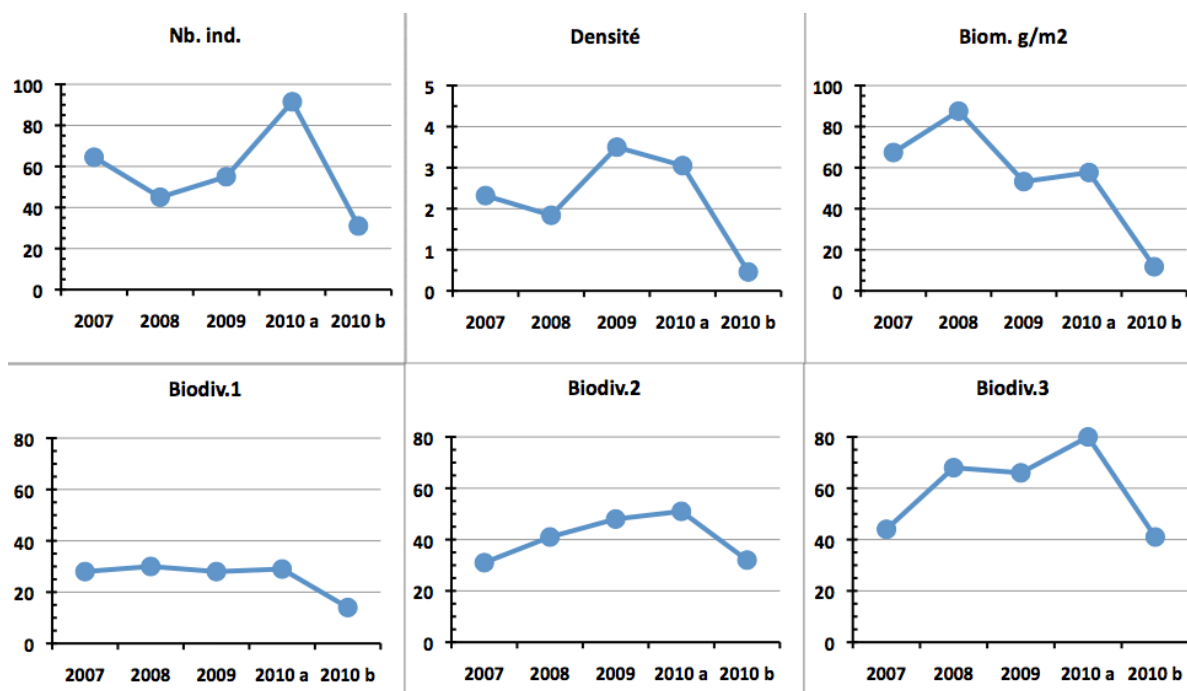


Figure n°050 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST08)*

## 4.9 Station 09 = Bancs de Kié

<b>Localisation géographique</b>	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. <a href="#">photographie 15</a> ).
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	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 a été installé au pied de deux éperons et traverse 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 et branchues semblent avoir résisté au cyclone Erica. Néanmoins, la présence de nombreuses et jeunes colonies de scléactiniaires, appartenant surtout à la famille des Acroporidae et Faviidae démontre que cette zone est en cours de recolonisation.

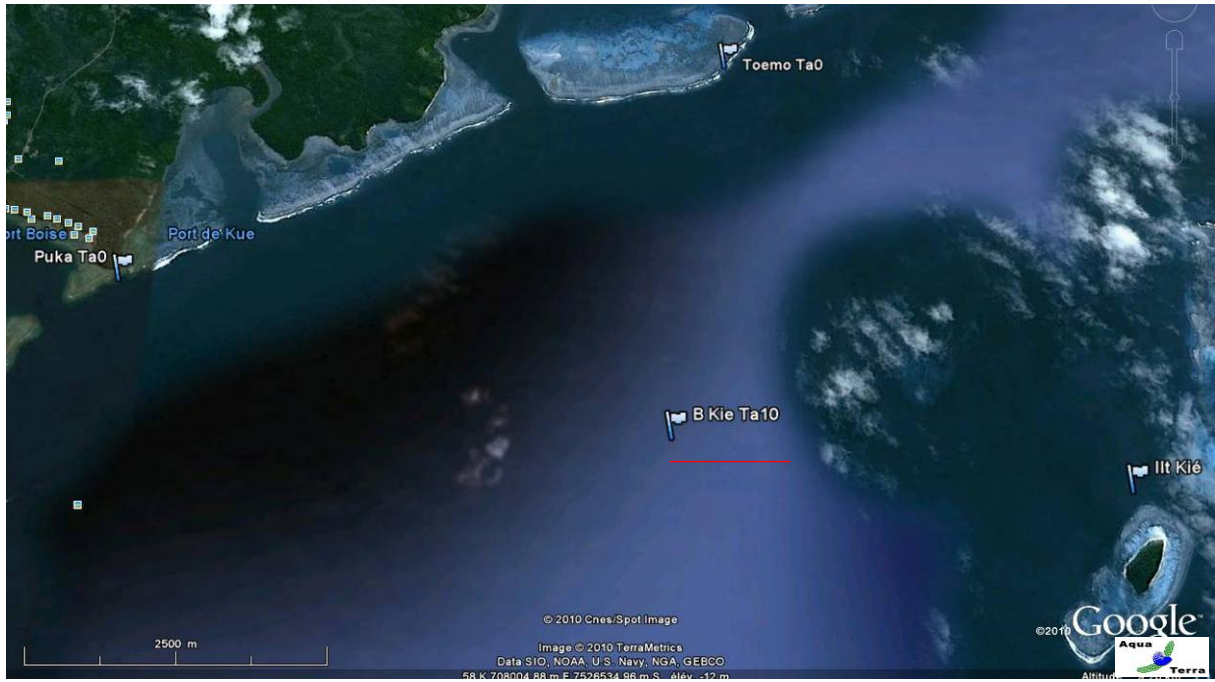
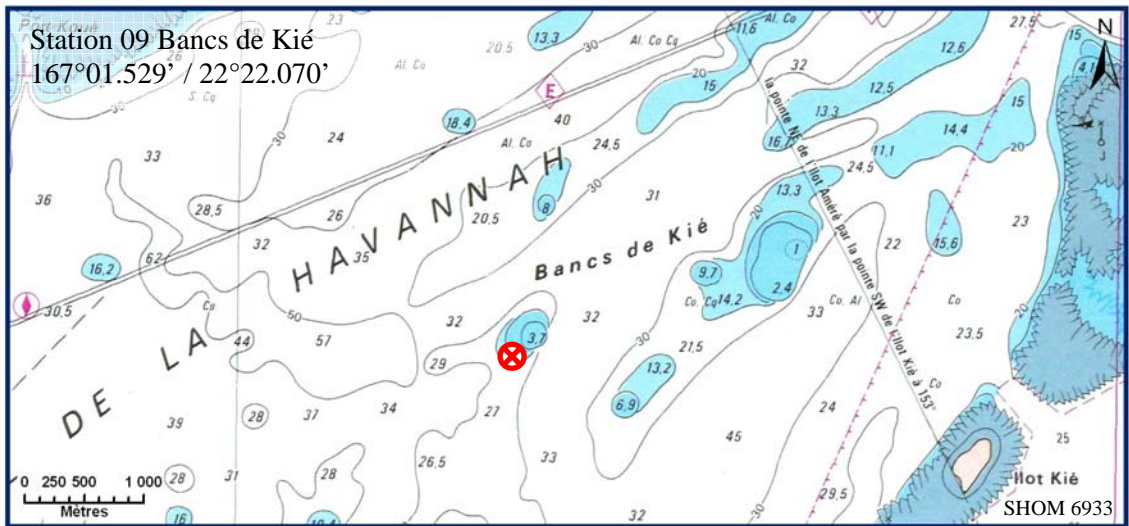
Cette zone semble être soumise de manière quasi permanente aux très forts courants de marées auxquels se rajoutent de très violents ressacs dus aux houles fréquentes.

### Caractéristiques principales

- ↪ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle.
- ↪ La richesse spécifique des coraux est peu élevée (légère augmentation).
- ↪ Les macrophytes ont un recouvrement et une richesse spécifique élevée.
- ↪ La richesse spécifique des ascidies est élevée.
- ↪ Les alcyonaires ont un recouvrement important (*Lobophytum*) et une richesse spécifique élevée.
- ↪ Les crinoïdes sont abondantes à partir de la partie médiane du récif.
- ↪ Saisonnalité des algues (vertes, brunes et rouges).
- ↪ Présence de cyanobactéries (*Phormidium* sp.).

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Recrutement corallien (colonies coralliennes juvéniles).
- ↪ Variation à la baisse du recouvrement des algues rouges et vertes ; absence des algues brunes.
- ↪ Absence des astéries.
- ↪ Absence des holothuries aux transects A et C et que deux spécimens au B (*Actinopygia palauensis* et *Holothuria monilis*).
- ↪ Blanchissement corallien faible (en A une colonie d'*Acropora* tabulaire et en B sur *Porites*).
- ↪ Prédation des mollusques du genre *Drupella* sur quelques colonies tabulaires.



Carte n°011 : Localisation de la station 09 (Bancs de Kié)



Photo n°015 : Position en surface (ST09)

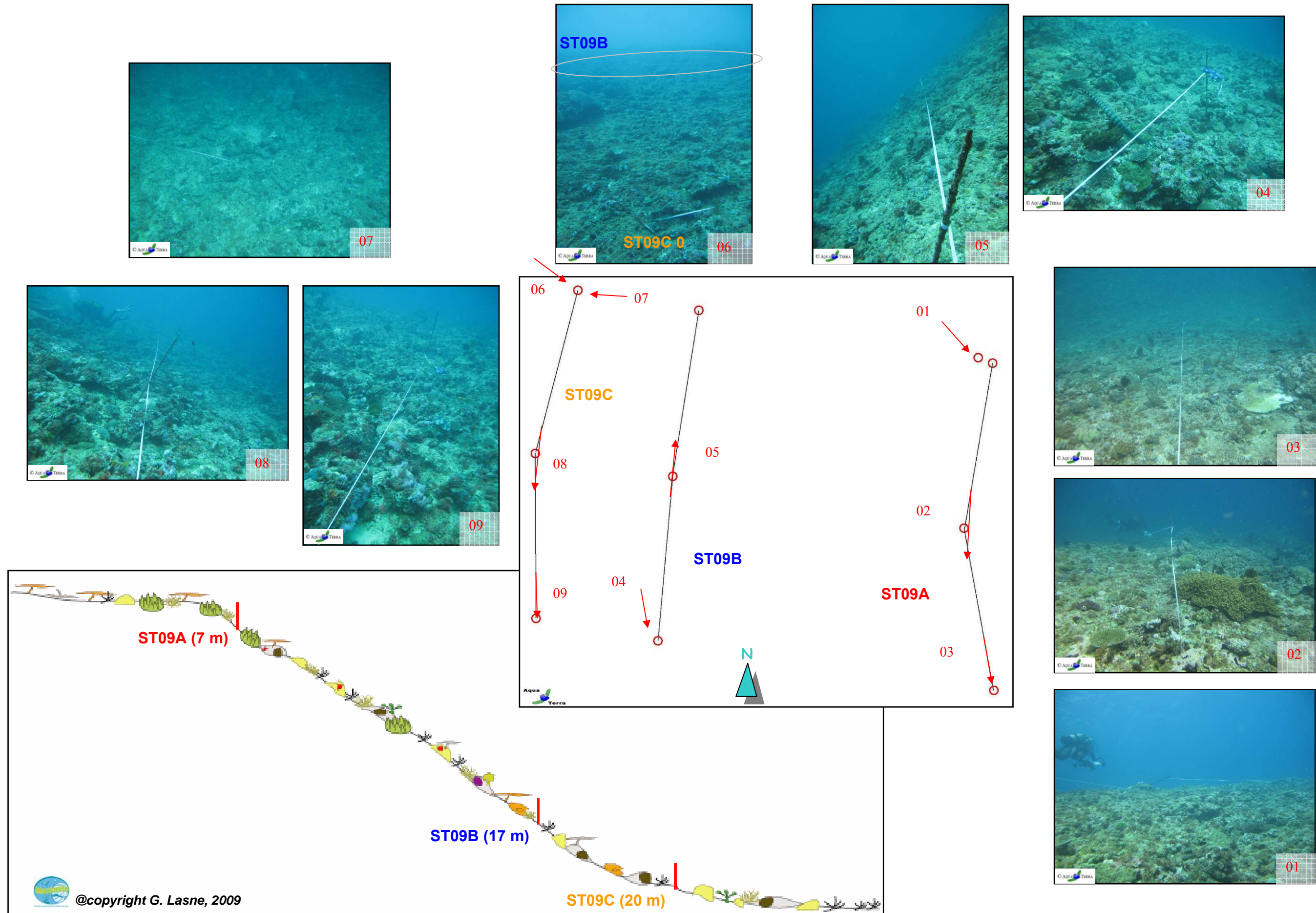


Figure n°051 : Schéma structural, plan et photographies de la ST09

### 4.9.1 Le substrat (ST09)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 52](#) pour le transect A, dans la [figure 53](#) pour le transect B et dans la [figure 54](#) pour le transect C.

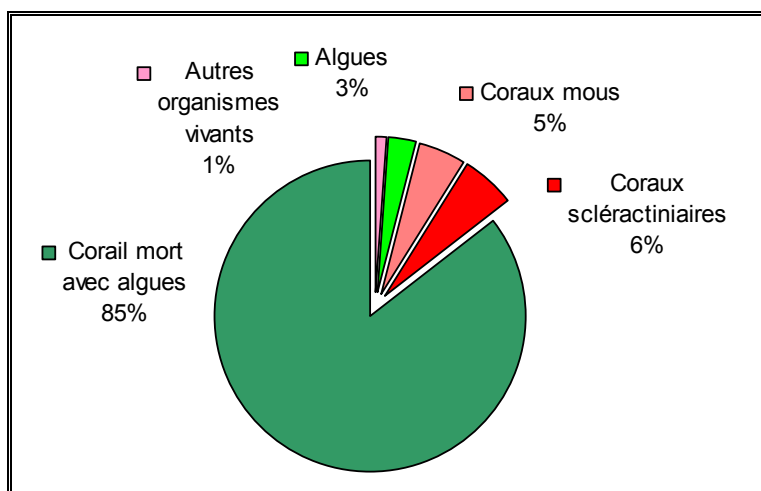


Figure n°052 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A

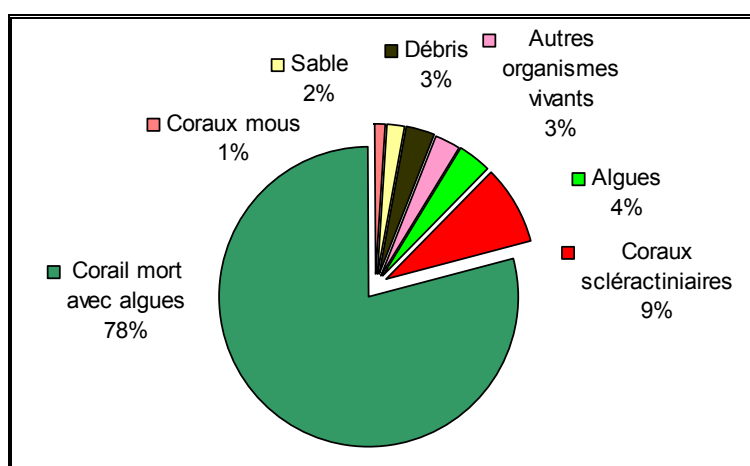


Figure n°053 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

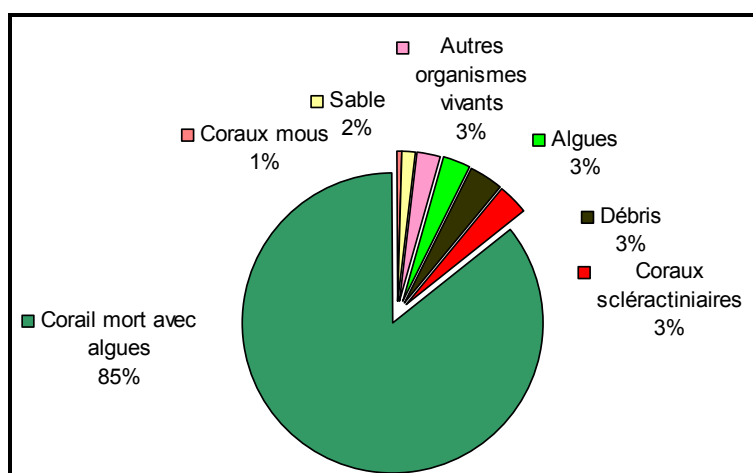


Figure n°054 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

Sur les 3 transects, les coraux scléactiniaires sont faiblement représentés avec respectivement 5.5%, 8.5% et 3.5%, et une légère baisse par rapport à la dernière campagne.

Le substrat est majoritairement composé de coraux morts encroûtés (respectivement 85.5%, 79%, 85.5%) par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, particulièrement sur le transect A (100% pour cette mission) mais aussi pour les deux autres transects (95%).

Globalement, les transects sont stables.

## 4.9.2 Le benthos (ST09)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

#### 4.9.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST09A)

La richesse spécifique corallienne a légèrement augmenté (2 espèces nouvellement recensées : *Favites pentagona* et *Acanthastrea cf. bowerbanki*).

Tableau n°091 : *Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09A)*

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	12	4
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	2
Faviidae	17	4
Fungiidae	0	0
Merulinidae	3	2
Mussidae	3	1
Oculinidae	1	3
Pectiniidae	0	0
Pocilloporidae	5	5
Poritidae	4	3
Siderastreidae	4	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>56</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>57</b>	/

Ce niveau bathymétrique est colonisé par 57 espèces coralliennes dont l'espèce de *Tubipora musica*. Les familles scléactiniaires (56 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les



Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Dendrophyllidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons) et les Mussidae (3 taxons).

Ce récif est fortement exposé aux courants de marée intenses et à la houle : les colonies qui arrivent à s'édifier dans ces conditions environnementales extrêmes sont particulièrement résistantes et robustes : formes massives (*Porites* cf. *lobata*, *Platygyra daedalea*), formes encroûtantes (*Montipora* spp., *Galaxea fascicularis* et *G. astreata*), formes branchues courtes et robustes (*Acropora monticulosa*, *Seriatopora histrix* et *S. calendrium*), formes tabulaires courtes (*Acropora* spp.) et formes foliacées (*Turbinaria mesenterina*, *T. frondens*, *T. peltata*, *Pachyseris speciosa*).

La présence de jeunes colonies de scléactiniaires, appartenant surtout à la famille des Acroporidae, Faviidae, Siderastreidae (*Psammocora profundacella*), Pocilloporidae (*Pocillopora damicornis*) et des Merulinidae (*Hydnophora pilosa*) et la petite augmentation de la richesse spécifique par rapport à la dernière mission caractérisent une zone en cours de recolonisation (recrutement corallien).

Une colonie d'*Acropora* tabulaire a été observée blanchie par la prédation de quelques mollusques du genre *Drupella* (mollusque prédateur de corail commun des récifs coraliens dans tout l'Indo-Pacifique).

#### 4.9.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09A)

Les alcyonaires sont très variés (8 genres) et le recouvrement du genre *Lobophytum* est le plus important puis dans une moindre mesure *Dendronephthya*, *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Rhystima*, *Klyxum*, *Nephthea* et *Xenia* sont éparpillés sur la dalle.

Tableau n°092 : *Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09A)*

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	8	5
Algue brune	0	0
Algue rouge	2	4
Algue verte	2	5
Cyanobactérie	1	2
Anémone	1	1
Ascidies	5	5
Bryzoaire	1	3
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	2	2
Spongiaire	3	4
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	/

Les macrophytes sont également très variées et représentées par des espèces adaptées aux forts courants. Dans l'ensemble, le recouvrement des macrophytes a baissé (cycle saisonnier). Les algues vertes *Dyctiospheria verluysii* sont très résistantes aux fortes conditions hydrodynamiques et omniprésentes sur la

partie sommitale du récif. *Chlorodesmis fastigiata* est plus diffuse et se répartie dans les anfractuosités pour être à l'abri des courants. Les algues rouges *Amphiroa* sp. et *Asparagopsis armata* n'ont pas évolué depuis la dernière mission, elles se répartissent également dans les anfractuosités de la partie sommitale du récif. Le genre *Halimeda* sp., absent, a certainement été arraché du substrat depuis la dernière mission par les courants de marée tout comme l'algue brune *Turbinaria ornata* caractéristique des milieux battus.

De plus, les conditions hydrodynamiques favorisent le développement de nombreuses crinoïdes et ascidies. Ces dernières sont très variées et abondantes (5 espèces : *Polycarpa cryptocarpa*, *Didemnum molle*, *Clavelina detorta* et deux espèces indéterminées ; absence de *Polycarpa clavata*).

Les spongiaires sont également variées mais leur recouvrement est faible. Les éponges se développent sur la dalle. L'espèce la plus abondante est *Cliona orientalis* puis dans une moindre mesure *Cliona jullienei*, *Sphaciospongia vagabunda* et l'éponge noire indéterminée. On note l'absence de *Dysidea herbacea* et *Stellata globostellata*.

Les groupes biotiques ayant une certaine mobilité colonisent de préférence les niveaux bathymétriques inférieurs du récif où les courants sont plus modérés.

#### 4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

##### 4.9.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST09B)

Tableau n°093 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléractiniaire</b>		
Acroporidae	9	3
Agaraciidae	2	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	10	5
Fungiidae	0	0
Merulinidae	3	2
Mussidae	5	3
Oculinidae	2	2
Pectiniidae	3	2
Pocilloporidae	6	5
Poritidae	4	3
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>51</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléractiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	1	1
Gorgone	2	2
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>55</b>	<b>/</b>

La richesse spécifique corallienne a légèrement augmenté (2 espèce nouvellement recensées : *Symphyllia valenciennesii* et une espèce de gorgone indéterminée). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 55 espèces coralliennes dont l'espèce de *Tubipora musica*, une espèce de *Millepora* encroûtant et une espèce de gorgone indéterminée. Les familles scléractiniaires (51 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre

décroissant : les Faviidae (10 taxons), les Acroporidae (9 taxons), les Dendrophyllidae (6 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons) et les Poritidae (4 taxons).

Ce niveau de la pente a été également dégradé par un cyclone ou bien des conditions hydrodynamiques exceptionnellement fortes. Bien que la dalle soit arasée et que le recouvrement en coraux soit faible, la présence de nombreuses et jeunes colonies de scléactiniaires démontre que cette zone est en cours de recolonisation. Les plus grosses colonies sont de formes massives, tabulaires et foliacées. A noter, la présence de grandes colonies de *Porites* sp.

#### 4.9.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09B)

L'abondance et la richesse spécifique des macrophytes varient énormément selon les périodes de prospection. Pour cette mission, les algues vertes et rouges sont variées et abondantes, alors que les algues brunes sont absentes. L'espèce *Codium mammillosum* a complètement disparu du récif mais cette absence s'intègre dans son cycle saisonnier et a certainement été renforcée par les forts courants de marée. Les espèces *Asparagopsis armata* et *Amphiroa* sp. ont un recouvrement encore important à cette profondeur alors que les *Dictyosphaeria*, *Caulerpa* sp1, *Codium* sp., *Bornetella oligospora*, *Chlorodesmis fastigiata* et *Halimeda* sp. ont un recouvrement faible et sont dispersées dans les anfractuosités de la dalle. On note également la colonisation nouvelle du genre *Liagora* (thalles buissonnants).

Tableau n°094 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	8	5
Algue brune	0	0
Algue rouge	3	4
Algue verte	6	3
Cyanobactérie	1	3
Anémone	0	0
Ascidies	6	5
Bryzoaire	1	2
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	1	2
Holothurie	2	1
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	0	0
Spongiaire	6	5
Zoanthaïre	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>/</b>

Les alcyonaires sont également très variés (8 genres : *Cladiella*, *Lobophytum*, *Dendronephthya*, *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Rhystima*, *Nephthea*, *Xenia* et absence du genre *Klyxum*). Leur recouvrement est moindre que pour le niveau bathymétrique supérieur notamment pour le genre *Lobophytum* qui ne forme plus de grande plaque mais reste néanmoins étendu.

Les spongiaires sont de petite taille généralement à l'abri du courant (cavités de la dalle).

Les crinoïdes et les ascidies sont abondantes et dispersées sur la dalle arasée (*Didemnum molle*, *Polycarpa cryptocarpa*, *P. clavata*, *Clavelina detorta*, *Clavelina flava* et une espèce d'ascidie indéterminée).

Deux holothuries ont été recensées pour l'ensemble de la station (*H. monilis* et *Actinopyga palauensis*). Enfin, aucun mollusque ni astérie n'ont pas été observés lors de cette mission.

#### 4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

##### 4.9.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST09C)

Ce niveau bathymétrique (comme les stations situées en bas de pente des autres bancs ennoyés) a l'une des plus faibles richesses spécifiques coralliennes des stations du canal de la Havannah : 45 espèces coralliennes dont l'espèce de *Tubipora musica*, une espèce de *Millepora* encroûtant et une espèce de gorgone indéterminée. Les familles scléractiniaires (41 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (10 taxons), les Acroporidae (8 taxons), les Dendrophyllidae (6 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Poritidae (3 taxons) et les Merulinidae (3 taxons).

Les coraux vivants en bas de pente ont un taux de recouvrement faible et les colonies scléractiniaires sont de petite taille. Les espèces les plus abondantes sont *Seriatopora histrix*, *Pachyseris speciosa*, *Turbinaria peltata*, *T. frondens*, *T. mesenterina*, *Favites* spp., *Pocillopora damicornis* et *Tubipora musica*. A noter, la présence rare de *Turbinaria reniformis*, *Goniopora* sp., *Echinopora lamellosa*, *Coscinaraea columna*. Les plus grosses colonies sont de formes massives (*Porites lobata*, *Platygyra daedalea*).

Tableau n°095 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST09C)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléractiniaire</b>		
Acroporidae	8	3
Agaraciidae	2	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	10	4
Fungiidae	0	0
Merulinidae	3	2
Mussidae	2	2
Oculinidae	1	1
Pectiniidae	0	0
Pocilloporidae	5	4
Poritidae	3	2
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>41</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléractiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	1	1
Gorgone	2	2
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>45</b>	<b>/</b>

##### 4.9.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09C)

Les alcyonaires sont variés et représentés par les genres *Cladiella*, *Xenia* et dans une moindre mesure par

*Dendronephthya, Sarcophyton, Lobophytum et Nephthea.*

Comme pour le transect supérieur l'abondance et la richesse spécifique des macrophytes varient énormément selon les périodes de prospection. Aucune algue brune n'est présente sur le récif, quatre espèces d'algues vertes n'ont pas été recensées par rapport à la dernière mission (*Caulerpa* sp1, *Codium mamillosum*, *Codium spongiosum*, *Neomeris van bossea*). Les macrophytes les plus abondantes sont les algues vertes *Caulerpa* sp3, *Chlorodesmis fastigiata*, *Dictyosphaeria verluysii*, *Bornetella oligospora* et les algues rouges *Amphiroa* sp..

Les cyanobactéries sont en baisse, elles recouvrent les débris coralliens qui s'accumulent en bas de la pente récifale. Les zoanthaires (*Palythoa* sp.) ainsi que les spongiaires se développent modérément (*C. orientalis*, éponge noire indéterminée, *Sphaciospongia vagabunda*). Ces organismes sont dispersés par petites plaques sur la dalle et les petits massifs coralliens.

Enfin, comme pour la mission précédente, les holothuries, les mollusques et les astéries n'ont pas été observés lors de cette mission.

Tableau n°096 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST09C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	6	4
Algue brune	0	0
Algue rouge	2	4
Algue verte	5	4
Cyanobactérie	1	2
Anémone	2	2
Ascidies	7	5
Bryzoaire	1	3
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	1	2
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	0	0
Spongiaire	6	4
Zoanthaire	1	3
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>/</b>

### 4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste des espèces observées<sup>13</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 97](#).

Tableau n°097 : *Données sur les poissons (ST09)*

Banc Kié ST09		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				2	0,05	0,44	2	0,05	0,25	4	0,03	0,23
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	10	0,31	2,39							10	0,10	0,80
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	8	0,25	1,16	5	0,16	0,72	15	0,47	2,17	28	0,29	1,35
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>							5	0,16	0,72	5	0,05	0,24
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	2	0,06	0,35							2	0,02	0,12
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	2	0,06	0,19							2	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>							2	0,06	0,72	2	0,02	0,24
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,06	0,26							2	0,02	0,09
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	1	0,03	0,45							1	0,01	0,15
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>				1	0,03	0,58				1	0,01	0,19
Epi	<i>Variola louti</i>				1	0,02	3,34				1	0,01	1,11
Lab	<i>Bodianus perditio</i>	1	0,03	2,67							1	0,01	0,89
Lab	<i>Chelinus chlorourus</i>							1	0,03	0,48	1	0,01	0,16
Lab	<i>Gomphosius varius</i>	1	0,03	0,15							1	0,01	0,05
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>				4	0,13	0,42				4	0,04	0,14
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>				5	0,16	0,53	5	0,16	0,53	10	0,10	0,35
Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	5	0,16	0,53							5	0,05	0,18
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	1	0,03	0,92				2	0,05	2,12	3	0,03	1,02
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>							2	0,06	0,47	2	0,02	0,16
Poc	<i>Centropyge bispinosus</i>							2	0,06	0,30	2	0,02	0,10
Poc	<i>Centropyge flavissimus</i>	2	0,06	0,47							2	0,02	0,16
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>							2	0,06	0,28	2	0,02	0,09
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>							3	0,09	0,31	3	0,03	0,10
Pom	<i>Chromis fumea</i>				10	0,31	0,51	10	0,31	0,19	20	0,21	0,24
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>							3	0,09	0,06	3	0,03	0,02
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				5	0,16	0,75	7	0,22	0,52	12	0,13	0,43
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	2	0,04	5,13							2	0,01	1,71
Sig	<i>Siganus spinus</i>	2	0,04	0,75							2	0,01	0,25
<b>Total</b>		39	1,17	15,42	33	1,01	7,30	61	1,88	9,13	133	1,35	10,62
<b>Biodiv.</b>		13			8			14			28		
Ind. Shannon =		4.018											
Equitabilité =		0.836											

Sur l'ensemble des transects de la station, 133 individus appartenant à 28 espèces différentes ([figure 55](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.35 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 10.62 g/m<sup>2</sup>. 47 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 98](#)).

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

Tableau n°098 : *Liste des espèces complémentaires (ST09)*

Banc Kié ST09					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	Acanthurus albipectoralis	Cir	Cirrhitichthys falco	Lab	Oxycheilinus diagrammus
Aca	Acanthurus blochii	Cir	Paracirrhites arcatus	Mic	Ptereleotris evides
Aca	Acanthurus mata	Cir	Paracirrhites forsteri	Mul	Parupeneus barberinoides
Aca	Acanthurus nigricans	Epi	Epinephelus fasciatus	Nem	Pentapodus aureofasciatus
Aca	Naso tonganus	Epi	Plectropomus leopardus	Pin	Parapercis hexophtalma
Aca	Naso unicornis	Lab	Anampses femininus	Poc	Pomacanthus semicirculatus
Aca	Zebrasoma veliferum	Lab	Anampses neoguinaicus	Pom	Chromis iomelas
Ant	Pseudanthias pictilis	Lab	Cheilinus chlorourus	Pom	Chrysiptera biocellata
Ant	Pseudanthias squamipinnis	Lab	Cheilinus fasciatus	Pom	Pomacentrus bankanensis
Apo	Cheilodipterus macrodon	Lab	Cheilinus undulatus	Pom	Pomacentrus nagasakiensis
Aul	Aulostomus chinensis	Lab	Cirrhilabrus laboutei	Sca	Chlorurus microrhinos
Bal	Sufflamen chrysopterus	Lab	Coris batuensis	Sca	Chlorurus sordidus
Bal	Sufflamen fraenatus	Lab	Halichoeres hortulanus	Sca	Scarus altipinnis
Can	Canthigaster valentini	Lab	Halichoeres prosopeion	Sca	Scarus ghobban
Cha	Chaetodon auriga	Lab	Labroides dimidiatus	Sig	Siganus argenteus
Cha	Chaetodon vagabundus	Lab	Macropharyngodon meleagris		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 99](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 55](#).

 Tableau n°099 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST09)*

Familles	Banc Kié ST09				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	6	6	6	5	<b>1</b>
Anthiinae	3	4	2	2	<b>3</b>
Balistidae					
Blenniidae					
Caesionidae					
Canthigasteridae		1	2	1	
Carangidae				1	
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	5	3	6	3	<b>5</b>
Dasyatidae					
Epinephelinae	2	4	2	3	<b>2</b>
Gobiidae					
Haemulidae					
Labridae	6	6	6	6	<b>6</b>
Lethrinidae					
Lutjanidae	1		1		

Mullidae	1	1	1	1	1
Nemipteridae			1	1	
Pomacanthidae	6	3	3	3	4
Pomacentridae	4	3	2	3	4
Ptereleotridae					
Scaridae	2	1	2	3	1
Scombridae					
Siganidae			1	2	1
Zanclidae					
Total	36	32	35	34	28

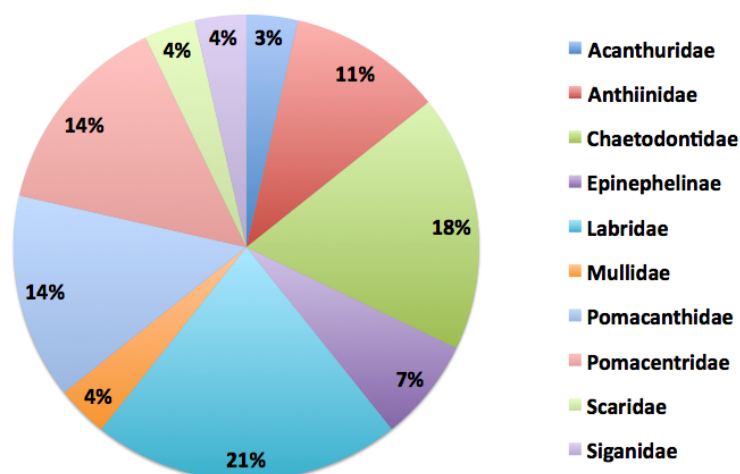


Figure n°055 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST09)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 100](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°0100 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST09)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
27,84	42	58,12

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 101](#) et la [figure 56](#).



Tableau n°0101 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST09)*

Peuplement de poissons STO9 – Banc KIE		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	39	1,17	15,42	13		
	Transect B	33	1,01	7,30	8		
	Transect C	61	1,88	9,13	14		
	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

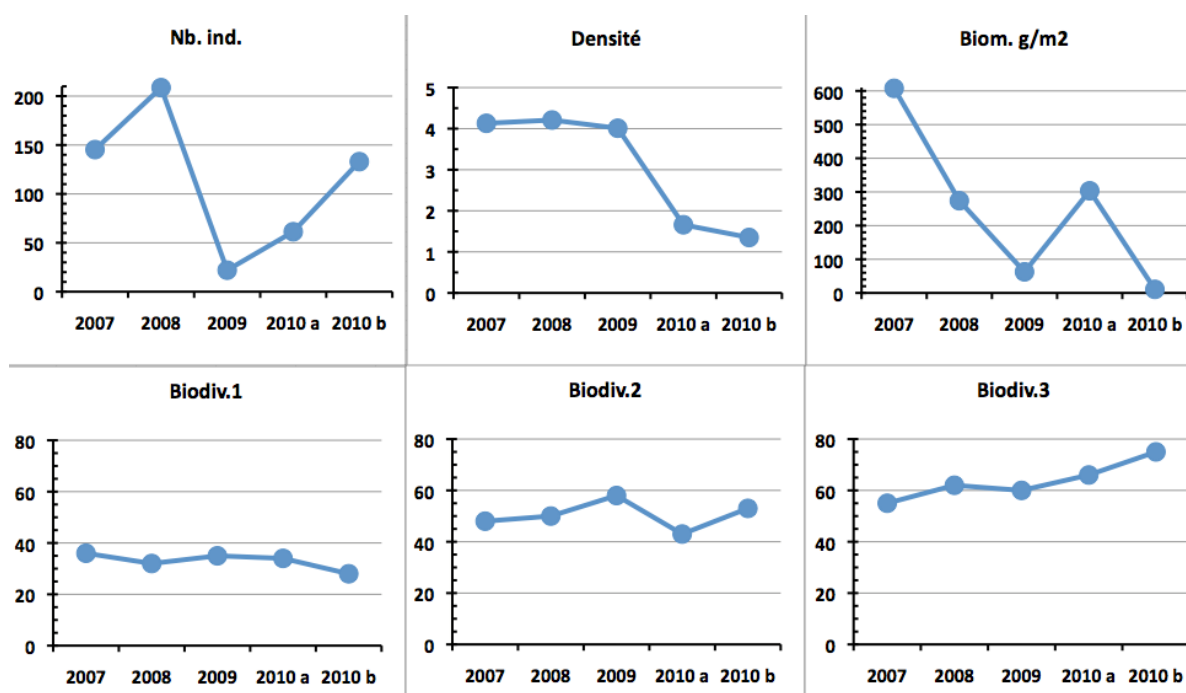


Figure n°056 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)*

## 4.10 Station 10 = Ilot Kié

<b>Localisation géographique</b>	Partie nord-ouest de l'îlot Kié (photographie 16). Un piquet placé sur un éperon à 3 m de profondeur permet de la repérer facilement depuis la surface à la nage (photographie 01 sur la figure 57).
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés sur le front récifal du récif frangeant de l'îlot à 10, 16 et 21 mètres de profondeur dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A a été disposé perpendiculairement à la pente du récif frangeant au pied d'un éperon et d'un sillon. Le transect B est installé 5 ou 6 m avant la fin de la pente corallienne. Il s'agit d'une pente corallienne entre 10 et 22 m de profondeur inclinée à 40-45°. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de roches provenant du récif. La pente sédimentaire a une inclinaison douce. Cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est faible.

### Description générale

La station du récif frangeant de l'îlot Kié (transects A & B) est caractérisée par la plus grande richesse spécifique corallienne et le plus important taux de recouvrement corallien des 12 stations étudiées.

La zone présente une alternance d'éperons et de sillons, atteignant 8 à 10 mètres de profondeur.

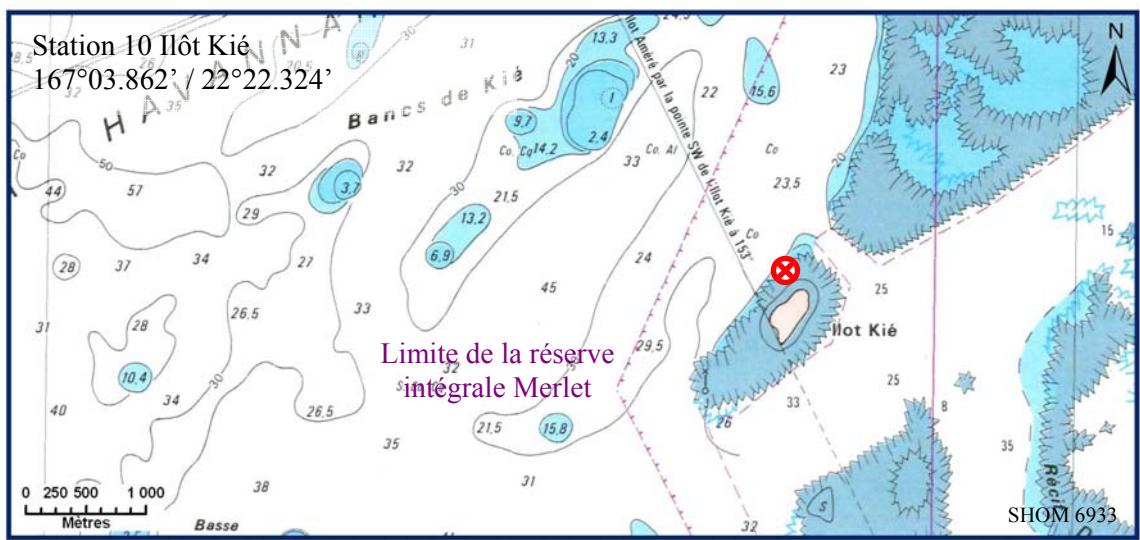
L'îlot Kié est situé dans le canal de la Havannah dans la réserve intégrale Yves Merlet. Il faut demander une dérogation à la Province Sud avant de pouvoir étudier cette station. Tout accès et tout passage de navire ou d'embarcation est interdit, *a fortiori* la récolte, la pêche ou la cueillette de tout minéral, animal ou végétal.

### Caractéristiques principales

- ↪ La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont élevés.
- ↪ Recrutement corallien (colonies coralliennes juvéniles).
- ↪ Présence rare de *Gardineroseris planulata*.
- ↪ Abondance du genre corallien *Goniopora*.
- ↪ Les crinoïdes sont abondantes.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ La richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté.
- ↪ Très peu de variations d'abondance et de richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés.
- ↪ Marques de nécroses sur un alcyonaire *Lobophytum* (prédation présumée de *Ovula ovum*).
- ↪ Les colonies de *Chlatria rugosa* (spongiaires) parasitées lors de la mission précédente ne sont plus envahies (transect B).
- ↪ Blanchissement de quelques colonies coralliennes :
  - Les colonies encore blanchies sont peu nombreuses (*Acropora* branchu et tabulaire, *Scolymia vitiensis* et *Fungia* sp.). Les causes de cette dégradation pourraient être attribuées à la prédation des mollusques et à la maladie de la bande blanche pour les *Acropora* (white bande disease) ;
  - Les colonies en cours de recolonisation par les zooxanthelles lors de la mission précédente (*Alveopora* sp1 et les quelques colonies de *Echinopora lamellosa*, *Pachyseris speciosa*, *Montipora* sp.) sont encore vivantes.



Carte n°012 : Localisation de la station 10 (Ilôt Kié)



Photo n°016 : Position en surface par rapport à l'îlot Kié (ST10)

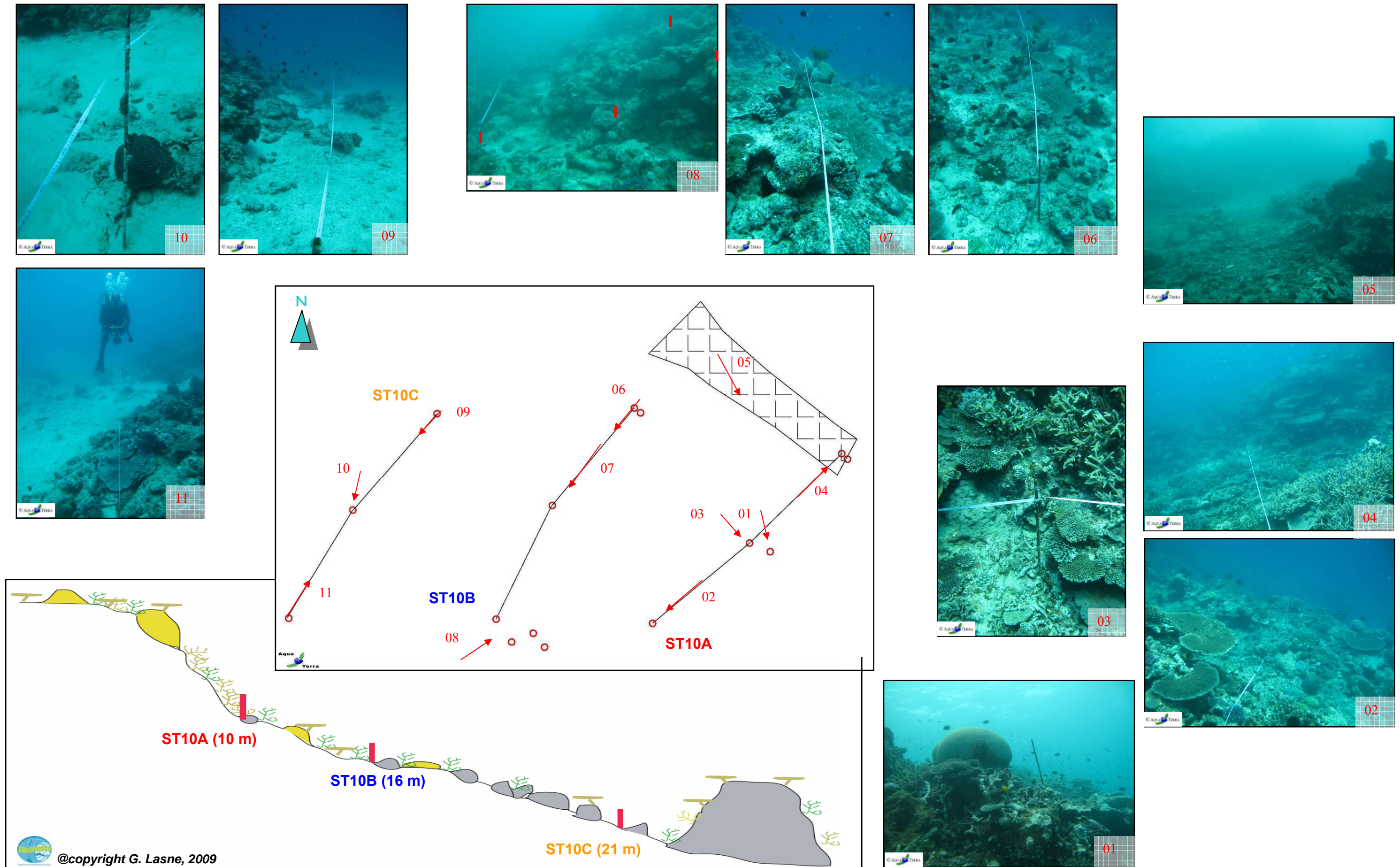


Figure n°057 : Schéma structural, plan et photographies de la ST010

### 4.10.1 Le substrat (ST10)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 58](#) pour le transect A, dans la [figure 59](#) pour le transect B et dans la [figure 60](#) pour le transect C.

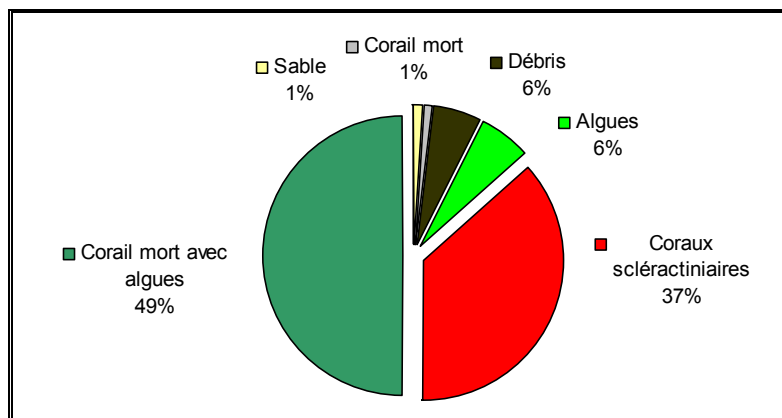


Figure n°058 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A*

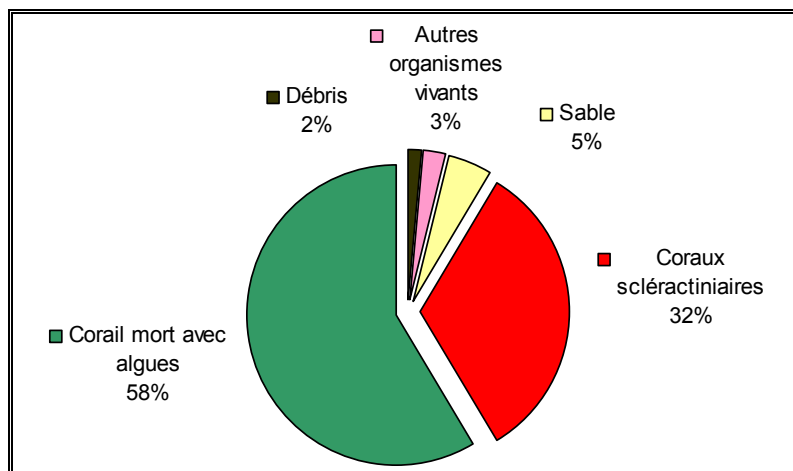


Figure n°059 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B*

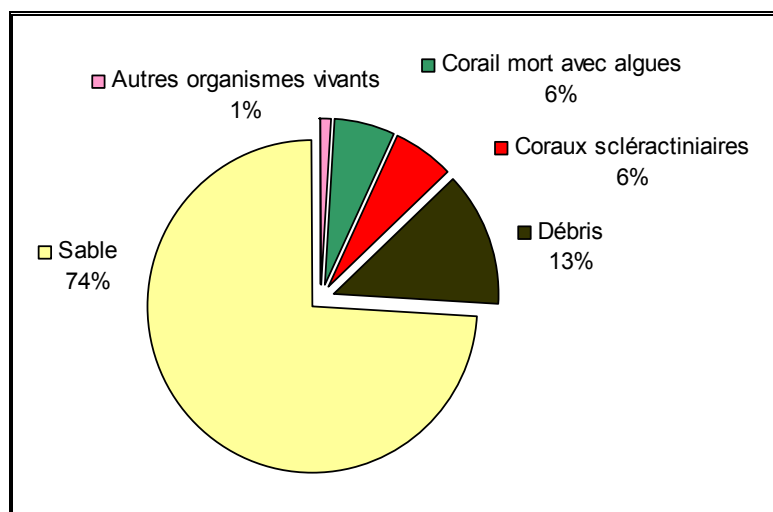


Figure n°060 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C*

Cette station est toujours remarquable par sa couverture en coraux scléactiniaires qui représentent 45% et 39.5% du substrat sur les transects A et B (plus fort taux de recouvrement de toutes les stations), même si ces taux sont en baisse depuis la dernière mission (- 7% environ). Associés aux coraux morts recouverts d'algues (50% et 58.5%), ces deux transects obtiennent 92.5% et 94% de biotique.

Le substrat du transect C est constitué essentiellement de sable (74%) et les coraux scléactiniaires n'y sont plus présents qu'à 6%.

A noter : il y a toujours sur le transect A des coraux blancs (1%), ainsi que des cyanobactéries (4.5%).

Le recouvrement sur les différents transects restent malgré tout relativement stable.

## 4.10.2 Le benthos (ST10)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

### 4.10.2.1 Benthos Transect 10 A

#### 4.10.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST10A)

La richesse spécifique corallienne est la plus importante de toutes les stations, elle a encore augmenté de 3 espèces nouvellement recensées : *Euphyllia cristata*, *Goniastrea australiensis*, *Podabacia crustacea*.

Tableau n°0102 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10A)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	29	5
Agaraciidae	6	4
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	1	1
Dendrophyllidae	1	1
Faviidae	19	5
Fungiidae	6	4
Merulinidae	8	4
Mussidae	7	4
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	6	3
Pocilloporidae	5	5
Poritidae	5	4
Siderastreidae	4	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>100</b>	/
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	1	2
Gorgone	1	2
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>104</b>	/

Ce niveau bathymétrique a une richesse spécifique corallienne élevée avec 104 espèces coralliennes dont

l'espèce de *Tubipora musica*, une gorgone, une espèce de *Millepora* encroutant et une espèce d'antipathaire. Les familles scléractiniaires (100 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (29 taxons), les Faviidae (19 taxons), les Merulinidae (8 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pectiniidae (6 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons) et les Siderastreidae (4 taxons).

Les scléractiniaires dominent largement sur ce transect. Leur recouvrement est très élevé et composé en majorité de coraux branchus. Les colonies coralliennes s'épanouissent et forment de grands buissons (*Acropora* spp., *Acropora florida*, *Echinophyllia horrida*, *Hydnophora rigida*, *Isopora palifera*) voir des colonies de taille métrique (*Scapophyllia cylindrica*, *Alveopora spongiosa*, *Porites lobata*, *Porites* spp., *Goniopora* sp., *Platygyra daedalea*). A noter, la présence de *Pavona maldiviensis*, *Stylophora pistillata*, *Acanthastrea echinata*, *Pectinia paeonia*, *Psammocora haimeana* et *P. digitata*.

Cependant, les dégradations sur les coraux ne sont pas négligeables. De nombreux débris coralliens jonchent le sol (dégradation des coraux branchus). Quelques colonies du genre *Acropora* montrent des marques de blanchissement et de nécroses (certainement de la prédation des mollusques et des *Bolbometoponte*). D'autres colonies (*Acropora* branchues et tabulaires) sont recouvertes par des cyanobactéries et présentent les symptômes de la maladie de la bande blanche (white band disease).

#### 4.10.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10A)

Les alcyonaires et les macrophytes ont très peu varié depuis la dernière mission, leur richesse spécifique et leur recouvrement restent faibles.

Tableau n°0103 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	3	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	2	2
Algue verte	5	2
Cyanobactérie	1	3
Anémone	0	0
Ascidies	4	3
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	0	0
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	4	2
Spongiaire	5	4
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>/</b>

Les cyanobactéries qui étaient auparavant en régression voient désormais leur développement à nouveau progresser sur les *Acropora* branchus et tabulaires.

Les ascidies (*Polycarpa cryptocarpa*) et les crinoïdes sont nombreuses, alors que les éponges sont peu répandues mais se développent sur la dalle (*Cliona jullienei*, *C. orientalis* et *Chlatria rugosa*).

Les mollusques inventoriés sont fixés sur la dalle et à travers les colonies coralliennes. Ils sont représentés par quelques individus : *Tridacna derasa* ( $\approx 40$  cm), *T. maxima* ( $\approx 20$  cm), *Spondylus* sp. ( $\approx 20$  cm) et quelques *Hytissa* sp.

#### 4.10.2.2 Benthos Transect 10 B

##### 4.10.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST10B)

La richesse spécifique corallienne est également élevée par rapport aux autres stations du canal de la Havannah. La richesse spécifique corallienne a encore augmenté d'une espèce (*Coeloseris mayeri*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 98 espèces coralliennes dont l'espèce de *Tubipora musica*, deux espèces d'antipathaire, une espèce de gorgone et une espèce de *Millepora* branchu.

Tableau n°0104 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléractiniaire</b>		
Acroporidae	20	5
Agaraciidae	10	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	3	2
Dendrophyllidae	5	3
Faviidae	16	4
Fungiidae	9	3
Merulinidae	5	4
Mussidae	6	4
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	5	2
Pocilloporidae	5	4
Poritidae	5	4
Siderastreidae	2	2
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>93</b>	/
<b>Non Scléractiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	1	1
Gorgone	1	2
Antipathaire	2	2
<b>Total coraux</b>	<b>98</b>	/

Les familles scléractiniaires (93 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (20 taxons), les Faviidae (16 taxons), les Agaraciidae (10 taxons), les Fungiidae (9 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Dendrophyllidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Pectiniidae (5 taxons) et les Poritidae (5 taxons).

Le taux de recouvrement par les scléractiniaires est plus faible que pour le niveau bathymétrique supérieur. Malgré ce faible taux, cette pente qui a probablement été affectée par le cyclone «Erica » de mars 2003 (nombreux débris coralliens) semble en bonne voie de recolonisation car de nombreuses colonies juvéniles ou de petites tailles se répartissent sur la dalle et les débris coralliens. La famille des Fungiidae affectionne particulièrement les petites zones d'accumulation de débris.

D'autre part, des espèces robustes se développent et s'épanouissent sur ce front récifal de récif frangeant



(*Pavona maldiviensis*, *P. minuta*, *P. clavus*, *Acropora florida*, *Isopora palifera*, *Montipora* spp., *Pachyseris speciosa*, *Echinopora lamellosa*, *Turbinaria peltata*, *Lobophyllia* spp., *Seriatopora histrix*, *S. calendrium* et *Porites lobata*). A noter, la présence rare de *Euphyllia ancora*, *Plerogyra sinuosa*, *Goniopora* sp., *Alveopora spongiosa*, *Pectinia lactuca* et *Gardineroseris planulata*.

Auparavant, le blanchissement était systématique sur une espèce du genre *Alveopora* sp1, mais désormais les colonies de cette espèce sont en cours de recolonisation par les zooxanthelles.

#### 4.10.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10B)

Les macrophytes et le reste des invertébrés n'ont pas d'évolution depuis à la dernière mission.

Les macrophytes ont un recouvrement toujours faible, elles sont réparties par thalles d'une manière très fragmentaire sur la dalle corallienne. Les espèces d'algues vertes sont les plus variées (*Halimeda* sp, *Chlorodesmis fastigiata* et absence de *Neomeris van bossea*). Quelques algues rouges (*Amphiroa* sp). Les cyanobactéries sont en régression contrairement au niveau récifal supérieur.

Les alcyonaires et les spongiaires n'ont pas d'évolution depuis la dernière mission. Les genres *Lobophytum*, *Simularia* et *Sarcophyton* ont un recouvrement peu développé (petite taille). Les genres *Xenia* et *Nephthea* sont peu nombreux et leur répartition est hétérogène (petits groupes de deux ou trois individus).

Tableau n°0105 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	5	4
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	3	3
Cyanobactérie	1	3
Anémone	2	2
Ascidies	3	3
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	0	0
Holothurie	4	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	2
Mollusque	4	2
Spongiaire	5	3
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>/</b>

Le groupe des spongiaires est bien développé (*Cliona orientalis*, *Cliona jullienei*, *Stellata globostellata*, *Clathria rugosa* et l'éponge noire indéterminée) et s'étend sur les substrats durs ainsi que les ascidies (*Polycarpa cryptocarpa*) et les zoanthaires (*Palythoa* sp.).

Les parasites indéterminés n'ont pas été observés sur les éponges *Clathria rugosa* lors de cette mission.

Les holothuries varient selon les niveaux bathymétriques (recensement nouveau de *Actinopyga palauensis* et absence de *Holothuria fuscopunctata*, présence de *Thelenota anax*, *Holothuria atra* et *H. edulis*). Les crinoïdes sont nombreuses mais peu diversifiées, elles s'accrochent sur les promontoires du récif afin de pouvoir capter au mieux leur nourriture.

### 4.10.2.3 Benthos Transect 10 C

#### 4.10.2.3.1 Les Scléactiniaires (ST10C)

La richesse spécifique corallienne n'a pas évolué depuis la dernière mission. Ce niveau bathymétrique recèle 59 espèces coralliennes dont l'espèce de *Tubipora musica*, une espèce de *Millepora* et une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (56 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (13 taxons), les Acroporidae (10 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Fungiidae (3 taxons) et les Pectiniidae (3 taxons).

Tableau n°0106 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST10C)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	10	4
Agaraciidae	5	3
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	1	2
Faviidae	13	3
Fungiidae	3	2
Merulinidae	1	2
Mussidae	8	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	3	2
Pocilloporidae	5	3
Poritidae	4	2
Siderastreidae	1	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>56</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	1	2
Tubiporidae	1	2
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>59</b>	<b>/</b>

La richesse spécifique corallienne est élevée par rapport aux autres transects situés à la même profondeur (canal de la Havannah). Cependant, le recouvrement en coraux vivants reste faible. Les colonies scléactiniaires sont de petite taille et les espèces qui se développent le mieux sont majoritairement de forme encroûtante (*Pachyseris speciosa*, *Galaxea fascicularis*, *G. astreata*, *Montipora* spp., *Mycedium elephantotus*) et de forme massive (*Oulastrea crista*, *Lobophyllia hemprichii*, *L. corymbosa*, *Symphyllia* spp., *Montastrea curva*). La colonie de *Scolymia vitiensis* de taille relativement importante pour cette espèce est toujours présente mais cette colonie présente toujours des marques de nécroses (cf. [atlas photographique](#)).

#### 4.10.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10C)

Les alcyonaires sont plus variés que pour les niveaux bathymétrique supérieurs : ils se développent sur les petits massifs et les roches (*Sinularia*, *Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Cladiella*, *Dretronophthya* et *Xenia*). La

colonie de *Lobophytum* a toujours des marques de nécroses, ces stigmates peuvent être en relation avec la prédation du mollusque *Ovula ovum* (qui n'a pas été inventorié lors de cette mission).

Les macrophytes sont rares. Seul le genre *Amphiroa* a été inventorié. Cette algue rouge se développe à travers les débris coralliens ou sur la dalle. Les espèces *Caulerpa* et *Halimeda* sont toujours absentes.

Les spongiaires n'ont pas évolué depuis la dernière mission : leur recouvrement n'est pas important : l'éponge noire indéterminée est abondante et les *Cliona orientalis* se développent sur la dalle. La concentration en hydraires augmente avec la profondeur, ils s'installent sur les substrats durs.

Les échinodermes sont diversifiés (organismes mobiles). Les holothuries affectionnent les milieux sableux et les débris coralliens (*Bohadschia argus*, *Holothuria atra*, *H. edulis*, *H. fuscopuntata* et *H. fuscogilva*). Les astéries sont généralement posées sur la dalle (*Fromia monilis*) et les oursins sont cachés dans les anfractuosités de la dalle (*Diadema setosum*).

Tableau n°0107 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST10C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	6	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	1	2
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	0	0
Anémone	0	0
Ascidies	3	3
Bryzoaire	0	0
Astérie	1	1
Crinoïde	1	2
Echinides	1	1
Holothurie	5	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	3	1
Spongiaire	6	5
Zoanthaire	1	3
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>/</b>

### 4.10.3 Les poissons (ST10)

La liste des espèces observées<sup>14</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 108](#).

Tableau n°0108 : Données sur les poissons (ST10)

Ilot Kié ST10		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus achilles</i>				2	0,04	17,26	1	0,02	4,43	3	0,02	7,23
Aca	<i>Acanthurus albipectoralis</i>	1	0,01	2,96							1	0,00	0,99
Aca	<i>Acanthurus mata</i>							5	0,10	43,15	5	0,03	14,38
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>							2	0,06	0,84	2	0,02	0,28
Aca	<i>Ctenochaetus tominiensis</i>							1	0,03	0,42	1	0,01	0,14
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	7	0,10	30,43							7	0,03	10,14
Aca	<i>Naso unicornis</i>	1	0,01	7,56				2	0,04	22,68	3	0,02	10,08
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,06	0,92							2	0,02	0,31
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>				15	0,47	4,48	20	0,63	3,92	35	0,36	2,80
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>							2	0,06	0,03	2	0,02	0,01
Cae	<i>Caesio caeruleaurea</i>	40	0,71	13,99				30	0,94	18,37	70	0,55	10,79
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	1	0,03	0,02	1	0,03	0,02	1	0,02	0,01	3	0,03	0,01
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>	2	0,02	95,71							2	0,01	31,90
Car	<i>Pseudocaranx dentex</i>	12	0,14	218,19							12	0,05	72,73
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	2	0,06	1,84							2	0,02	0,61
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	1	0,03	0,32				1	0,03	0,20	2	0,02	0,17
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>							2	0,06	0,12	2	0,02	0,04
Cha	<i>Chaetodon ornatissimus</i>	2	0,06	3,33							2	0,02	1,11
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	3	0,09	0,53							3	0,03	0,18
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,09	0,39							3	0,03	0,13
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	2	0,06	0,23							2	0,02	0,08
Cha	<i>Heniochus chrysostomus</i>	2	0,05	1,47							2	0,02	0,49
Cha	<i>Heniochus varius</i>	2	0,05	1,52							2	0,02	0,51
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>	1	0,03	6,03				1	0,03	1,23	2	0,02	2,42
Epi	<i>Cephalopholis sonnerati</i>				1	0,03	1,18				1	0,01	0,39
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>				1	0,03	0,78				1	0,01	0,26
Epi	<i>Plectropomus areolatus</i>	1	0,01	18,77							1	0,00	6,26
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	2	0,04	231,78				1	0,02	178,57	3	0,02	136,78
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							3	0,08	101,34	3	0,03	33,78
Kyp	<i>Kyphosius sydneyanus</i>	1	0,02	30,02							1	0,01	10,01
Lab	<i>Bodianus loxozomus</i>	1	0,03	1,17							1	0,01	0,39
Lab	<i>Bodianus perditio</i>	1	0,03	3,72							1	0,01	1,24
Lab	<i>Cheilinus undulatus</i>							1	0,02	88,74	1	0,01	29,58
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	2	0,06	7,06							2	0,02	2,35
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				4	0,13	0,07	2	0,06	0,03	6	0,06	0,03
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,16	0,53	4	0,13	0,25				9	0,09	0,26
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>				3	0,09	0,19				3	0,03	0,06
Let	<i>Lethrinus miniatus</i>	1	0,03	30,25							1	0,01	10,08
Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	1	0,02	13,94							1	0,01	4,65

<sup>14</sup> Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Lut	<i>Aprion virescens</i>				1	0,02	20,33				1	0,01	6,78
Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>	5	0,13	39,89							5	0,04	13,30
Lut	<i>Macolor niger</i>	2	0,04	13,65							2	0,01	4,55
Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	2	0,04	51,71							2	0,01	17,24
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	1	0,03	0,61	2	0,05	1,73	2	0,06	2,16	5	0,05	1,50
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>				1	0,03	1,74	2	0,05	3,48	3	0,03	1,74
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>							8	0,20	7,14	8	0,07	2,38
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,06	0,08							2	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge bispinosus</i>	2	0,06	0,09							2	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>							1	0,03	0,07	1	0,01	0,02
Pom	<i>Chromis fumea</i>							20	0,63	0,39	20	0,21	0,13
Pom	<i>Chromis viridis</i>	30	0,94	0,80							30	0,31	0,27
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,13	0,03				2	0,06	0,01	6	0,06	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	5	0,16	0,03	3	0,09	0,02				8	0,08	0,01
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>							10	0,31	0,09	10	0,10	0,03
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				10	0,31	0,30	10	0,31	13,20	20	0,21	4,50
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>							25	0,78	188,05	25	0,26	62,68
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,16	0,12							5	0,05	0,04
Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>	1	0,02	12,30							1	0,01	4,10
Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>	1	0,02	12,30							1	0,01	4,10
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>							3	0,08	0,05	3	0,03	0,02
Sca	<i>Hipposcarus longipes</i>	3	0,06	34,00							3	0,02	11,33
Sca	<i>Scarus bleekeri</i>							2	0,04	0,01	2	0,01	0,00
Sca	<i>Scarus chameleon</i>	1	0,03	14,76							1	0,01	4,92
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	3	0,08	23,80							3	0,03	7,93
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	2	0,04	23,39	1	0,02	6,81	2	0,04	0,00	5	0,03	10,06
Sca	<i>Scarus sordidus</i>	4	0,10	7,54							4	0,03	2,51
Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>				1	0,01	37,67				1	0,00	12,56
<b>Total</b>		172	4,11	957,79	50	1,47	92,82	162	4,79	678,73	384	3,46	576,45
<b>Biodiv.</b>		43			15			28			67		
Ind. Shannon =		4,920											
Equitabilité =		0,811											

Sur l'ensemble des transects de la station, 384 individus appartenant à 67 espèces différentes (figure 61) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.46 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 576.45 g/m<sup>2</sup> (chiffre le plus important et sans aucune mesure avec les résultats des autres stations).

46 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. tableau 109).

Tableau n°0109 : Liste des espèces complémentaires (ST10)

Ilot Kié ST10					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Naso tonganus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris centralis</i>	Pom	<i>Chromis analis</i>
Apo	<i>Archamia sp1</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Apo	<i>Archamia sp2</i>	Lab	<i>Halichoeres ornatissimus</i>	Pom	<i>Chromis chrysur</i>
Apo	<i>Ostorhinchus angustatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Chromis retrofasciata</i>



Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Chrysiptera notialis</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Lut	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Gob	<i>Valenciennea parva</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Lut	<i>Lutjanus kasmira</i>	Sca	<i>Scarus sordidus</i>
Lab	<i>Anampses femininus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sph	<i>Sphyraena jello</i>
Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>				

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 110](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 61](#).

Tableau n°0110 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2010 (ST10)

Familles	Ilot Kié ST10				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	3	6	3	4	<b>8</b>
Anthiinae	1	1	1	2	<b>1</b>
Balistidae					
Blenniidae			1	2	<b>1</b>
Caesionidae	1	2	1		<b>1</b>
Canthigasteridae			1	1	<b>1</b>
Carangidae					<b>2</b>
Carcharhinidae			1		
Chaetodontidae	6	4	8	13	<b>9</b>
Dasyatidae					
Epinephelinae	5	6	7	7	<b>6</b>
Gobiidae					
Haemulidae	1				
Kyphosiidae					<b>1</b>
Labridae	7	2	5	6	<b>7</b>
Lethrinidae	1	1	1		<b>2</b>
Lutjanidae	4		1	1	<b>4</b>
Mullidae			2	1	<b>2</b>
Nemipteridae	1	1	1	1	<b>1</b>
Pomacanthidae	4	4	3	4	<b>3</b>
Pomacentridae	8	6	8	6	<b>9</b>
Ptereleotridae					
Scaridae	3	4	5	3	<b>8</b>
Scombridae	1				<b>1</b>
Siganidae				1	
Zanclidae					
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>37</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>67</b>

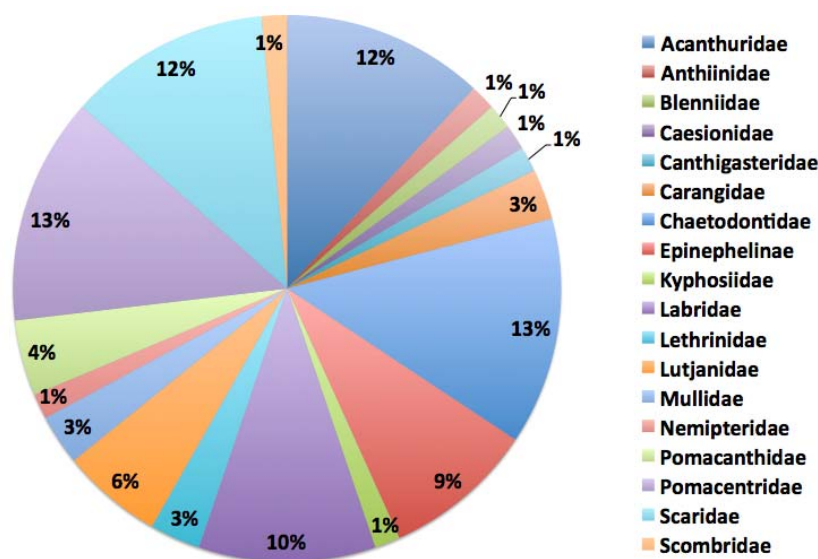


Figure n°061 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST10)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 111](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°0111 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST10)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
56.85	80	101.88

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 112](#) et la [figure 62](#).

Tableau n°0112 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST10)*

Ilot Kié ST10		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	172	4,11	957,79	43		
	Transect B	50	1,47	92,82	15		
	Transect C	162	4,79	678,73	28		
	Moy. ABC	384	3,46	576,45	67	78	113
2010 a	Moy. ABC	109,33	2,94	298,40	52	107	167
2009	Moy. ABC	120,00	8,30	291,10	49	92	116
2008	Moy. ABC	534,33	9,37	451,97	37	64	71
2007 <sup>15</sup>	Moy. ABC	353,00	5,57	881,82	46	65	84

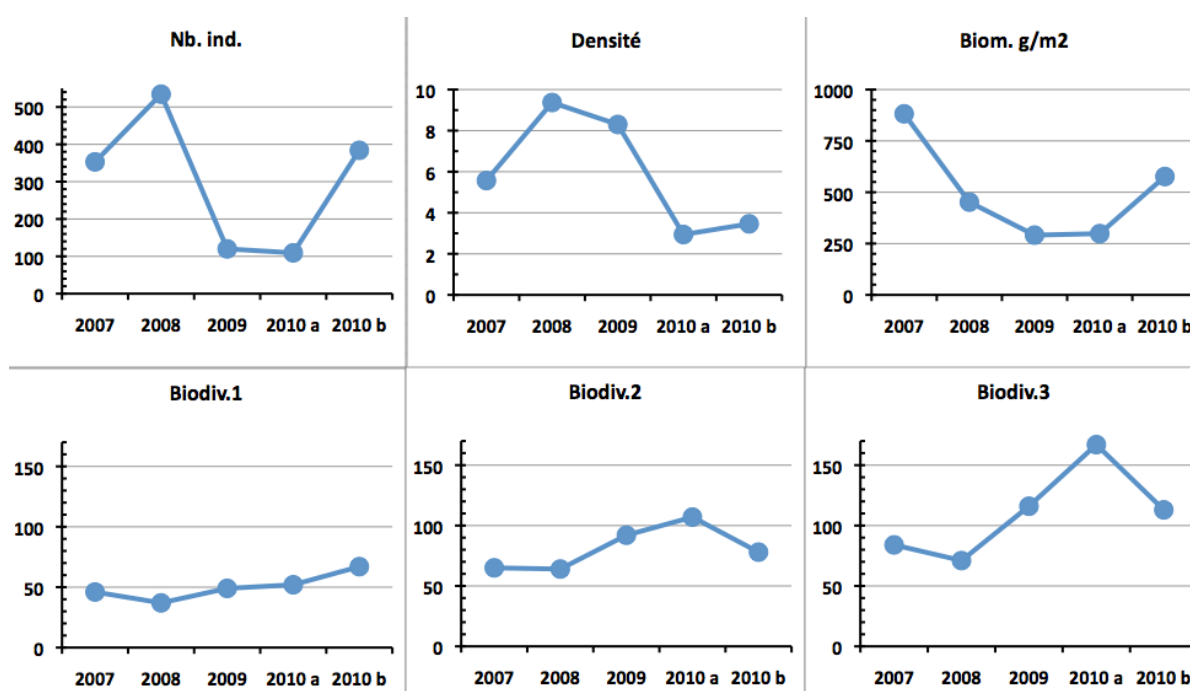


Figure n°062 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)*

<sup>15</sup> 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.



## 4.11 Station 11 = Récif Toémo

<b>Localisation géographique</b>	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 ( <b>photographie 17</b> ).
<b>Nombre transects</b>	3 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés à 6, 11 et 20 mètres de profondeur, avec un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	<p>Le transect A est positionné au sommet du récif : il se situe en amont de la pente et proche du bourrelet de débris coralliens. Un <i>Platygyra daedalea</i> d'un mètre de diamètre permet de repérer le début de ce transect.</p> <p>Le transect B est positionné sur la pente récifale. De nombreux débris et massifs coralliens ont dévalé la pente, détruisant une grande partie des communautés coralliennes. Cet événement a certainement comme origine le cyclone Erica (mars 2003). Toutefois de petites colonies coralliennes recolonisent ces débris.</p> <p>Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de roches provenant du récif (dégradation des fortes houles et des cyclones).</p>

### Description générale

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

Le sommet du récif est riche en coraux branchus et tabulaires (*Acropora*, *Pocillopora*, *Isopora* et *Seriatopora*). Un bourrelet composé de débris coralliens se démarque juste avant la cassure de la pente. Cette dernière est assez pentue (40°) et recouverte 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.

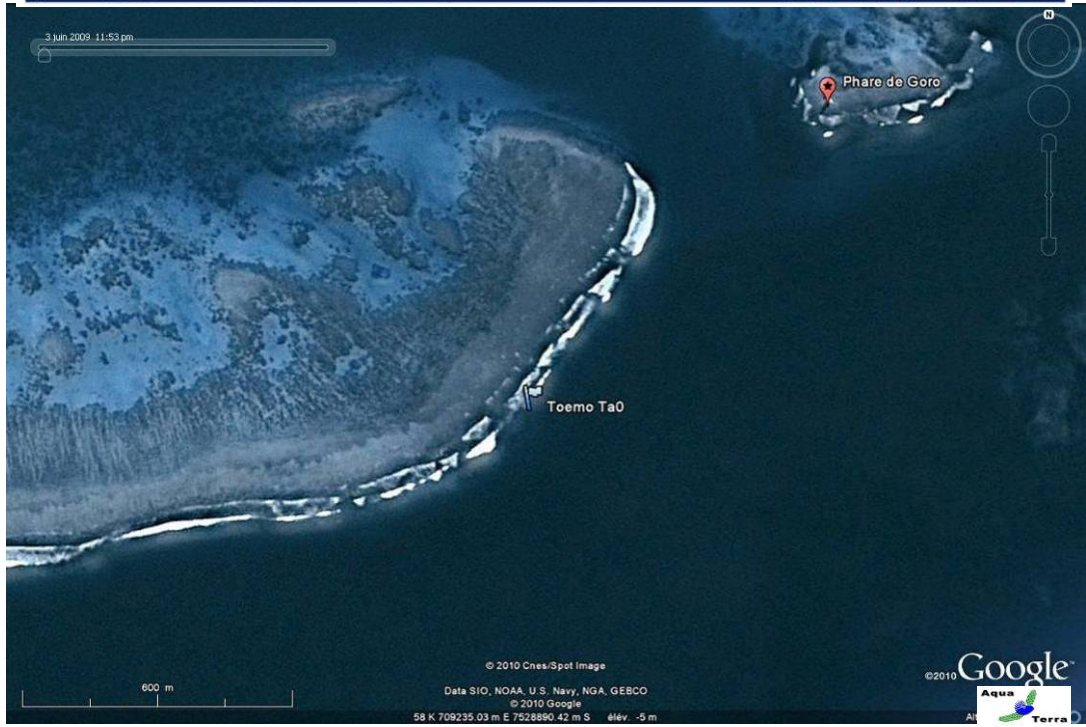
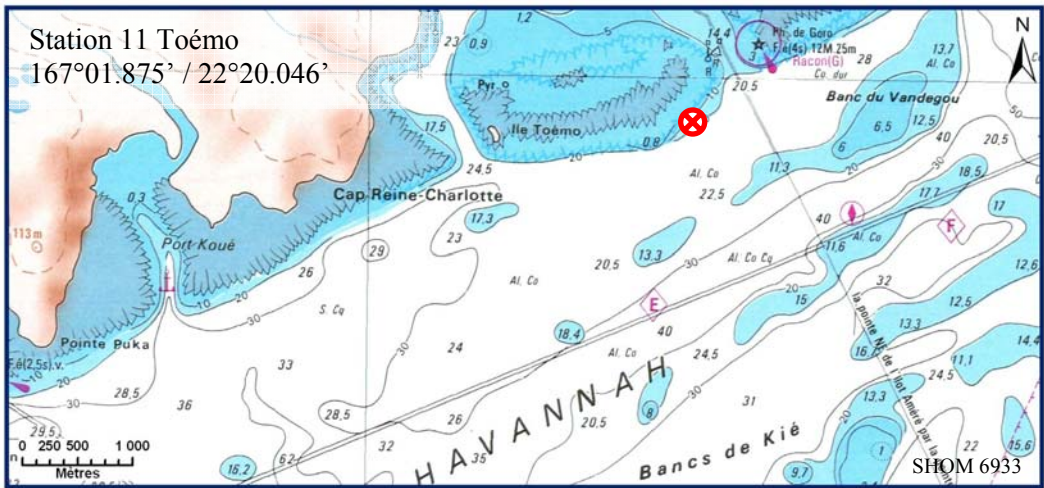
### Caractéristiques principales

- ↪ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues.
  - ↪ Accumulation des débris coralliens et de roches en bas de pente.
  - ↪ Les scléractiniaires développent des morphologies robustes.
  - ↪ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs.
- Recrutement corallien élevé (régénérescence du récif).
- ↪ Les ascidies sont abondantes.
  - ↪ Les spongiaires sont abondantes (*Cliona*) et variées surtout en bas de pente récifale.
  - ↪ Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé.
  - ↪ Présence de *Gardineroseris planulata*.
  - ↪ Aucune holothurie, ni astérie, ni échinide ne colonise le haut du récif.

### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↪ Richesse spécifique des coraux en légère augmentation au transect A.
- ↪ Variation saisonnière des macrophytes.
- ↪ Augmentation du recouvrement en cyanobactéries (*Phormidium* sp.).
- ↪ Peu de blanchissement. Les rares colonies blanchies sont *Montipora* spp.
- ↪ Variation bathymétrique des astéries et de quelques mollusques.





Carte n°013 : Localisation de la station 11 (Toémo)

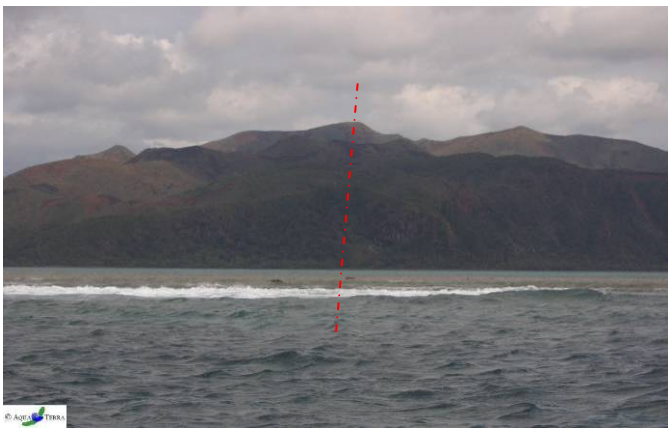


Photo n°017 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)

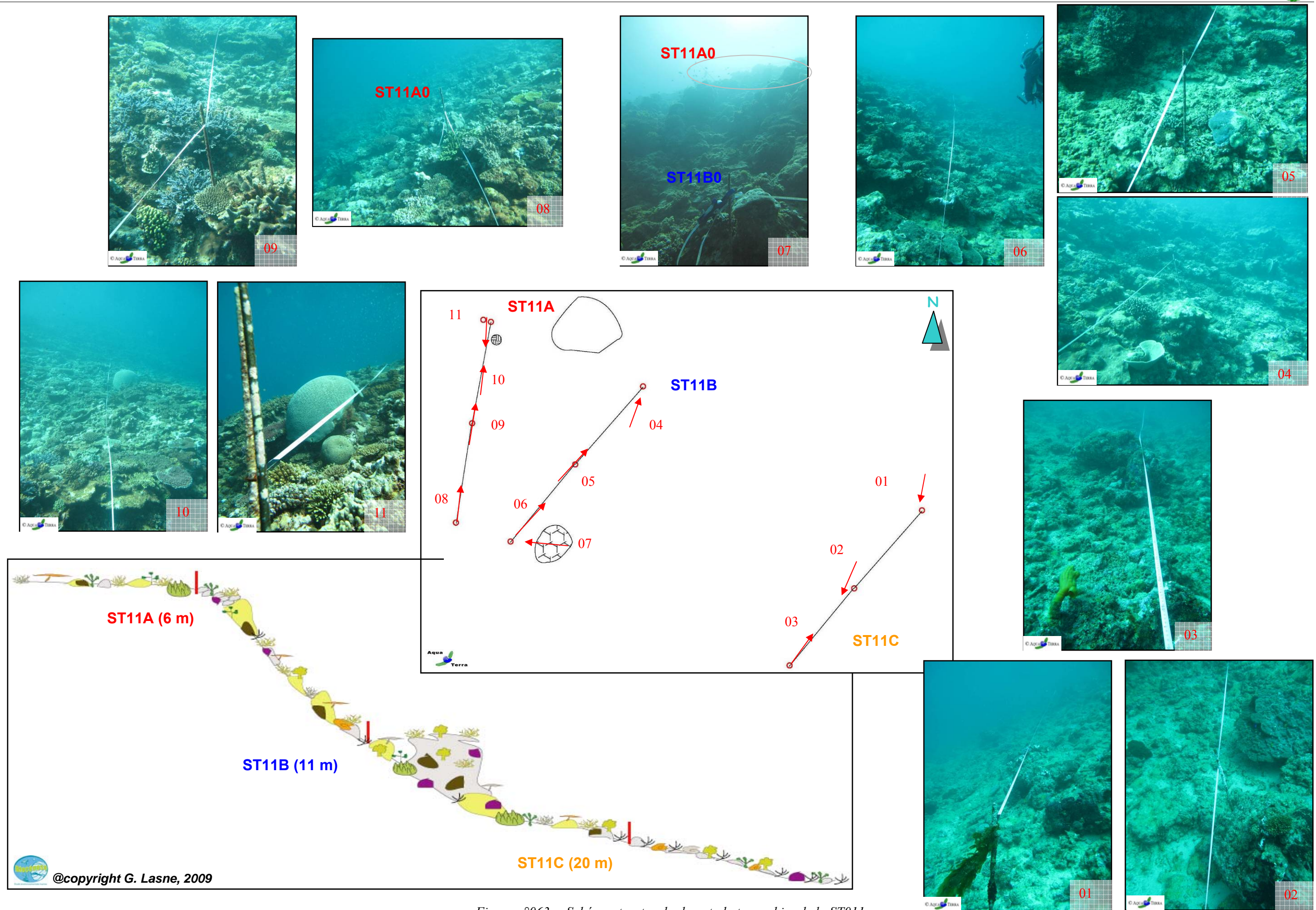


Figure n°063 : Schéma structural, plan et photographies de la ST011

### 4.11.1 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.

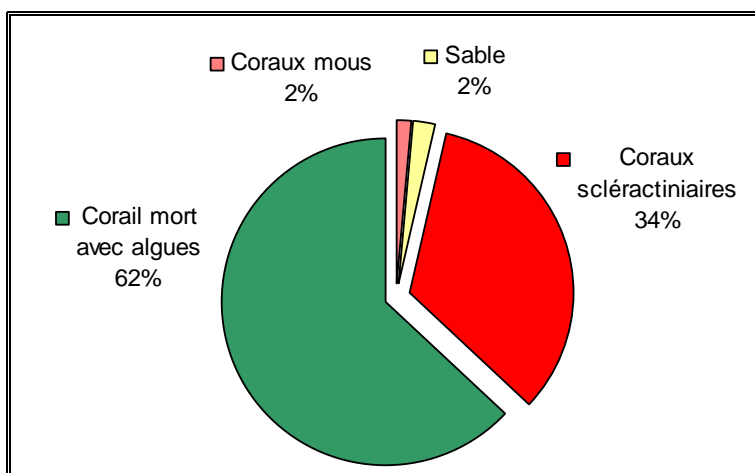


Figure n°064 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A*

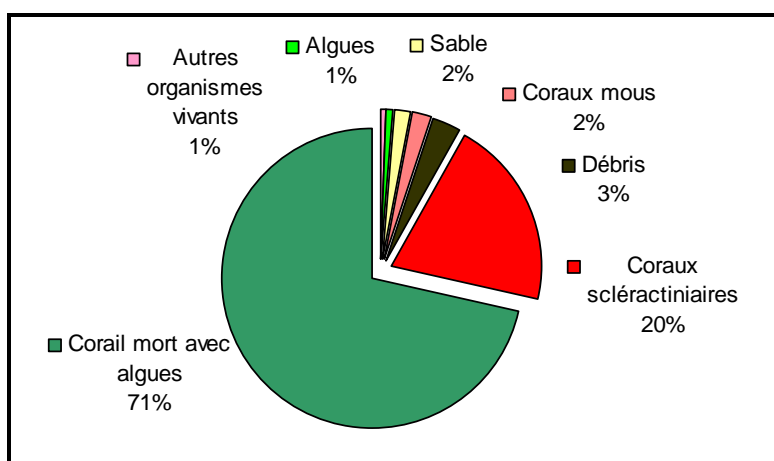


Figure n°065 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B*

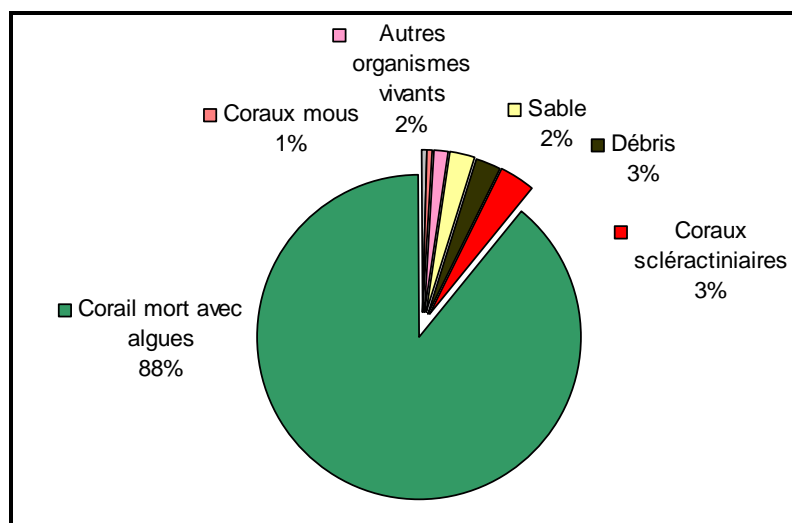


Figure n°066 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C*

Cette station possède, avec les Bancs Kié cette année encore, les plus forts recouvrements biotiques : respectivement 98%, 95.5% et 94.5% (moyenne = 96%). Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.

Mais les coraux scléactiniaires y sont particulièrement aussi bien représentés, surtout sur les 2 premiers transects (33.5% et 20.5%), résultats parmi les plus élevés de toutes les stations étudiées (juste derrière Ilot Kié).

A noter : à nouveau un peu de cyanobactéries (0.5%) sur les transects B et C.

#### 4.11.2 Le benthos (ST11)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

##### 4.11.2.1 Benthos Transect 11 A

###### 4.11.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST11A)

La richesse spécifique corallienne a légèrement augmenté de 3 espèces (*Favia stelligera*, *Favites abdita* et *Psammocora superficialis*).

Tableau n°0113 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11A)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	21	5
Agaraciidae	5	2
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	0	0
Faviidae	19	5
Fungiidae	0	0
Merulinidae	5	4
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	5
Pectiniidae	0	0
Pocilloporidae	8	5
Poritidae	6	5
Siderastreidae	5	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>77</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>79</b>	<b>/</b>

Ce niveau bathymétrique a une richesse spécifique corallienne de 79 espèces dont deux espèces de *Millepora* (encrouant et branchu). Les familles scléactiniaires (77 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux

sont par ordre décroissant : les Acroporidae (21 taxons), les Faviidae (19 taxons), les Pocilloporidae (8 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), Les Merulinidae (5 taxons), les Musiidae (5 taxons) et les Siderastreidae (4 taxons).

Les scléractiniaires dominant largement le haut du récif et les colonies sont de taille moyenne sauf la colonie de *Platygyra daedalea* qui atteint plus d'un mètre de diamètre. A cause des conditions hydrodynamiques soutenues, les scléractiniaires adoptent des formes qui épousent la dalle corallienne. Leur morphologie est majoritairement encroûtante (*Galaxea fascicularis*, *Porites* cf. *lichen*, *Montipora* cf. *verrucosa*, *Pavona varians*, *Favia speciosa*, *Favites* spp., *Echinopora lamellosa*), massive (*Porites lobata*, *Hydnophora microconos*), sub massive (*Isopora cuneata*) et branchue robuste (*Seriatopora calendrium*, *Acropora florida*, *A. monticulosa*, *Stylophora pistillata*, *Pocillopora damicornis* et *Isopora palifera*). Les espèces dominantes sont *Acropora* spp., *Seriatopora calendrium*, *Pocillopora damicornis*, *Isopora cuneata* et *Favites* spp.

Ce récif se distingue par l'abondance de petites colonies de *Galaxea fascicularis*, *Seriatopora calendrium*, *Acropora* tabulaire et *Porites lobata*.

#### 4.11.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11A)

Le recouvrement des macrophytes et les invertébrés est minoritaire et leurs espèces caractérisent un milieu balayé par les courants.

Les algues rouges (*Asparagopsis armata* et *Amphiroa*) se sont fixées préférentiellement dans les anfractuosités de la dalle corallienne et le genre *Chlorodesmis fastigiata* est plutôt regroupé sur les amas de débris coralliens. Absence saisonnière des algues vertes (*Caulerpa* spp., *Halimeda* sp.).

Tableau n°0114 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	2	5
Algue verte	1	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	1	1
Ascidies	4	5
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	1	3
Mollusque	1	2
Spongiaire	2	3
Zoanthetaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>/</b>

Les cyanobactéries recouvrent quelques colonies coralliennes mais leur développement est en diminution.

Pas d'évolution pour les alcyonaires qui sont peu nombreux, les genres *Lobophytum* se développent, les *Sinularia* se dispersent par plaque et le genre *Sarcophyton* de petite taille est plutôt fixé dans les cavités du récif.

Pas d'évolution non plus pour les spongiaires (*Cliona jullienei*, *C. orientalis*) qui encroûtent la dalle corallienne, mais leur développement n'est pas important. Absence de *Dysidea herbacea* et de *Stellata globostellata*.

Les ascidies privilégient ce style de biotope balayé par les courants de marée. Les espèces *Polycarpa cryptocarpa*, *Didemnum molle*, *D. cf. minisculum* et *Symplegma alterna* sont abondantes et se dispersent dans l'ensemble de la zone.

Aucune holothurie, ni astérie, ni échinide ne colonise le haut du récif.

#### 4.11.2.2 Benthos Transect 11 B

##### 4.11.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST11B)

La richesse spécifique corallienne n'a pas évolué depuis la dernière mission. Ce niveau bathymétrique a une richesse spécifique corallienne élevée avec 92 espèces dont deux espèces de *Millepora* (encroûtant et sub massif), une espèce de gorgone et une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (88 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (22 taxons), les Acroporidae (14 taxons), les Agariciidae (8 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Dendrophyllidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons) et les Pectiniidae (4 taxons).

Tableau n°0115 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	14	5
Agariciidae	8	2
Astrocoeniidae	0	0
Caryophyllidae	2	2
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	22	5
Fungiidae	1	2
Merulinidae	6	5
Mussidae	7	2
Oculinidae	2	4
Pectiniidae	4	2
Pocilloporidae	7	5
Poritidae	4	3
Siderastreidae	5	2
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>88</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	1	1
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>92</b>	<b>/</b>

Les scléactiniaires ont un recouvrement plus faible que pour le niveau bathymétrique supérieur, différence qui est à la faveur des débris coralliens, alcyonaires et spongiaires. Cependant, les colonies sont de plus grande taille (à cette profondeur elles sont moins soumises aux agents hydrodynamiques). Les colonies

privilégient toujours les formes robustes : formes massives (*Symphyllia* cf. *recta*, *Pavona minuta*, *Coscinareae exesa*, *Millepora* sp.), formes sub massives (*Isopora cuneata*, *Astreopora* sp., *Oulastrea crispata*), formes encroûtantes (*Pavona clavus*, *Montipora* spp., *Coeloseris mayeri*, *Hydnophora pilosa*, *Galaxea fascicularis*), formes branchues robustes (*Hydnophora rigida*, *Seriatopora calendrium* et *S. histrix*) et les formes foliaires particulièrement bien représentées par les Dendrophyllidae (*Turbinaria frondens*, *T. mesenterina*, *T. patula*, *T. peltata*, *T. stellulata* et *T. reniformis*).

L'accumulation de débris coralliens est importante et le blanchissement est absent.

#### 4.11.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11B)

Les macrophytes, les alcyonaires et les spongiaires ont très peu de variations par rapport à la dernière mission. Les alcyonaires (6 genres dont *Lobophytum* en plaque est le plus abondant et *Klyxum* est absent) et les spongiaires ont un recouvrement plus important que pour le transect supérieur. Les spongiaires encroûtantes (*Cliona orientalis* dominante par rapport à *C. jullieni*) sont les plus abondantes : elles colonisent la dalle ou bien des coraux morts. *Clathria rugosa* et *Stellata globostellata* sont peu représentées, ces espèces colonisent plutôt les débris et la dalle.

Tableau n°0116 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	6	3
Algue brune	0	0
Algue rouge	3	5
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	1	3
Anémone	1	3
Ascidies	4	4
Bryzoaire	1	2
Astérie	0	0
Crinoïde	2	3
Echinides	0	0
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	2	2
Mollusque	1	2
Spongiaire	4	4
Zoanthaire	1	3
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>/</b>

Les holothuries et les astéries sont absentes (mobilité entre niveaux bathymétriques).

Les ascidies sont variées (4 espèces) et abondantes, les espèces les plus nombreuses sont *Polycarpa cryptocarpa*, *Didemnum molle* et une espèce indéterminée blanche puis dans une moindre mesure *Aplidium flavolineatum* (absence de *Polycarpa clavata*).

Les cyanobactéries ont augmenté depuis la dernière mission, elles sont éparpillées de manière diffuse sur la dalle, les débris coralliens et les coraux morts tabulaires.

A noter, la présence de corallimorphes (anémone) *Discosoma* cf. *rhodostoma* en grandes plaques. Cette



espèce est peu commune dans le lagon néo-calédonien.

#### 4.11.2.3 Benthos Transect 11 C

##### 4.11.2.3.1 Les Scléactiniaires (ST11C)

La richesse spécifique corallienne n'a pas augmenté. Ce niveau bathymétrique a une richesse spécifique corallienne de 55 espèces dont une espèce de gorgone et une espèce d'antipathaire. Les familles scléactiniaires (53 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Acroporidae (8 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Merulinidae (4 taxons) et les Poritidae (3 taxons).

Tableau n°0117 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST11C)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	8	5
Agaraciidae	2	2
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	2	2
Faviidae	12	3
Fungiidae	4	3
Merulinidae	4	2
Mussidae	6	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	3	1
Pocilloporidae	6	3
Poritidae	3	5
Siderastreidae	0	0
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>53</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	0	0
Tubiporidae	0	0
Gorgone	1	1
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>55</b>	<b>/</b>

Le bas de pente est une zone d'accumulation de débris coralliens et de roches : les scléactiniaires sont dégradés mécaniquement par ce phénomène d'avalanche (augmentation des débris avec peu de blanchissement : une colonie de *Montipora* spp.). Cependant, quelques colonies robustes et libres résistent aux perturbations : colonies encroûtantes (*Pachyseris speciosa*, *Favia maxima*, *Favites abdita*, *Favites chinensis*, *Leptoria phrygia*, *Galaxea fascicularis*, *Montipora* spp., *Hydnophora pilosa*), massives (*Acanthastrea* sp., *Platygyra sinensis*) et de formes libres (*Sandalolitha robusta*, *Herpolitha limax*, *Polyphyllia talpina*, *Fungia* spp.).

A noter, la présence rare de *Blastomussa wellsi* (espèce rare) qui affectionne les milieux balayés par les courants de marée et soumis au ressac.

#### 4.11.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11C)

Les macrophytes ont un recouvrement faible : seules les algues brunes (*Dictyota*) sont présentes. Absence des algues rouge du genre *Actinotrichia* ainsi que des algues vertes (*Codium mamillosum* et *Chlorodesmis fastigiata*).

Le recouvrement en cyanobactéries est relativement variable selon les missions. Pour celle-ci, les cyanobactéries tendent vers une légère augmentation. Elles se développent essentiellement sur les massifs et des débris coralliens.

Les ascidies (7 espèces) et les spongiaires (6 espèces) affectionnent les milieux où les coraux sont fragilisés. Les ascidies sont nombreuses et réparties de manière hétérogène sur la dalle et les débris coralliens. Les spongiaires ont un recouvrement plus important en bas de récif. L'éponge noire indéterminée est abondante sur la dalle et la roche ainsi que les *Cliona orientalis* et *C. jullieni*. Les espèces *Clathria rugosa* et *Sphaciospongia vagabunda* sont minoritaires : ces dernières espèces ne colonisent que le bas de pente. Absence de *Stellata globostellata* et de *Cymbastella cantharella*.

Tableau n°0118 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST11C)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	4
Algue brune	1	2
Algue rouge	0	0
Algue verte	0	0
Cyanobactérie	1	3
Anémone	1	1
Ascidies	7	5
Bryozoaire	1	2
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	0	0
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	1	1
Mollusque	3	2
Spongiaire	6	5
Zoanthaire	1	3
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	/

### 4.11.3 Les poissons (ST11)

La liste des espèces observées<sup>16</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 119](#).

Tableau n°0119 : Données sur les poissons (ST11)

Récif Toémo ST11		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Total	Moyenne	
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>							3	0,06	27,20	3	0,02	9,07
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	2	0,04	4,56							2	0,01	1,52
Aca	<i>Acanthurus mata</i>				6	0,13	11,55				6	0,04	3,85
Aca	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	2	0,03	7,17				1	0,02	9,07	3	0,02	5,41
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>							2	0,06	2,92	2	0,02	0,97
Aca	<i>Naso brevirostris</i>	4	0,04	7,39							4	0,01	2,46
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				2	0,06	0,92				2	0,02	0,31
Cae	<i>Caesio caeruleaurea</i>				30	0,47	15,84				30	0,16	5,28
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,03	0,03				1	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	1	0,03	0,77							1	0,01	0,26
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>				2	0,06	0,43	2	0,06	0,72	4	0,04	0,38
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,06	0,39							2	0,02	0,13
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	2	0,06	0,52							2	0,02	0,17
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	1	0,03	0,26							1	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	3	0,09	5,00							3	0,03	1,67
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>				2	0,05	10,01				2	0,02	3,34
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>				2	0,05	2,48				2	0,02	0,83
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							1	0,02	16,83	1	0,01	5,61
Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>				1	0,02	2,22				1	0,01	0,74
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,02	8,33	1	0,01	2,78
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,03	0,48							1	0,01	0,16
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,03	0,15							1	0,01	0,05
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,03	2,07							1	0,01	0,69
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	3	0,09	0,18							3	0,03	0,06
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>							5	0,16	0,82	5	0,05	0,27
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>							5	0,16	0,76	5	0,05	0,25
Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	5	0,16	0,47							5	0,05	0,16
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>							3	0,08	3,72	3	0,03	1,24
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>				2	0,06	1,92				2	0,02	0,64
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				5	0,16	5,58				5	0,05	1,86
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>							2	0,06	0,17	2	0,02	0,06
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,06	0,26							2	0,02	0,09
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				3	0,09	0,41	2	0,06	0,28	5	0,05	0,23
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	2	0,05	11,71	2	0,04	9,75				4	0,03	7,15
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				2	0,05	11,71				2	0,02	3,90

<sup>16</sup> Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	10	0,31	3,26							10	0,10	1,09
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				4	0,13	0,03				4	0,04	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>							4	0,13	0,07	4	0,04	0,02
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>							6	0,19	0,05	6	0,06	0,02
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,31	0,75	6	0,19	0,45	8	0,25	0,60	24	0,25	0,60
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>				7	0,22	0,17				7	0,07	0,06
Sca	<i>Scarus bleekeri</i>				1	0,03	8,19				1	0,01	2,73
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	2	0,05	16,33	1	0,03	8,17				3	0,03	8,17
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>	2	0,06	2,15							2	0,02	0,72
<b>Total</b>		56	1,60	63,87	79	1,86	89,86	45	1,32	71,52	180	1,59	75,08
<b>Biodiv.</b>		19			18			14			44		
Ind. Shannon =		4,760											
Equitabilité =		0,872											

Sur l'ensemble des transects de la station, 180 individus appartenant à 44 espèces différentes (figure 67) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.59 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 75.08 g/m<sup>2</sup>. 44 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. tableau 120).

Tableau n°0120 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Récif Toémo ST11					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Hol	<i>Myripristis murdjan</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Cha	<i>Chaetodon flavivostrius</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cir	<i>Cirrhichthys falco</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus amboinensis</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus lineatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 121 et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la figure 67.

Tableau n°0121 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST11)

Familles	Récif Toémo ST11				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae	2	1	3	5	7

Anthiinae	1	2		1	
Balistidae					
Blenniidae			1	1	
Caesionidae		1		1	1
Canthigasteridae					1
Carangidae					
Carcharhinidae					
Chaetodontidae	6	7	5	6	8
Dasyatidae					
Epinephelinae	2	3	1	3	1
Gobiidae					
Haemulidae					
Labridae	4	9	4	7	9
Lethrinidae					
Lutjanidae				1	
Mullidae	1	2	1	2	2
Nemipteridae		1	1	1	1
Pomacanthidae	3	4	5	4	5
Pomacentridae	5	3	6	5	6
Ptereleotridae	1	1			
Scaridae	2	5	3	5	2
Scombridae	1				
Siganidae				1	
Zanclidae	1		1		1
Total	29	39	31	43	44

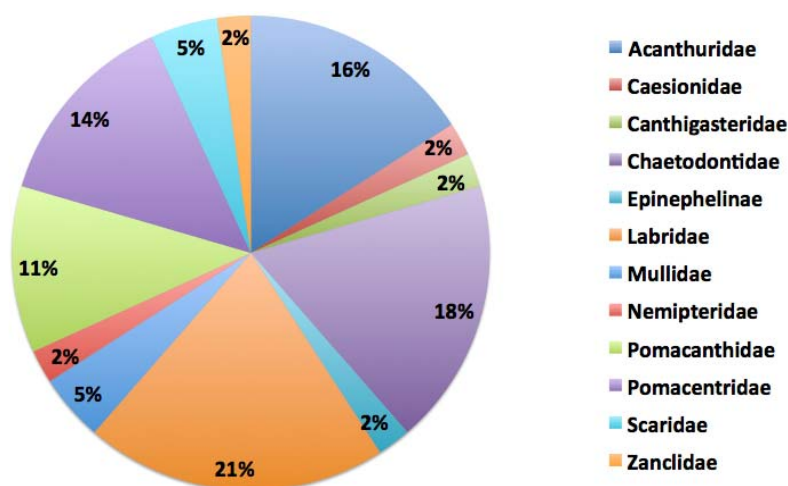


Figure n°067 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST11)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 122](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.



Tableau n°0122 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST11)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
43.65	68	88.25

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 123](#) et la [figure 68](#).

Tableau n°0123 : Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST11)

Récif Toémo ST11		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	56	1,59	63,87	19		
	Transect B	79	1,86	89,86	18		
	Transect C	45	1,32	71,50	14		
	Moy. ABC	180	1,59	75,10	44	61	88
2010 a	Moy. ABC	93,33	1,86	75,42	43	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 <sup>17</sup>	Moy. ABC	123,67	1,64	174,47	29	37	53

<sup>17</sup> Les données 2007 ont été reprises en éliminant les espèces qui ne figurent pas sur cette liste car le rapport 2007 ne tient pas compte de la liste DENV sur le TLV.



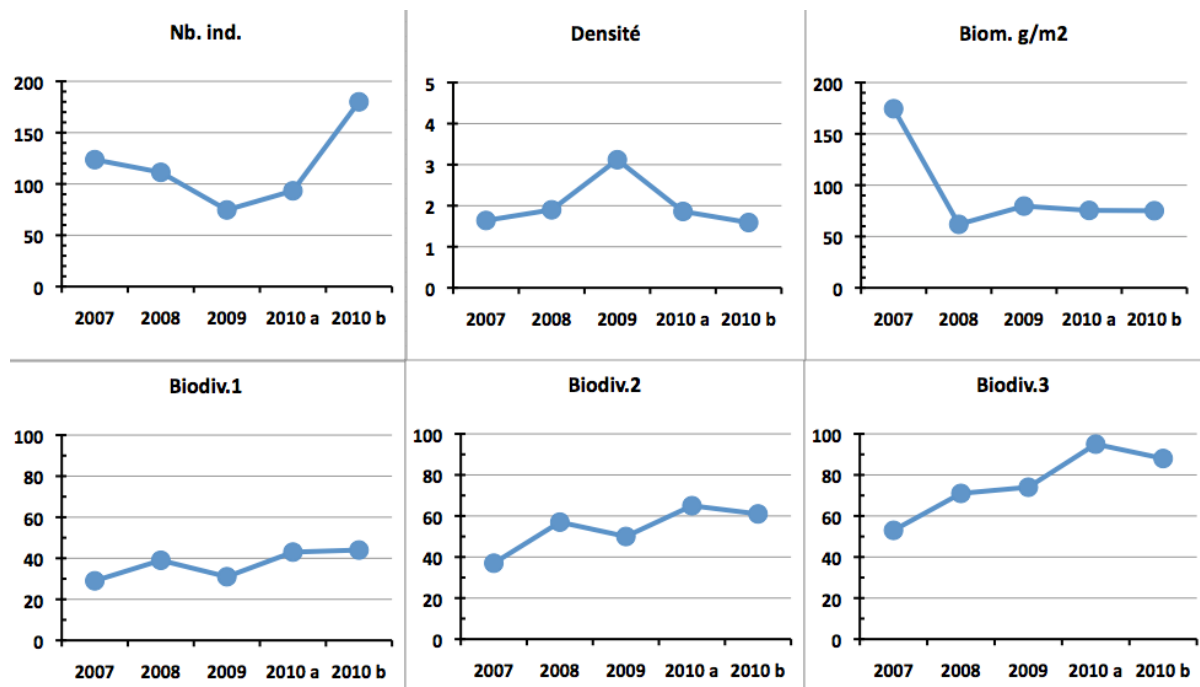


Figure n°068 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11)

## 4.12 Station 12 = Ilot Ugo

<b>Localisation géographique</b>	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo (photographie 18).
<b>Nombre transects</b>	2 transects.
<b>Description transects</b>	Ils ont été positionnés à 5 et 13 mètres de profondeur, perpendiculairement à la pente du récif frangeant dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	<p>Il n'y a que 2 transects car sous 14 m de profondeur, les constructions coralliennes deviennent de plus en plus restreintes (gros blocs rocheux et débris coralliens qui ont dévalés la pente). Puis, vers 17 m de profondeur, la pente sédimentaire, composée de sable et inclinée à 35°, est colonisée principalement par une grande variété d'holothuries (<i>Holothuria fuscopunctata</i>, <i>Bohadschia argus</i>, <i>Stichopus stichopus</i>, <i>S. variegatus</i>, <i>Thelenota ananas</i>). Ces dernières s'éparpillent à travers le substrat meuble et les quelques débris. Un transect à 20 m n'aurait donc pas été pertinent en termes de suivi (recouvrement biotique très faible et recouvrement corallien proche de nul).</p> <p>Le transect A a été installé dans le haut du tombant récifal. Un grand couloir d'avalanche traverse la pente récifale jusqu'au pied du 2<sup>ème</sup> transect.</p> <p>Le niveau bathymétrique du transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens sur du sable coquillé, avec un couloir d'effondrement à la fin du transect. Un massif corallien du genre <i>Goniopora</i> de taille pluri métrique s'étale sur les débris coralliens. Les autres colonies de madrépores sont de taille décimétrique et sont dispersées de manière éparse.</p>

### Description générale

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

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

Le haut du tombant récifal est structuré en marches d'escalier délimitées par de grandes colonies de *Porites* sp.. Ce niveau bathymétrique est bien colonisé par les scléactiniaire de tailles hétérogènes (décimétrique à pluri métrique). Les massifs coralliens de taille métrique et 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 des couloirs d'effondrement avec par place de grandes accumulations de débris coralliens et de roches. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. De petites colonies coralliennes s'édifient et les *Cliona* encroûtent quelques coraux massifs.

### Caractéristiques principales

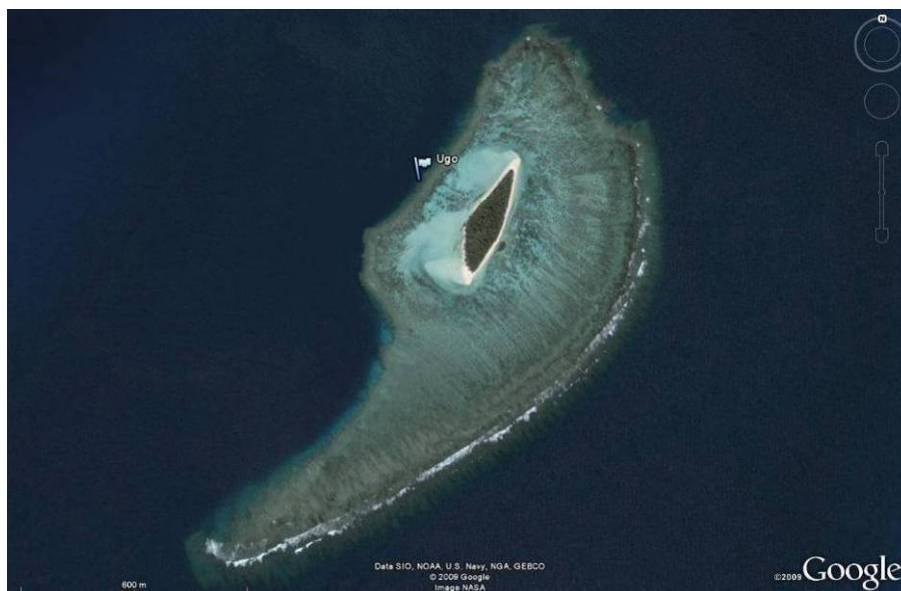
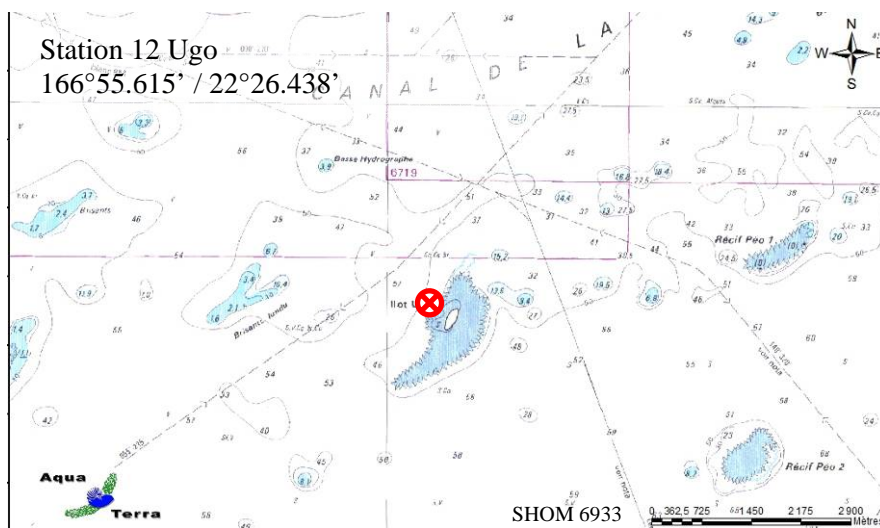
- ↪ Croissance importante des Poritidae (*Porites* sp., *Alveopora* sp et *Goniopora* sp.).
- ↪ Mortalité corallienne et nombreux débris (couloir d'effondrement).
- ↪ Richesse spécifique des alcyonaires très faible mais recouvrement important de *Sarcophyton*.
- ↪ Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens.
- ↪ Pas d'*Acanthaster planci* sur la station.





### Variations entre avril 2010 et septembre 2010

- ↔ Recrutement corallien élevé (colonies juvéniles).
- ↔ Richesse spécifique des coraux en augmentation.
- ↔ Pas de blanchissement corallien.
- ↔ Massifs de *Goniopora* sp. en bonne santé.
- ↔ Variation très faible de la richesse spécifique et de l'abondance des macrophytes et des invertébrés.
- ↔ Présence peu abondante de cyanobactéries (*Phormidium* sp.) sur les débris coralliens.
- ↔ Absence des algues rouges (saisonnalité) ; Présence d'algues brunes (*Turbinaria ornata*).
- ↔ Absence des astéries.
- ↔ Variation bathymétrique des holothuries.



Carte n°014 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)



Photo n°018 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)

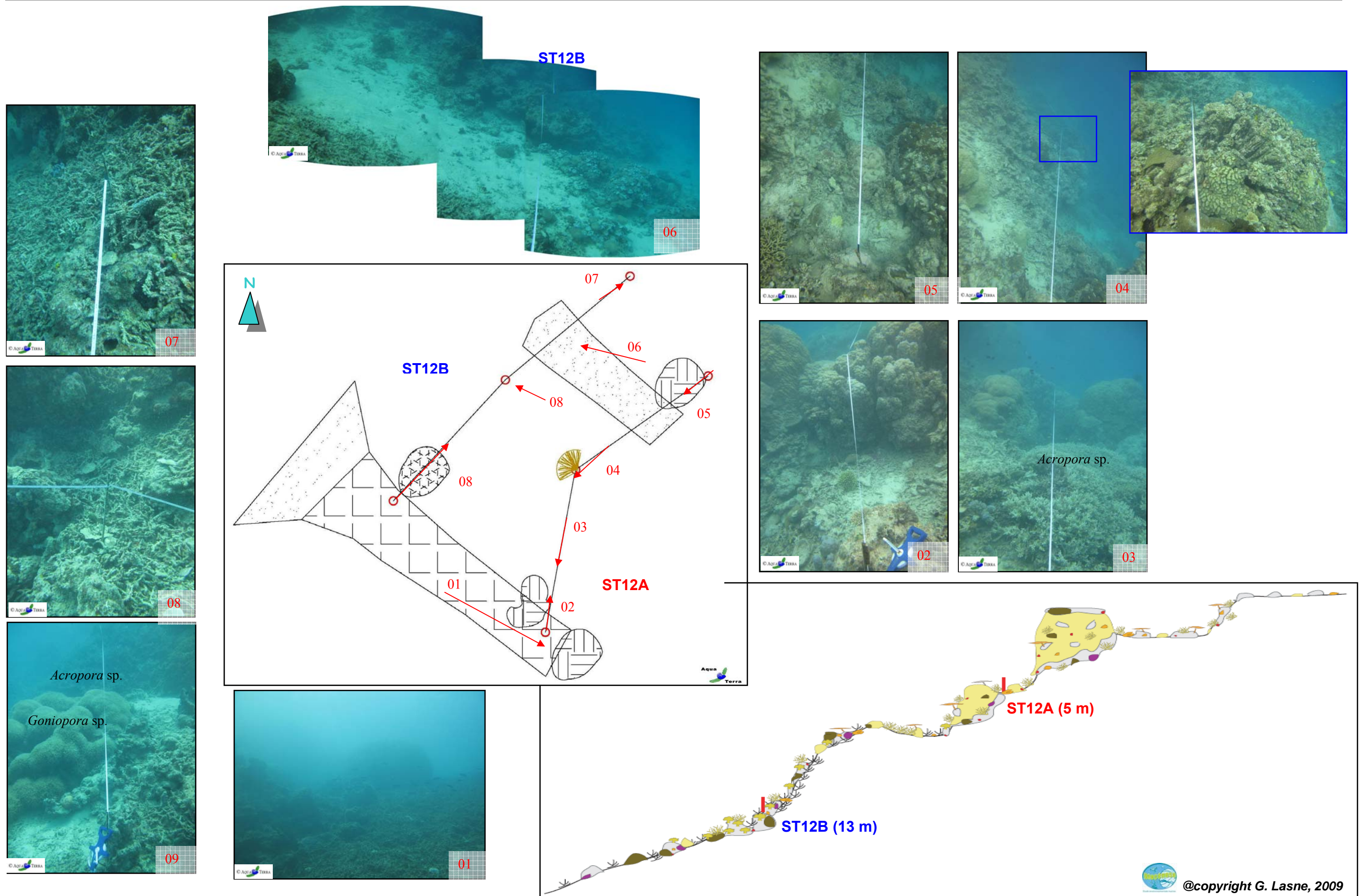


Figure n°069 : Schéma structural, plan et photographies de la ST012

#### 4.12.1 Le substrat (ST12)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 70](#) pour le transect A et dans la [figure 71](#) pour le transect B.

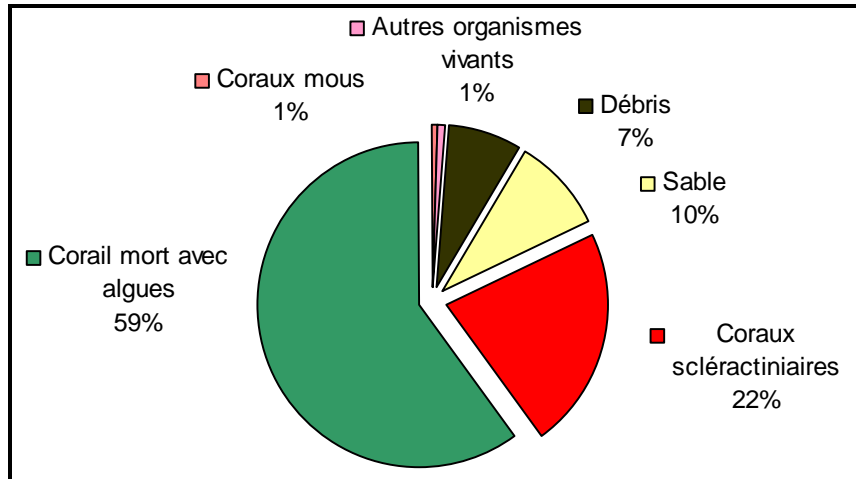


Figure n°070 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A*

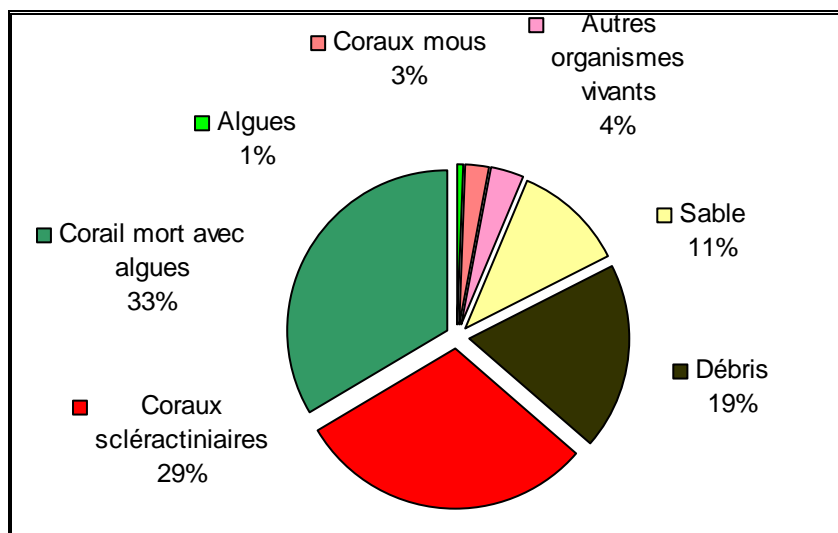


Figure n°071 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B*

Les deux transects sont riches en coraux scléactiniaires vivants, avec 22% et 24% respectivement chacun. A noter : les coraux blanchis ont disparus. Par contre, il y a baisse au niveau du transect B des coraux scléactiniaires (30% en avril 2010), notamment du fait de la mortalité d'*Acropora* dans le grand massif présent.

Le reste du substrat majoritaire fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (60% et 54%). De ce fait, le recouvrement est surtout biotique avec plus de 80% pour chaque transect.

Le transect A est stable. Celui du niveau inférieur voit la transformation des débris (qui se couvrent de tuff algal) au profit de coraux morts recouverts d'algues.

#### 4.12.2 Le benthos (ST12)

La liste des taxons cibles (cf. §3.2.3) échantillonnés sur cette station est donnée [annexe 05](#) et la liste complète des résultats bruts est fournie [annexe 05](#).

## 4.12.2.1 Benthos Transect 12 A

### 4.12.2.1.1 Les Scléactiniaires (ST12A)

La richesse spécifique corallienne a augmenté de 7 espèces, quelques colonies juvéniles de la dernière mission ayant été désormais déterminées (*Pavona explanulata*, *Turbinaria mesenterina*, *Favia stelligera*, *Merulina scabricula*, *Acanthastrea echinata*, *Lobophyllia hemprichii* et *Pocillopora verrucosa*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 87 espèces coralliennes, dont deux espèces de *Millepora* (branchu et encroûtant).

Les familles scléactiniaires (85 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (19 taxons), les Acroporidae (15 taxons), les Fungiidae (14 taxons), les Agariciidae (7 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons) et les Siderastreidae (3 taxons).

Tableau n°0124 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST12A)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	15	5
Agariciidae	7	3
Astrocoeniidae	1	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	4	2
Faviidae	19	4
Fungiidae	14	4
Merulinidae	3	2
Mussidae	5	4
Oculinidae	1	2
Pectiniidae	5	3
Pocilloporidae	4	3
Poritidae	4	5
Siderastreidae	3	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>85</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
<b>Total coraux</b>	<b>87</b>	<b>/</b>

En terme de recouvrement les familles scléactiniaires Poritidae, Acroporidae et Mussidae sont particulièrement bien développées, elles forment des grandes colonies pluri métriques. Les colonies de Poritidae adoptent de grandes formes massives (*Porites* spp.), ainsi que des massifs de colonies avec de longs polypes (*Goniopora* sp., *Alveopora* sp.). Les Acroporidae sont plutôt de forme branchue et s'édifient en grands buissons (*Acropora* spp.) et en petites plaques de forme encroûtante (*Montipora* spp.).

Entre ces grands massifs le substrat est composé de nombreux débris et de sable ; les coraux libres (Fungiidae) affectionnent particulièrement ce substrat détritique et se concentrent par dizaine, ainsi, ce transect regroupe 14 espèces de la famille des Fungiidae (abondance des coraux libre par rapport aux autres stations).

Les autres colonies coralliennes sont de taille décimétrique et s'édifient sur la dalle ou colonisent les débris

(*Cyphastrea japonica*, *C. serailia*, *Favia* spp., *Favites* spp., *Merulina ampliata*, *Mycedium elephantotus*, *Stylocoeniella guentheri*, *Pavona decussata*, *Pectinia lactuca*, *P. paeonia*, *Turbinaria peltata*, *T. reniformis*).

La mortalité corallienne est importante au regard des nombreux débris coralliens, des gros blocs coralliens qui ont dévalé la pente, des grosses patates de *Porites* (encore à nu ou bien envahies par les éponges encroûtantes), d'une grande colonie de *Lobophyllia* disloquées mais encore en place.

Les dégradations sont de plusieurs types : dans le premier cas les conditions hydrodynamiques soutenues entraînent une casse importante des colonies branchues et déstabilisent des patates en haut de récif qui dévalent par la suite la pente abrupte cassant d'autres colonies sur leur passage. Puis, d'autre part on trouve du blanchissement corallien qui provient d'une variation plus ou moins importante des paramètres environnementaux ou de prédation. Les colonies ne sont pas concernées par le blanchissement lors de cette mission.

#### 4.12.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12A)

Les macrophytes représentent un recouvrement très faible : seules les algues vertes des genres *Halimeda* et *Chlorodesmis* se développent par thalles à travers les débris (absence des genres *Dictyota*, *Lobophora*, *Padina*, *Actinotrichia*). Ces algues étaient déjà absentes pour la dernière mission.

Tableau n°0125 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST12A)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	2	4
Algue brune	1	2
Algue rouge	0	0
Algue verte	3	2
Cyanobactérie	1	1
Anémone	0	0
Ascidies	2	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	2
Echinides	1	2
Holothurie	2	2
Synapse	0	0
Hydraire	0	0
Mollusque	5	3
Spongiaire	5	5
Zoanthaire	1	2
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>/</b>

Les spongiaires se développent surtout par encroûtement sur la dalle et les blocs coralliens de *Porites* et quelques débris coralliens ; l'espèce *Cliona orientalis* est prédominante.

La richesse spécifique des alcyonaires est faible. Ils sont représentés par les genres *Sinularia* et *Sarcophyton*. Ce dernier est abondant, de petite taille et fixé préférentiellement sur les débris coralliens.

Les mollusques *Arca ventricosa* sont incrustés dans les patates de *Porites*, les bécitiers *Tridacna crocea* et l'espèce *Isognomon isognomon* sont incrustés dans la dalle ou des blocs coralliens et le genre *Trochus* est camouflé dans les cavités de la dalle ou sous les *Acropora* tabulaires. Un individu de *Tridacna squamosa* est positionné sur un massif de *Lobophyllia* à proximité du transect.

Aucune astérie n'est présente pour ce niveau bathymétrique. Les échinides (*Diadema setosum*) se camouflent

dans les cavités de la dalle et sous les blocs coralliens. Deux spécimens d'holothurie remobilisent les sédiments à travers les débris coralliens (*Actinopyga lecanora* et *Bohadschia argus*).

#### 4.12.2.2 Benthos Transect 12 B

##### 4.12.2.2.1 Les Scléactiniaires (ST12B)

La richesse spécifique corallienne a augmenté de 3 espèces coralliennes (*Montipora danae*, *Turbinaria stellulata*, *Blastomussa wellsi*). Ce niveau bathymétrique est colonisé par 72 espèces coralliennes dont deux espèces de *Millepora* (branchu et sub massif), une espèce d'antipathaire et une espèce de gorgone. Les familles scléactiniaires (68 espèces) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (13 taxons), les Fungiidae (9 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Dendrophyllidae (5 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons) et les Pectiniidae (3 taxons).

Tableau n°0126 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST12B)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
<b>Scléactiniaire</b>		
Acroporidae	13	5
Agaraciidae	4	3
Astrocoeniidae	2	1
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	5	2
Faviidae	17	4
Fungiidae	9	4
Merulinidae	2	2
Mussidae	4	5
Oculinidae	1	2
Pectiniidae	3	2
Pocilloporidae	2	2
Poritidae	5	5
Siderastreidae	1	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>68</b>	<b>/</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>		
Milleporidae	2	2
Tubiporidae	0	0
Gorgone	1	1
Antipathaire	1	2
<b>Total coraux</b>	<b>72</b>	<b>/</b>

Deux grands massifs (*Acropora* sp. et *Goniopora* sp.) représentent une part importante du recouvrement corallien. Les autres espèces coralliennes adoptent des morphologies diverses mais sont généralement de petite taille (*Montipora* spp., *Pachyseris speciosa*, *Pavona varians*, *Stylocoeniella armata*, *S. guentheri*, *Echinopora lamellosa*, *Favia* spp., *Favites* spp, *Turbinaria heronensis*, *T. reniformis*, *Porites cylindrica*, *Hydnophora microconos*, *Oxypora* sp.).

A noter la présence rare d'une colonie de *Blastomussa wellsi*.

Cette partie de pente récifale est très détériorée : les colonies massives et branchues situées au sommet du récif sont venues dévaler la pente détruisant les coraux sur leur passage. L'accumulation de débris est très importante.

Les grandes colonies coralliennes de *Goniopora* sont recolonisées par les zooxanthelles.

#### 4.12.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12B)

Le recouvrement et la distribution des macrophytes est quasi similaire par rapport au niveau supérieur. Les algues brunes et rouges sont toujours absentes et seuls quelques thalles d'algues vertes se développent dans les débris coralliens.

Les organismes mobiles ont également une évolution à la baisse : les astéries et les holothuries sont absentes. Les spongiaires se développent par encroûtement sur la dalle et les blocs coralliens (*Cliona jullienei*, *C. orientalis* sont bien développées). L'espèce *Clathria bargibanti* n'a pas été recensée lors de cette mission.

Les alcyonaires sont principalement représentés par le genre *Sarcophyton*. Ce genre de petite taille a un recouvrement très important : il colonise préférentiellement les débris coralliens. Trois autres genres sont présents (*Cladiella*, *Nephthea* et *Sinularia*).

Deux espèces de zoanthaires colonisent la dalle (*Palythoa* sp. et une espèce indéterminée).

Tableau n°0127 : Biodiversité et Abondance des macrophytes et invertébrés (ST12B)

Groupe Macrophytes et Invertébrés	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Alcyonaire	4	5
Algue brune	0	0
Algue rouge	0	0
Algue verte	2	2
Cyanobactérie	1	2
Anémone	0	0
Ascidies	1	2
Bryzoaire	0	0
Astérie	0	0
Crinoïde	1	3
Echinides	1	2
Holothurie	0	0
Synapse	0	0
Hydraire	0	0
Mollusque	5	2
Spongiaire	4	5
Zoanthaire	2	3
Crustacé	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>/</b>



### 4.12.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées<sup>18</sup> sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 128](#).

Tableau n°0128 : Données sur les poissons (ST12)

Ugo ST12		Transect			Transect			Station		
Fam	Espèces	A			B			Total	Moyenne	
		Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	1	0,03	0,47	1	0,03	0,38	2	0,03	0,43
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	1	0,03	0,31				1	0,02	0,15
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>				1	0,03	0,00	1	0,02	0,00
Cae	<i>Caesio caerulea</i>				30	0,47	9,18	30	0,23	4,59
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>				1	0,03	0,55	1	0,02	0,28
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,06	0,03	2	0,03	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	1	0,03	0,06				1	0,02	0,03
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	3	0,09	1,96	5	0,16	3,26	8	0,13	2,61
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,06	0,17	2	0,06	0,17	4	0,06	0,17
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>				2	0,06	0,17	2	0,03	0,09
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,06	0,10	1	0,03	0,05	3	0,05	0,07
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				2	0,06	6,68	2	0,03	3,34
Pom	<i>Chromis fumea</i>				8	0,25	0,04	8	0,13	0,02
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,63	0,53				20	0,31	0,27
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,16	0,03	5	0,16	0,03	10	0,16	0,03
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	5	0,16	0,05				5	0,08	0,03
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				5	0,16	0,05	5	0,08	0,03
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	2	0,04	2,92	1	0,03	0,66	3	0,04	1,79
<b>Total</b>		42	1,29	6,60	66	1,59	21,27	108	1,44	13,93
<b>Biodiv.</b>		10			14			18		
Ind. Shannon =		3,388								
Equitabilité =		0,813								

Sur l'ensemble des transects de la station, 108 individus appartenant à 18 espèces différentes ([figure 72](#)) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.44 poissons/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 13.93 g/m<sup>2</sup>.

32 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte) ont été observées sur la station (cf. [tableau 129](#)).

Tableau n°0129 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Ugo ST12					
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Apo	<i>Apogon fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Chromis margaritifera</i>
Apo	<i>Apogon indicus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis retrofasciata</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon polyacanthus</i>

<sup>18</sup> Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).

Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Epi	<i>Epinephelus howlandi</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus bleekeri</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lineatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le [tableau 130](#) et spécifiquement pour la campagne de septembre 2010 sur la [figure 72](#).

Tableau n°0130 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique de 2007 à 2010 (ST12)

Familles	Ugo ST12				
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Acanthuridae			3	4	<b>2</b>
Anthiinae				1	
Balistidae					
Blenniidae			2	2	<b>1</b>
Caesionidae			1		<b>1</b>
Canthigasteridae			1		
Carangidae				1	
Carcharhinidae					
Chaetodontidae			3	6	
Dasyatidae					
Epinephelinae			2	2	
Gobiidae				1	
Haemulidae					
Labridae		<i>Pas d'échantillonnage</i>	2	5	<b>3</b>
Lethrinidae					
Lutjanidae				2	
Mullidae				1	
Nemipteridae			1	1	<b>1</b>
Pomacanthidae			2	4	<b>4</b>
Pomacentridae			5	8	<b>5</b>
Ptereleotridae					
Scaridae			1	1	<b>1</b>
Scombridae					
Siganidae				2	
Zanclidae					
<b>Total</b>			<b>23</b>	<b>40</b>	<b>18</b>

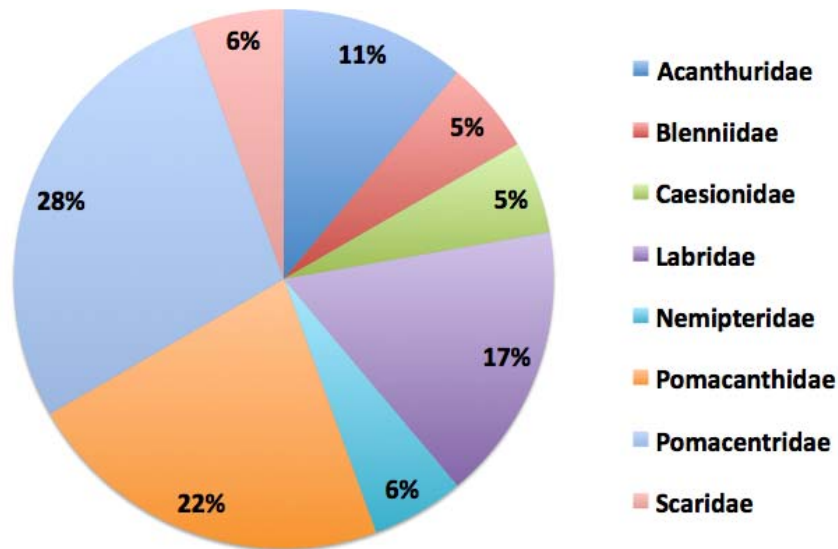


Figure n°072 : Richeur spécifique par famille de poissons (ST12)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2010 est effectuée (cf. [tableau 131](#)), sous l'angle de vue de ce critère les cinq campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°0131 : Comparaison de l'évolution de la richeur spécifique par famille, 2007 à 2010 (ST12)

Test $\chi^2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95
20.84	32	46.19

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m<sup>2</sup>, transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m<sup>2</sup>, 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 132](#) et la [figure 73](#).

Tableau n°0132 : *Synopsis des résultats 2010 et récapitulatif des années précédentes (ST12)*

Ugo ST12		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m <sup>2</sup>	Biodiv.	Biodiv.	Biodiv.
2010 b	Transect A	42	1,29	6,60	10		
	Transect B	66	1,59	21,27	14		
	Moy. ABC	108	1,44	13,93	18	28	50
2010 a	Moy. ABC	93,00	3,01	63,58	41	58	90
2009	Moy. ABC	100,50	3,49	73,03	23	40	70
2008	Moy. ABC	<i>Pas d'échantillonnage</i>					
2007	Moy. ABC						

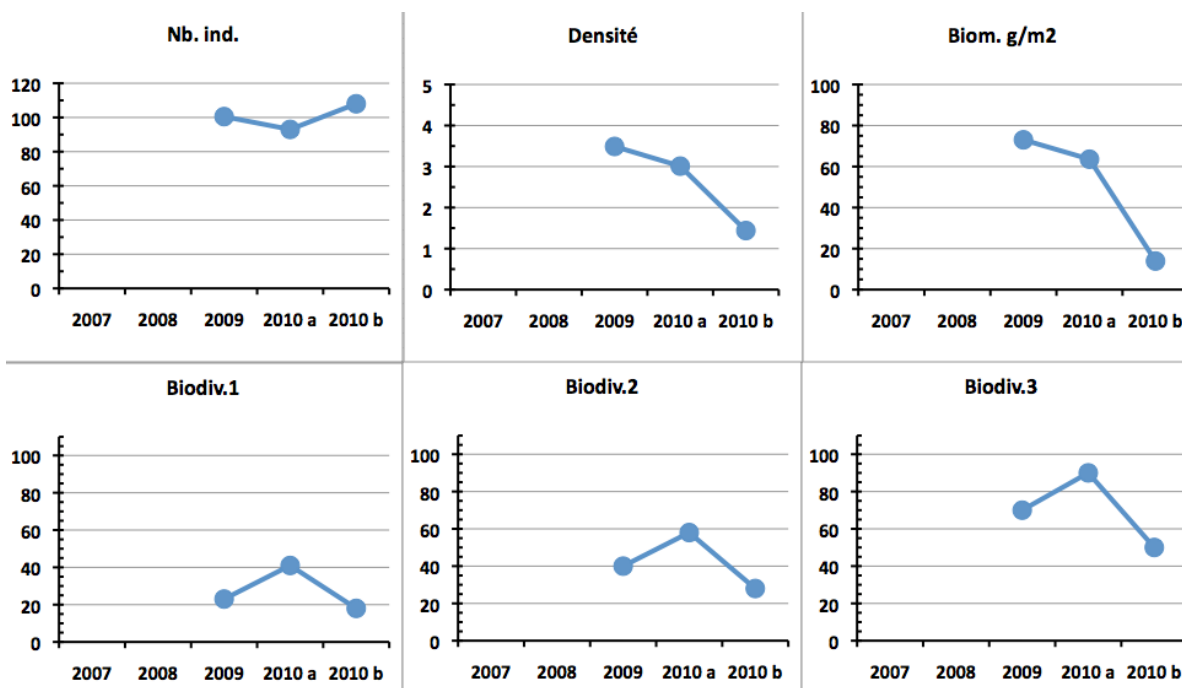


Figure n°073 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)*

## 5 Résultats généraux / Synthèse

Les cartes 15 et 16 présentent la synthèse des résultats bruts pour cette mission à chaque station, à savoir :

- pour la faune ichthyologique : la diversité spécifique (nombre d'espèces observées, liste restreinte), la densité (nb. individus/m<sup>2</sup>) et la biomasse (g/m<sup>2</sup>),
- pour les communautés benthiques : la richesse taxonomique (nombre d'espèces) des 3 groupes clés : les macrophytes et invertébrés, les coraux scléactiniaires et les autres coraux,
- 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.

### 5.1 Substrat

Les pourcentages de recouvrement du substrat, pour toutes les catégories, sont présentés dans le tableau 162 en annexe 04 (résultats par transect pour toutes les stations).

Le tableau 163 en annexe 04 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 scléactiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »),
- ↳ la partie abiotique.

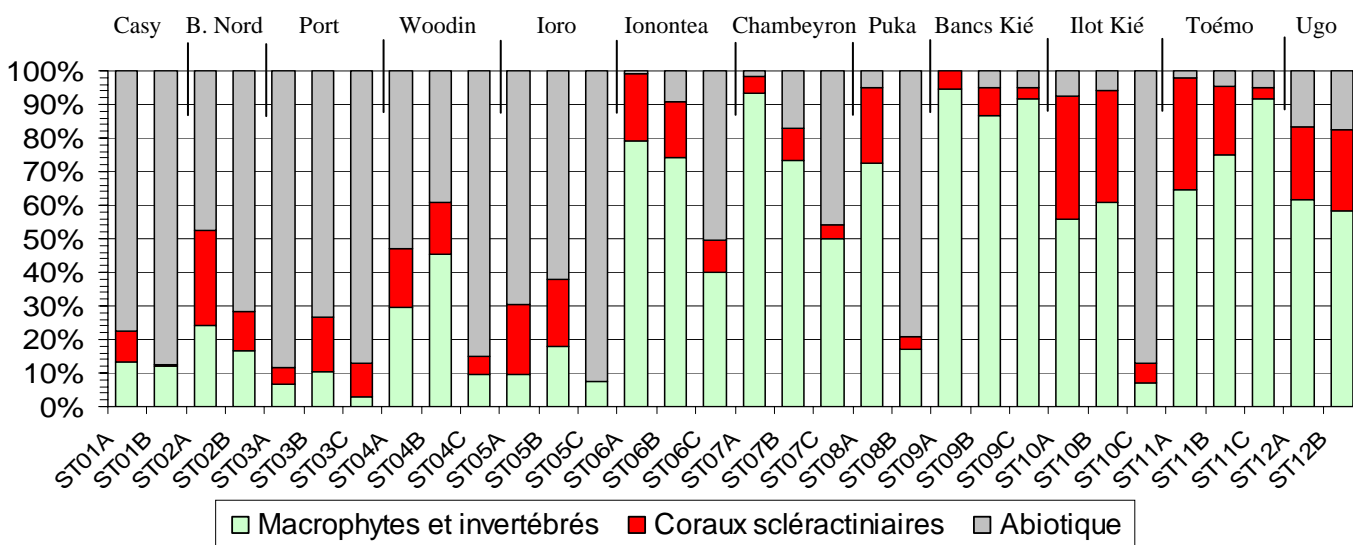


Figure n°074 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Les stations situées en baie de Prony et canal Woodin (exception du transect ST02A) ont un substrat à majorité abiotique (moyenne de 71.5%). Ces stations ont, par ailleurs, le taux de recouvrement corallien moyen le plus faible de toute la zone d'étude (12%), à peu près équivalent à la mission précédente (12.1% en avril 2010).

Les stations (et les transects dans chaque station) dans le canal de la Havannah sont très diversifiées, avec une dominance du substrat biotique (excepté pour la station ST5 qui est installée sur une pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé, pour les transect ST06C, ST07C, ST08B et ST10C qui sont positionnés en bas de tombant récifal sur le début de la pente sédimentaire). La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah est aussi plus élevée (15%), avec pour cette zone et cette campagne aussi une légère diminution (17.38% en avril 2010).

Les stations présentant le plus fort taux de recouvrement coralliens scléactiniaires sont toujours ST10 (îlot Kié, dans la réserve Merlet) et la ST11 (récif Toémo). La nouvelle station sur l'îlot Ugo (ST12) arrive en 3<sup>ème</sup> position.

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

Le [tableau 172](#) en [annexe 05](#) et la [figure 75](#) 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 3 grands groupes :

- ☞ les coraux scléactiniaires,
- ☞ les autres coraux,
- ☞ le reste des organismes vivants, sous l'appellation « macrophytes et invertébrés ».

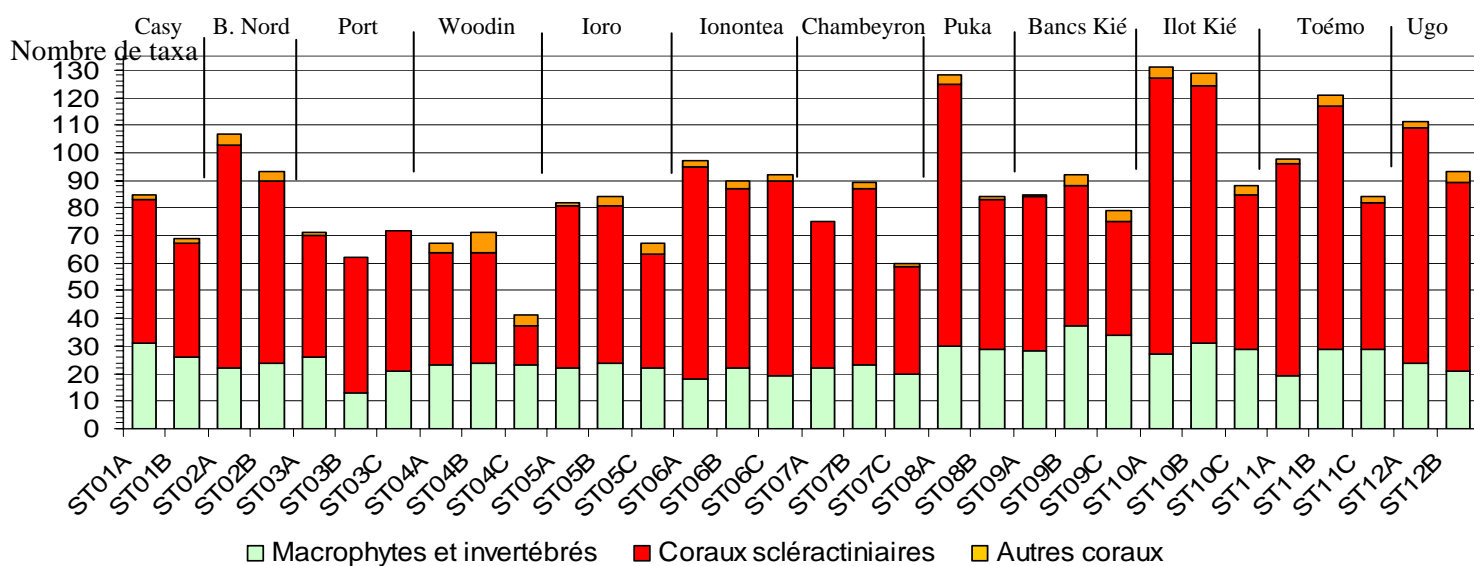


Figure n°075 : Richesse taxonomique du benthos dans les 3 groupes clés

La biodiversité corallienne est très contrastée, notamment pour les scléactiniaires dont 13 à 100 espèces différentes ont été dénombrées selon les stations. La moyenne du nombre d'espèce corallienne pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est de 60 taxa (légère augmentation par rapport à avril 2010 : 57).

Les stations du canal de la Havannah sont globalement plus riches (moyenne de 65 taxa vs 48 taxa pour celles de la baie de Prony-Canal Woodin). La station où la richesse spécifique est la plus importante est la ST10 A (l'îlot Kié) située dans la réserve Yves Merlet et ST08 A (Puka) (avec respectivement 100 et 95 espèces coralliennes inventoriées). Bien que cette richesse soit importante, les espèces présentes dans le canal de la Havannah sont relativement fréquentes dans le lagon Sud de Nouvelle-Calédonie.

A contrario, les espèces inféodées à la baie de Prony développent des morphoses particulières dans le monde, la conjonction des paramètres environnementaux de cette baie rendant le développement des coraux unique. Certaines espèces sont considérées comme rares dans les eaux calédoniennes (*Alveopora catalai*, *Blastomussa merleti*, ...). Si la richesse spécifique des stations de la baie de Prony est relativement plus faible que pour les stations du canal de la Havannah, ceci est à minorer car la ST02 (Creek baie Nord) recense un nombre très important d'espèces (76 et 65 espèces). Par ailleurs, la baie de Prony renferme une multitude de biotopes qui n'ont pas été explorés lors de cette étude.

D'autre part, la richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 13 à 37 taxa pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 25 taxa par transect) (en fait 24.75 vs 25.78 en avril 2010, donc très légère

diminution).

Généralement le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu ne va pas beaucoup varier, c'est plutôt leur abondance qui va évoluer selon les variations de température de l'eau et l'hydrodynamisme. Certaines espèces vont être typiques pour un biotope considéré et selon la saisonnalité elles vont plus ou moins dominer. Par exemple, les espèces *Asparagosis armata* et *Triclogloea requienii* (algues rouges) sont particulièrement bien représentées dans le canal de la Havannah durant la période chaude mais elles auront une abondance plus réduite durant la période froide (l'hydrodynamisme important et la température de l'eau influencent leur développement).

Les espèces de *Sargassum* forment des algues jusqu'à 120 cm de longueur. Elles se développent généralement dans les habitats semi exposés dans les niveaux bathymétriques des récifs intertidaux à subtidaux. Ces algues sont le plus vouées à dériver (rupture des thalles cartilagineux et fragiles). Elles se détachent de leur habitat à cause de la sénescence (affaiblissement des fonctions vitales provoqué par le vieillissement).

Cependant, d'autres espèces plus résistantes et adaptées au milieu à faible hydrodynamisme ont une saisonnalité réduite et leur abondance variera sensiblement. Comme les formes encroûtantes molles de l'espèce *Lobophora variegata* (algue brune) qui est répartie d'avantage sur les récifs abrités (eaux calmes de la baie de Prony).

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. 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.

### 5.3 Ichtyologie

Les résultats bruts et traités du comptage des poissons, sont présentés dans chaque station et en [annexe 06](#).

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le [tableau 133](#) et les [figures 76 à 78](#) (rappel : liste restreinte).

Tableau n°0133 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune

STATION PARAMETRES BIOLOGIQUES	ST01 Casy	ST02 B. nord	ST03 Port	ST04 Wood.	ST05 Ioro	ST06 Ionon.	ST07 Chamb	ST08 Puka	ST09 B. Kié	ST10 I. Kié	ST11 Toémo	ST12 Ugo
Nombre individus	21	45	31	80	100	190	178	31	133	384	180	108
Richesse spécifique	11	8	11	26	24	37	38	14	28	67	44	18
Densité (nb ind/m <sup>2</sup> )	0,33	1,41	0,31	0,84	1,23	1,91	1,80	0,50	1,35	3,46	1,59	1,44
Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	2,30	4,23	1,26	38,60	37,89	93,00	104,00	12,00	10,60	576,0	75,10	13,90
Indice Shannon	3,30	2,26	2,97	4,08	4,09	4,41	4,70	3,46	4,02	4,92	4,76	3,39
Indice Equitabilité	0,95	0,75	0,86	0,87	0,89	0,85	0,90	0,91	0,84	0,81	0,87	0,81

La station 01 (Casy) est celle présentant les plus faibles chiffres en abondance, richesse spécifique et biomasse. Par contre, elle possède l'indice d'équitabilité le plus élevé : c'est donc une station assez pauvre en nombre d'individus (et de petites tailles), mais avec une structure des populations relativement homogène.

La station qui présente l'indice d'équitabilité le plus bas est ST02 (Creek Baie Nord) car certaines espèces comptent beaucoup d'individus.

Pour cette mission, c'est la station de l'îlot Kié qui est particulièrement riche en individus, en nombre d'espèces et qui présente une biomasse importante.

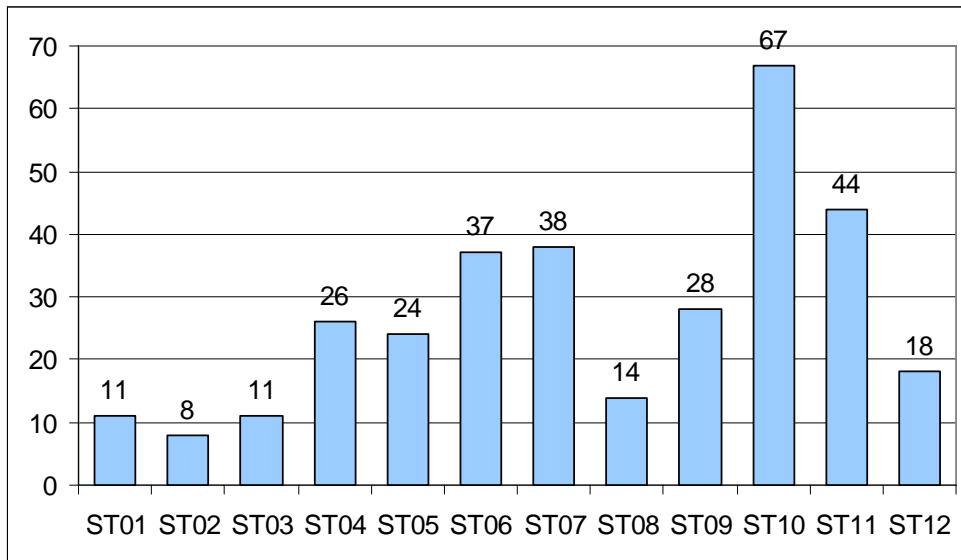
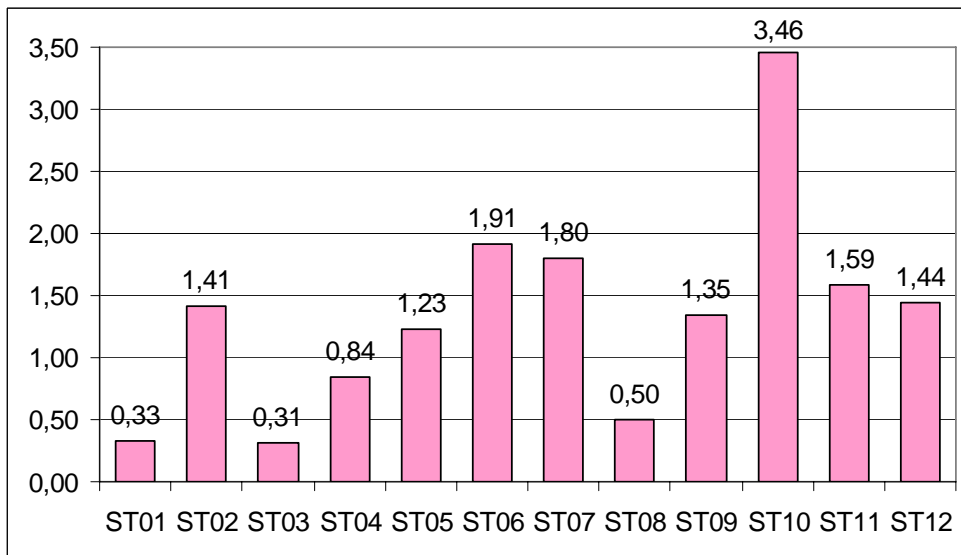


Figure n°076 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



ST01	Casy
ST02	B. 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°077 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station

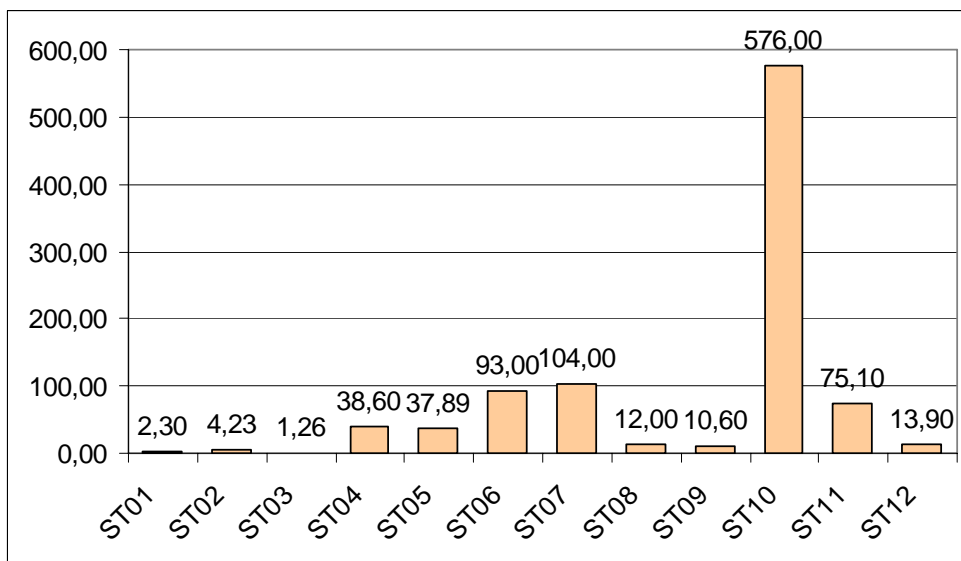


Figure n°078 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station





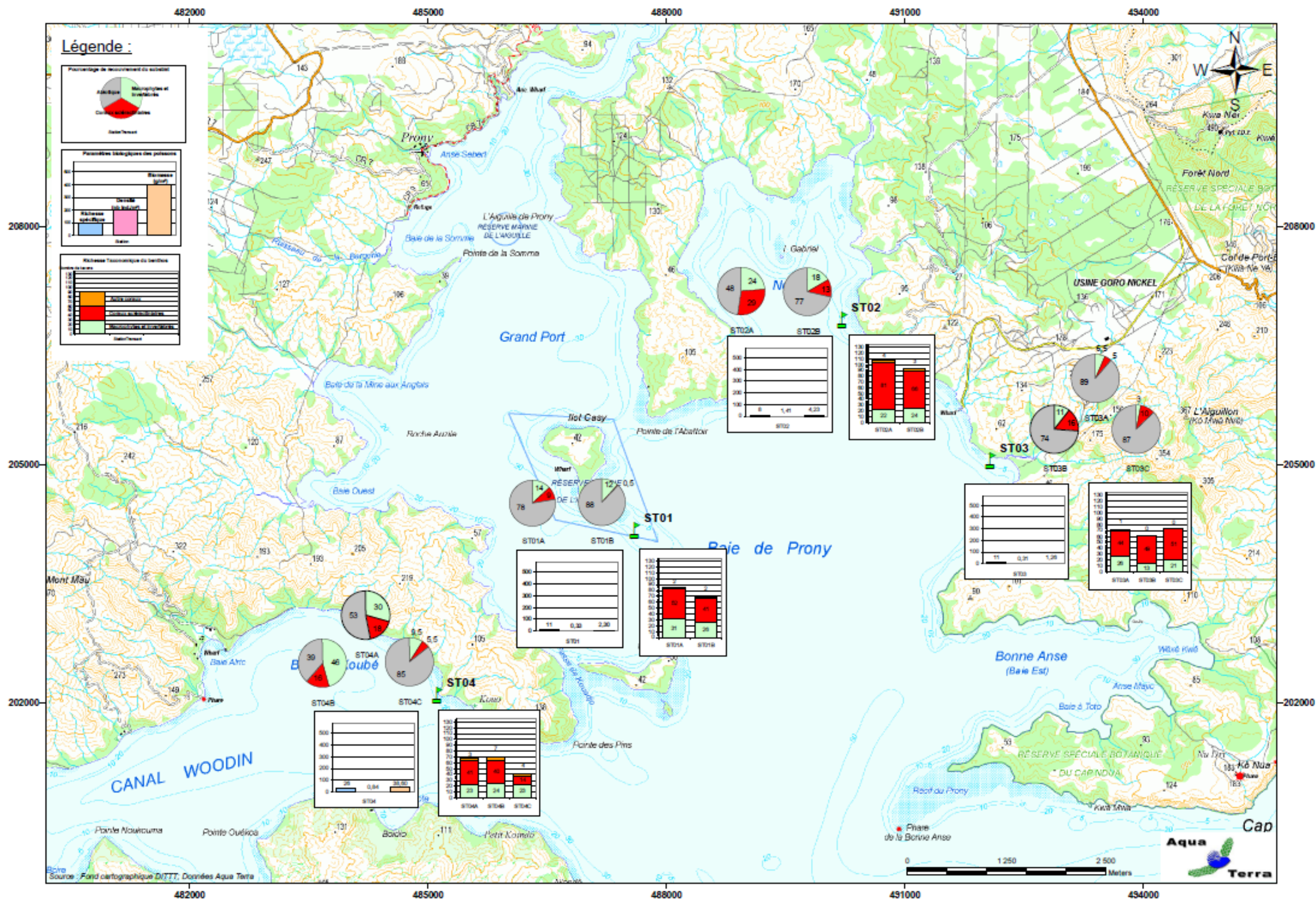
## 5.4 Espèces exogènes

Au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quelle que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes.

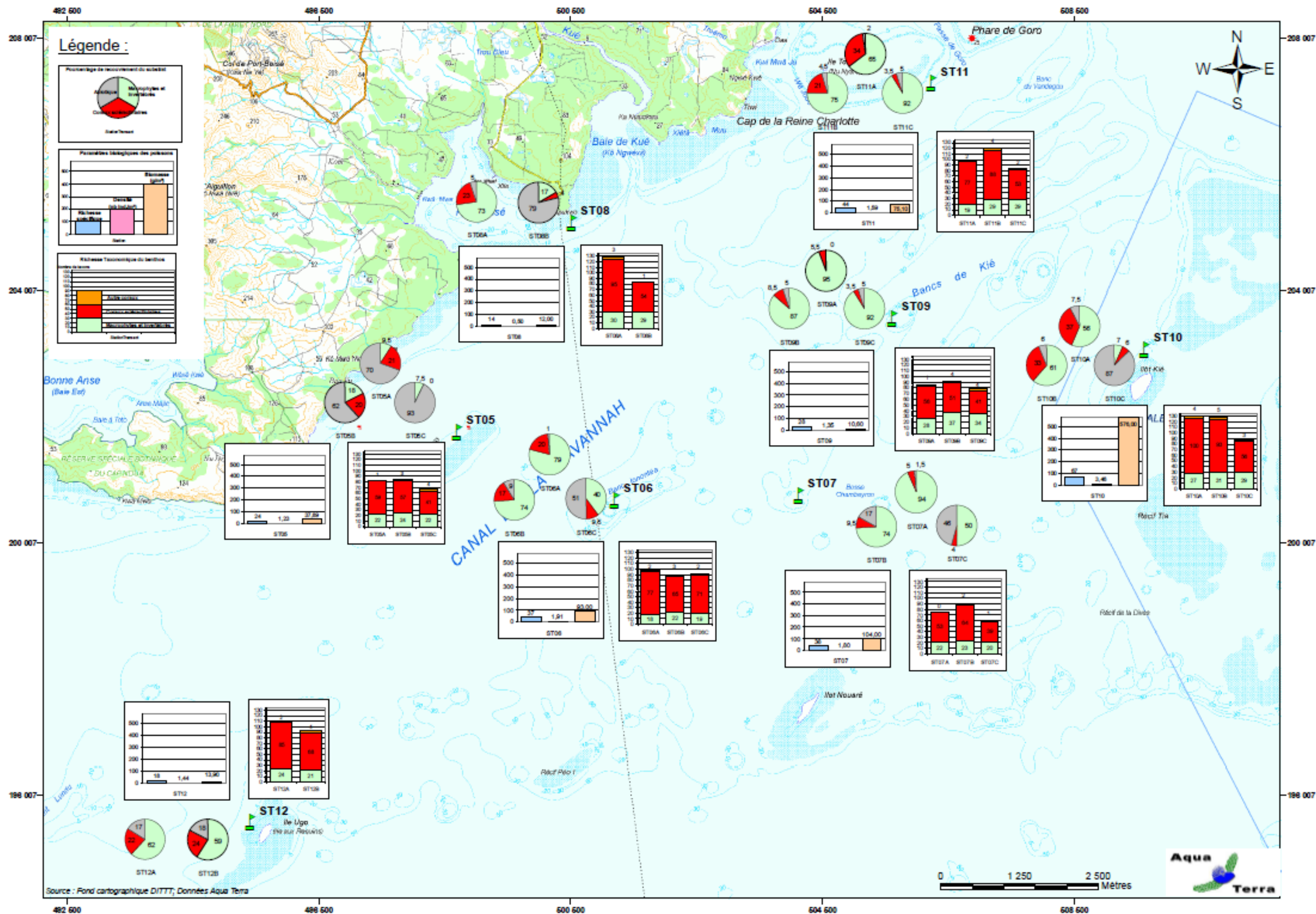
Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) où se situent les stations, à la complexité et la multicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sont à minorer et non représentatives.

Cependant, pour cette mission, comme précédemment, nous n'avons pas fait d'observation de ce type.





Carte n°015 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la Baie de Prony



Carte n°016 : Résultats généraux : ichthyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah





## 6 Comparaison avec les données historiques

En préalable, il faut présenter les points importants des travaux de 2005, 2007, 2008, 2009 et avril 2010 et les divergences entre les conditions météorologiques-périodes, techniques-matériels et/ou méthodologie.

Les différences relevées sont listées dans le [tableau 158](#) en [annexe 02](#) (non exhaustif) et ne tiennent pas compte des aléas humains (les comptages visuels et la précision dans l'identification des espèces tant ichthyologiques que coralliennes peuvent varier selon l'expertise des observateurs, les conditions météorologiques, le protocole utilisé et les moyens de respiration sous-marine par exemple).

En synthèse, succinctement, en 2005, le dénombrement des poissons par Mélanopus (canal de la Havannah) et A2EP (baie de Prony) s'est fait sur des transects à largeur fixe de 50 m de long, alors qu'A2EP en 2007 et AQUA TERRA en 2008, 2009 et 2010 ont fait les dénombrements sur des transects à largeur variable de 20 m de long comme l'impose le cahier des charges. Par ailleurs, en 2005 le plongeur de Mélanopus a travaillé au NITROX tandis que depuis 2007 les plongeurs d'A2EP puis d'AQUA TERRA travaillent à l'air comprimé. De plus, la mission 2007 s'est déroulée en hiver (fin août – début septembre) sous un très mauvais temps (vent fort et pluie) entretenant une eau très turbide. La mission de 2008 s'est déroulée au printemps (fin octobre – début novembre) sous un grand beau temps et donc une eau très claire. La mission 2009 s'est déroulée à la fin de l'automne (mi-juin) sous un régime d'alizés modérés. La mission précédente a été réalisée à la toute fin de l'été (début saison fraîche), en mars-avril, avec des conditions météorologiques moyennes (vent et pluies). Celle de ce rapport a été réalisée à la fin de l'hiver (fin septembre), avec des conditions météorologiques plutôt bonnes (soleil, peu de vent et peu de courants).

Tous les échantillonnages de cette mission ont été réalisés par les mêmes intervenants que pour les campagnes précédentes depuis 2008. L'écart temporel est d'environ 6 mois, avec la dernière mission (mars-avril 2010) et les conditions climatologiques étaient meilleures.

### 6.1 Substrat

Pour suivre une évolution globale, nous avons comparé les résultats (en pourcentage de recouvrement) du biotique (en deux groupes : les coraux scléactiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « macrophytes et invertébrés ») et des fonds abiotiques ([tableau 134](#)).

Selon plusieurs études [[05](#), [06](#)], 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 comme « une perte de temps et d'argent » [[07](#)].

Pour ces raisons et les différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes, nous n'avons donc gardé que la marge supérieure à 20% de fluctuation.

Dans l'ensemble, il y a peu de variations générales : les stations apparaissent relativement stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scléactiniaires (fourchette entre -8.5% et +5%).

Au niveau individuel, les variations qui apparaissent (mais qui restent inférieures à 20%) sont essentiellement dues à une baisse du recouvrement abiotique corrélée à une augmentation des « macrophytes et invertébrés » due au fait que les débris coralliens présents à certaines stations étaient recouverts de tuff algal et ont donc été classés dans la précédente catégorie, qui est comptée dans le recouvrement biotique.

Seul le transect supérieur de la station 05 (Ioro, ST05A) subit une variation inverse avec plus de sable et de débris, au détriment de la catégorie « coraux morts avec algues ». La cause principale peut être l'apport de sédiments plus ou moins grossiers par l'hydrodynamisme important localement.

## 6.2 Benthos

### 6.2.1 Variation de la richesse taxonomique par rapport à avril 2010

Comme un des paramètres majeurs de suivi du benthos est la richesse taxonomique, nous avons calculé l'évolution de la diversité totale et selon les 3 groupes préalablement définis (les « macrophytes et invertébrés », « coraux scléactiniaires » et « autres coraux ») (cf. [tableau 135](#) et [figures 79](#) et [80](#)).

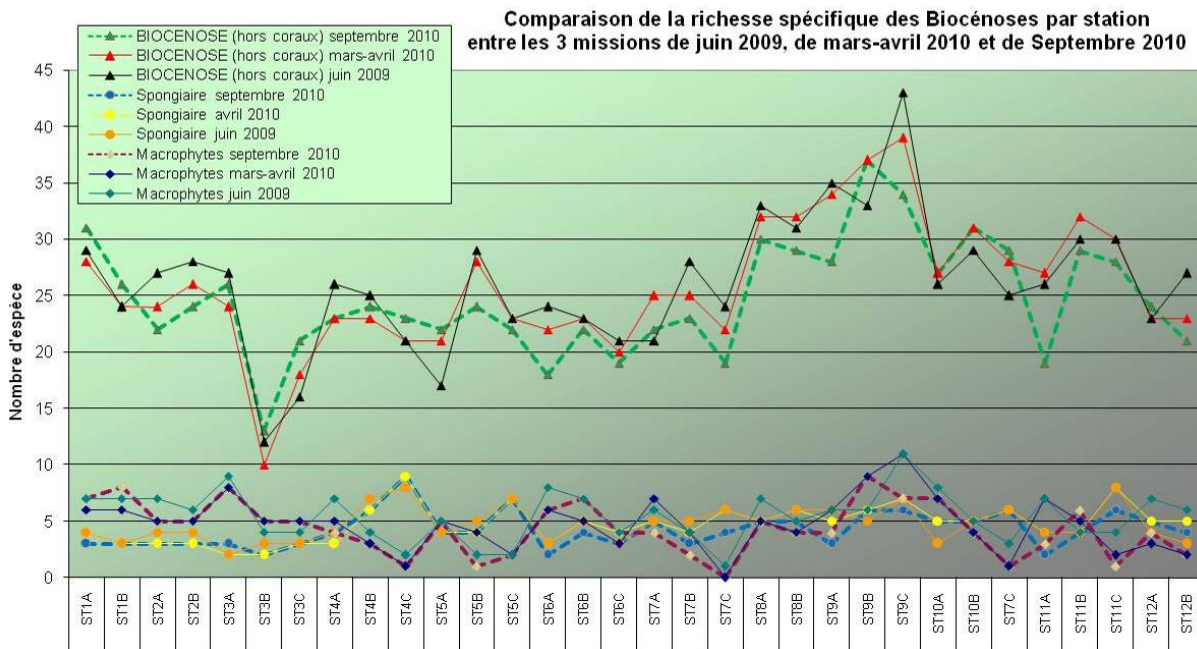


Figure n°079 : Comparaison des richesses taxonomiques (tout hors coraux, spongiaires, macrophytes), par station, depuis juin 2009

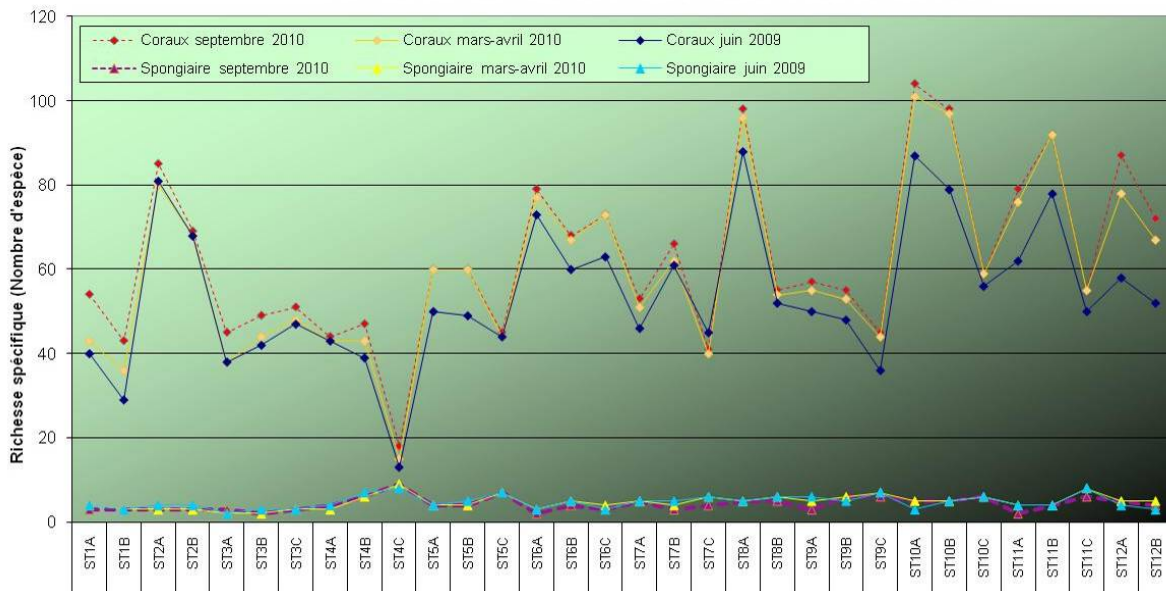


Figure n°080 : Comparaison des richesses taxonomiques (coraux, spongiaires), par station, depuis juin 2009

Les résultats entre septembre 2010 et mars-avril 2010, sont légèrement à la hausse. Les campagnes de 2010 ont permis d'échantillonner plus d'espèces, par rapport à 2009, et ce surtout dans le groupe des coraux scléactiniaires, et dans une moindre mesure aussi dans celui des « macrophytes et invertébrés » pour

certaines stations, d'autres voyant leur biodiversité diminuée au contraire (saisonnalité des algues).

### 6.2.1.1 Espèces nouvellement recensées

Pour les stations de la baie de Prony, quatre espèces coralliennes ont été nouvellement recensées depuis la dernière mission : *Favia stelligera*, *Goniastrea australiensis*, *Lobophyllia pachysepta*, *Symphyllia valenciennesii*.

Pour les stations du canal de la Havannah se sont 8 espèces qui ont été nouvellement recensées depuis la dernière mission :

- Six espèces coralliennes : *Astreopora moretonensis*, *Euphyllia cristata*, *Favia stelligera*, *Favia pentagona*, *Acanthastrea bowerbanki*, *Symphyllia valenciennesii*.
- Une espèce d'algue rouge du genre *Liagora*.
- Une espèce d'holothurie *Actinopyga palauensis*.

### 6.2.1.2 Discussion

↪ Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux agités et turbides. Les macrophytes, les spongiaires et les alcyonaires sont en compétition spatiale avec les coraux scléactiniaires pour de nombreuses stations (ST01, ST02, ST03, ST05, ST06, ST07, ST08 et ST10). Ces observations rentrent dans le cycle naturel d'un écosystème, cependant l'évolution de ces groupes biotiques est à surveiller au regard des perturbations potentielles dans cette zone.

↪ **Les abondances les plus variables concernent les biocénoses benthiques cibles (hors coraux).**

- Les biocénoses benthiques cibles (hors coraux) regroupent pour le plus grand nombre des organismes mobiles (astéries, holothuries, échinides, crinoïdes) et/ou des macrophytes sensibles aux variations saisonnières (flore marine).
- D'une manière générale, les courbes de richesse spécifique suivent relativement les mêmes tendances d'une mission à une autre, mais les espèces peuvent migrer selon leur capacité d'adaptation aux variations de l'environnement (hydrodynamisme, apport en nourriture, variation de température, ...).

Les variations saisonnières lors de l'été austral sont surtout enregistrées pour la flore marine (baisse de la couverture en algues vertes et brunes et augmentation en algues rouges). Les algues connaissent généralement leur maximum de recouvrement vers la fin de l'été, au moment où les températures de l'eau ambiante atteignent leurs plus hauts niveaux annuels. Les macrophytes montrent une très bonne faculté d'adaptation au milieu par leur potentiel de régénération, leurs systèmes de défense chimique, leur coopération avec d'autres organismes.

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

On constate que les macrophytes sont d'autant plus fragilisées avec les forts courants dans le canal de la Havannah (ST06A, ST11A, ST12B) qu'en baie de Prony (ST02A). Le phénomène de saisonnalité est donc accentué avec les conditions hydrodynamiques importantes. Le cycle de vie de la plupart des espèces se produit durant les mois de novembre-décembre et mai-juin (respectivement été et hiver austral) et plus tard les algues se détachent de leur habitat à cause de la sénescence (affaiblissement des fonctions vitales provoqué par le vieillissement).

- Les variations d'abondance et de richesse spécifiques des organismes mobiles (astérie, holothurie et échinidé) n'ont pas de rapport direct avec la saisonnalité mais plutôt indirect avec les conditions hydrodynamiques, l'apport de nourriture et l'origine du substrat. Les organismes mobiles vont alors migrer le long du récif et en profondeur selon les conditions environnementales.

↪ **Pour l'étude de la biodiversité nous prenons en compte la présence des espèces cibles (fixe et mobile). Il est important de noter que l'absence ou les variations d'abondance des espèces mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale (selon les saisons). Par contre, la présence des espèces mobiles est indicatrice d'un bon fonctionnement de l'écosystème mais leur absence peut être momentanée pour des raisons qui ne sont pas forcément explicables, ni à l'origine d'une dégradation (ce phénomène échappe encore à la science).**

- En considérant cette notion de variabilité saisonnière des macrophytes et de mobilité de certaines espèces d'échinodermes, il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique des organismes fixés et ne présentant pas de variation épisodique (scléactiniaire, alcyonaire et spongiaire). Il faut également appréhender les variations sur plusieurs années afin d'enregistrer les variations naturelles de l'environnement.

↪ Les courbes comparatives de la richesse spécifique corallienne entre les 3 dernières missions suivent les mêmes tendances selon les différentes stations.

- Le nombre d'espèce scléactiniaire a même légèrement augmenté depuis 3 ans pour l'ensemble de la zone d'étude. Seul le transect positionné en bas de pente de la station Chambeyron (ST07C) a un déficit dans le nombre d'espèce depuis juin 2009. Cette dégradation a été causée par un effondrement de nombreux débris et roches qui ont dévalé la pente sédimentaire et ont brisé et cassé les colonies en bas de pente.

- La station où la richesse spécifique est la plus élevée est le haut de l'éperon du récif frangeant de l'Ilot Kié (ST10A) qui dénombre 104 espèces coralliennes.

- La station où la richesse spécifique est la plus basse est le bas du récif frangeant dans le Canal Woodin (ST04C) qui dénombre 13 espèces coralliennes.

- Le nombre d'espèce corallienne est plus important pour les niveaux bathymétriques supérieurs que pour le bas des tombants récifaux.

- **L'abondance de colonies coralliennes juvéniles sur l'ensemble des stations caractérise des récifs en bonne santé, assurant le maintien des populations à l'échelle décennale (capacité de recolonisation et de résilience).**

- Les variations du recouvrement (abondance) des colonies coralliennes sont relativement faibles, elles sont généralement corrélées à de la prédation et/ou à des variations des conditions environnementales importantes. Pour cette mission les marques de prédateurs sont minoritaires ainsi que le blanchissement. Mais en période estivale on peut enregistrer une augmentation de la température de l'eau et de ce fait constater des perturbations sur les colonies s'édifiant dans les parties supérieures des récifs. Généralement les colonies concernées sont seulement perturbées et expulsent leurs zooxanthelles (phénomène de blanchissement). Ce phénomène n'est pas irréversible car les coraux ont une résilience très importante et si les conditions environnementales redeviennent à la normale alors elles réintégreront leur état d'origine.

↪ Les alcyonaires ont un recouvrement important en baie de Prony (ST01, ST02, ST03) alors que leur colonisation reste modérée dans l'ensemble des stations du canal de la Havannah et du canal Woodin.

Les alcyonaires ont relativement peu de variations concernant leur richesse spécifique et leur recouvrement d'une mission à une autre. Les genres se répartissent plus ou moins abondamment sur les récifs, selon l'exposition aux agents hydrodynamiques et selon l'apport sédimentaire. Les genres *Lobophytum*, *Xenia* et *Dendronephthya* sont plus développés dans le canal de la Havannah et les genres *Sarcophyton* et *Sinularia* privilégient les milieux calmes et hypersédimentaires de la baie de Prony. La prédation est minoritaire, une colonie de *Lobophytum* a été nécrosée par une *Ovula ovum* en bas de tombant de la station de l'îlot Kié (ST10C). Les autres dégradations sont faibles et peuvent provenir de l'arrachement des colonies pour les récifs les plus exposés aux agents hydrodynamiques.

↪ Concernant les spongiaires c'est le genre *Cliona* qui est retenu pour être un bon indicateur de la pression et des changements de l'environnement. Les éponges encroûtante (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) profitent des phases d'affaiblissement corallien pour se développer et encroûter quelques colonies (généralement massives). Pour cette mission le développement des spongiaires est considéré comme étant normal, les colonies prisent comme témoin dans les stations d'études se situent préférentiellement dans le canal de la Havannah (ST05, ST06, ST07 et ST08) et elles ont une



croissance d'environ 3 cm / 6 mois.

- ↳ Les cyanobactéries sont caractéristiques d'un dérèglement du système environnemental lorsque leur développement est important (milieu riche en composés organiques dissous et plus particulièrement en composés azotés). Leur développement est favorisé avec l'augmentation de température de l'eau. Ces algues filamenteuses ont été observées en très faible proportion (présence) dans quasiment toutes les stations de suivi sauf pour les stations ST02 et ST05 (absence). Le développement en faible proportion est un phénomène naturel à surveiller mais qui n'a pas d'incidence sur l'environnement. D'autre part, pour quelques stations leur développement peut être plus conséquent mais n'est pas caractérisé par une prolifération. Les cyanobactéries se développent par petites plaques sur la vase (semenciers) ou sur les coraux morts encore en place. Les stations concernées par ces petites dégradations sont ST03A, ST09B, ST10A, ST11B et ST11C et elles doivent être surveillées avec attention lors des prochaines missions de suivi (rappel de la mission de juin 2009 où les stations à surveiller étaient ST03A, ST06, ST09C, ST10A, ST10B et ST11).

## 6.2.2 Evolution globale des stations par rapport à avril 2010

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission de mars-avril 2010 et celle de septembre 2010 sont présentées dans le [tableau 136](#).



Tableau n°0134 : Evolution du taux de recouvrement du substrat de mars 2010 à septembre 2010 (différence en %)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	-2	-4	-5	1	-10	1	-0,5	11,5	-0,5	-2,5	-19,5	-1,5	2,5	1	5	1	0,5	0,5	9,5	5,5	-1,5	3,5	-3,5	2,5	8,5	7,5	-2	1,5	0	2	10	18,5
Coraux scléactinaires	-0,5	0,5	2	-3	-0,5	-6	4,5	-0,5	5	-2,5	0	-2	-1,5	-1	-3,5	5	-1,5	-4,5	0,5	-2,5	-3	-2,5	-1,5	-3	-8,5	-6,5	-5,5	-1,5	-2	-1,5	-1	-6
Abiotique	2,5	3,5	3	9	10,5	5	-4	-11	-4,5	5	19,5	3,5	-1	0	-1,5	-6	1	4	-10	-3	4,5	-1	5	0,5	0	-1	7,5	0	2	-0,5	-9	-12,5

Code couleur :

- Le taux de recouvrement a augmenté en mars 2010 par rapport à septembre 2010
- Le taux de recouvrement est équivalent (à +/-20%) entre mars et septembre 2010
- Le taux de recouvrement a diminué en mars 2010 par rapport à septembre 2010

ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
Casy	B. Nord	Port	Woodin	Ioro	Ionon tea	Chambeyron	Puka	Bancs Kié	Ilot Kié	Toémo	Ugo

Tableau n°0135 : Evolution de la richesse spécifique du benthos mars 2010 à septembre 2010 (gain/perte en taxa)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	3	2	-2	-2	2	3	3	0	1	2	1	-4	-1	-4	-1	-1	-3	-2	-2	-2	-3	-6	0	-5	0	0	1	-8	-3	-1	1	-2
Coraux scléactinaires	11	7	5	1	7	5	3	1	4	2	0	0	0	1	0	0	2	4	0	2	1	2	1	0	3	3	0	3	2	0	9	5
Autres coraux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	0	1	1	0	1
Richesse taxonomique totale	14	9	3	-1	9	8	6	1	5	5	1	-4	0	-1	0	-1	-1	2	-2	-1	-3	-5	2	-4	3	3	0	-5	0	0	10	4

Code couleur :

- La richesse taxonomique a augmenté en mars 2010 par rapport à septembre 2010
- La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre mars et septembre 2010
- La richesse taxonomique a diminué en mars 2010 par rapport à septembre 2010

Tableau n°0136 : Particularités de chaque station et évolution entre mars-avril et septembre 2010

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission de mars –avril et celle de septembre 2010
Baie de Prony	ST01	Casy Sud	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Hyper sédimentation</b></li> <li>- Recouvrement corallien faible</li> <li>- Colonisation spatiale macrophytes et alcyonaires</li> </ul>	<p><b>Pas d'évolution majeure des biocénoses benthiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Recouvrement très faible des cyanobactéries</b></li> <li>- <b>Blanchissement corallien absent</b></li> <li>- Apparition saisonnière de <i>Triclogloea requienii</i></li> <li>- Richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté</li> <li>- Richesse spécifique des invertébrés a légèrement diminué</li> <li>- <i>Pocillopora damicornis</i> ont une croissance moyenne estimée à 3 cm / 6 mois</li> </ul>
	ST02	Creek baie Nord	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Hyper sédimentation</b></li> <li>- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide</li> <li>- Colonisation spatiale des macrophytes, alcyonaires et coraux</li> <li>- Recrutement alcyonaire important (<i>Sarcophyton</i>)</li> </ul>	<p><b>Pas d'évolution des biocénoses benthiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Légère augmentation de la richesse spécifique des coraux</li> <li>- Pas de blanchissement. Les quelques colonies blanchies d'<i>Acropora</i>, d'<i>Anacropora</i> sp., lors de la mission précédente du transect A, ont réintégré leurs zooxanthelles</li> <li>- Légère augmentation du recouvrement en <i>Cliona jullienei</i> au transect A</li> </ul>
	ST03	Wharf de Prony	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Hyper sédimentation</b></li> <li>- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide</li> <li>- Présence du genre <i>Anacropora</i></li> <li>- Mortalité corallienne due à l'envasement et nombreux débris</li> <li>- Diversité des invertébrés la plus basse des stations de la baie de Prony</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternance cyclique de <i>Culcita novaeguineae</i> (étoile de mer en coussin prédatrice des coraux)</li> <li>- Développement des cyanobactéries en haut du récif frangeant</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a très légèrement augmenté</li> <li>- Faible blanchissement corallien au transect A, quelques colonies concernées (<i>Porites</i> sp., <i>Barabattoia amicorum</i>, <i>Galaxea astreata</i>)</li> </ul>
Canal Woodin	ST04	Canal Woodin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (nombreux débris et coraux retournés)</li> <li>- Richesse spécifique des coraux qui diminue nettement avec la profondeur</li> <li>- Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée), turbidité soutenue</li> <li>- Présence en grand nombre de <i>Millepora</i>, <i>Seriatopora histrix</i> et <i>Tubastrea micrantha</i></li> <li>- Recouvrement de gazon algal sur quelques colonies</li> <li>- Conseiller de récolter les données de terrain lors de l'étalement (forts courants de marée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Croissance importante des colonies coralliennes</b> (<i>Millepora</i>, <i>Seriatopora histrix</i> et <i>Tubastrea micrantha</i>) et des <b>colonies coralliennes juvéniles</b> de la famille des Pocilloporidae (<i>Seriatopora histrix</i> et <i>Pocillopora damicornis</i>, <i>Stylophora pistillata</i>)</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a peu évolué</li> <li>- <b>Développement des éponges</b> <i>Cymbastella cantharella</i>, de <i>Hamigera strongylata</i> et des <b>bryozoaires</b> <i>Alcyonidium</i> sp.</li> <li>- <b>Faible blanchissement corallien</b>, quelques colonies présentent des stigmates (<i>Acropora</i> spp., <i>Fungia</i>, <i>Tubastrea micrantha</i> et <i>Montipora</i>)</li> <li>- Augmentation de la densité en crinoïdes (transects B et C)</li> <li>- Les oursins (<i>Diadema setosum</i>) sont dissimulés dans les cavités des roches. Ces oursins sont plus ou moins abondants selon les niveaux bathymétriques et les périodes de recensement</li> </ul>
Canal Havannah	ST05	Ioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (coraux retournés et nombreux débris)</li> <li>- <b>Sédimentation (pluie carbonatée)</b></li> <li>- <b>Colonisation spatiale des spongiaires sur les coraux</b></li> <li>- Gazon algal sur coraux branchus (microalgues)</li> <li>- Nombreuses colonies massives et branchues de <i>Porites</i> (diversité des Poritidae), <i>Millepora</i>, <i>Tubastrea micrantha</i> et d'une grande colonie pluri métrique de <i>Diploastrea heliopora</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'augmentation de la richesse spécifique des scléactiniaires</li> <li>- Croissance corallienne des colonies de <i>Tubastrea micrantha</i> et <i>Porites nigrescens</i>, <i>P. cylindrica</i> et <i>P. lichen</i></li> <li>- Le blanchissement n'a été observé que pour le transect A (<i>Pavona decussata</i>)</li> <li>- Les quelques colonies blanchies d'<i>Acropora</i> spp., <i>Pavona decussata</i>, <i>Pectinia paeonia</i>, <i>Seriatopora histrix</i> ont réintégré leurs zooxanthelles</li> <li>- Saisonnalité des algues brunes et vertes</li> <li>- Variation de niveau bathymétrique pour les holothuries</li> </ul>
	ST06	Ionotea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (sommet de récif arasé par les courants de marée, coraux tabulaires retournés et nombreux débris)</li> <li>- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée)</li> <li>- Les spongiaires (<i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i>) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants</li> <li>- Peu de blanchissement corallien (<i>Acropora</i> spp. branchu et tabulaire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution du recouvrement de cyanobactéries (<i>Phormidium</i> sp.) sur l'ensemble du récif (observations en augmentation en 2007, 2008 et 2009)</li> <li>- Prédation des mollusques (<i>Drupella</i>) sur quelques colonies coralliennes</li> <li>- Renouvellement des colonies coralliennes juvéniles</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a augmenté d'une seule espèce aux transects A et B</li> <li>- Absence de quelques spongiaires : <i>Shaciospongia vagabunda</i> et <i>Stellata globostellata</i></li> <li>- Absence de toutes les astéries (<i>Gomophia</i> sp., <i>Nardoa gomophia</i> et <i>Nardoa</i> sp.)</li> <li>- Evolution bathymétrique des holothuries</li> <li>- Richesse spécifique des macrophytes varie selon la saison (absence de <i>Turbinaria ornata</i>, présence de <i>Dictyota</i> et <i>Triclogloea requienii</i>)</li> </ul>

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations entre la mission de mars –avril et celle de septembre 2010
	ST07 Basse Chambeyron	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (couloir d'effondrement et coraux retournés)</li> <li>- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) et taille relativement petite des colonies</li> <li>- Recolonisation des débris et de la dalle par des colonies coralliennes</li> <li>- Colonisation spatiale des spongiaires sur les coraux : <i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i> sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richesse spécifique des coraux a très légèrement augmenté pour les transects A et B</li> <li>- Très peu de blanchissement. Quelques colonies (<i>Acropora</i>, <i>Porites</i>)</li> <li>- Présence de <i>Blastomussa wellsi</i> au transect B (espèce rare)</li> <li>- Prédation des mollusques (<i>Murex</i>) sur quelques coraux tabulaires</li> <li>- Recouvrement faible des cyanobactéries (<i>Phormidium</i> sp.)</li> <li>- Recrutement corallien modéré (colonies coralliennes juvéniles)</li> <li>- Mortalité de colonies coralliennes</li> <li>- Mobilité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques</li> <li>- Saisonnalité des algues (<i>Turbinaria</i>, <i>Neomeris</i>, <i>Caulerpa</i>, <i>Halimeda</i>)</li> <li>- Saisonnalité des éponges (<i>Hamigera</i>, <i>Stellata</i>, <i>Leucetta</i>)</li> </ul>
	ST08 Puka	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richesse spécifique corallienne élevée au pied des éperons et au début de la pente sédimentaire</li> <li>- Légère dégradation hydrodynamique</li> <li>- Colonisation spatiale des spongiaires (<i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i>) et des alcyonaires</li> <li>- Croissance de grandes colonies de <i>Porites lobata</i></li> <li>- Présence de <i>Tubipora musica</i> au deuxième transect</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse du recouvrement en cyanobactéries sur le transect A</li> <li>- Légère augmentation du recouvrement en algue brune (<i>Dictyota</i>)</li> <li>- Grande mobilité des holothuries (variation spécifique) et des astéries (quasi absentes)</li> <li>- Peu de blanchissement corallien (<i>Acropora</i> spp. branchu et tabulaire)</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a très légèrement augmenté</li> <li>- Augmentation d'abondance des coraux mobiles (<i>Fungia</i>)</li> </ul>
	ST09 Banc de Kié	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (colonies robustes, digitées)</li> <li>- La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle</li> <li>- La richesse spécifique des ascidies est élevée</li> <li>- Les alcyonaires ont un recouvrement important (<i>Lobophytum</i>) et une richesse spécifique élevée</li> <li>- Saisonnalité des algues (vertes, brunes et rouges)</li> <li>- Présence de cyanobactéries (<i>Phormidium</i> sp.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richesse spécifique des coraux peu élevée (légère augmentation)</li> <li>- Recrutement corallien (colonies coralliennes juvéniles)</li> <li>- Variation à la baisse du recouvrement des algues rouges et vertes ; Absence des algues brunes</li> <li>- Absence des astéries</li> <li>- Les crinoïdes sont abondantes à partir de la partie médiane du récif</li> <li>- Absence des holothuries aux transects A et C et deux spécimens au transect B (<i>Actinopygia palauensis</i> et <i>Holothuria monilis</i>)</li> <li>- Blanchissement corallien faible (au transect A une colonie <i>Acropora</i> tabulaire et au B <i>Porites</i>)</li> <li>- Prédation des mollusques du genre <i>Drupella</i> sur quelques colonies tabulaires</li> </ul>
	ST10 Ilot Kié	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Légère dégradation hydrodynamique</b> (augmentation des débris coralliens)</li> <li>- La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont élevés</li> <li>- Recrutement corallien (colonies coralliennes juvéniles)</li> <li>- Abondance du genre corallien <i>Goniopora</i></li> <li>- Les crinoïdes sont abondantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Réadaptation des colonies coralliennes (résilience)</b></li> <li>- <b>Le blanchissement des coraux a beaucoup diminué :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Les colonies encore blanchies sont peu nombreuses (<i>Acropora</i> branchu et tabulaire, <i>Scolymia vitiensis</i> et <i>Fungia</i> sp.). Les causes de cette dégradation pourraient être attribuées à la prédation des mollusques et à la maladie de la bande blanche pour les <i>Acropora</i> (white bande disease)</li> <li>* Les colonies en cours de recolonisation par les zooxanthelles la mission précédente sont encore vivantes (<i>Alveopora</i> sp1 et les quelques colonies de <i>Echinopora lamellosa</i>, <i>Pachyseris speciosa</i>, <i>Montipora</i> sp.)</li> </ul> </li> <li>- Marques de nécroses sur un alcyonaire <i>Lobophytum</i> (prédation présumée de <i>Ovula ovum</i>)</li> <li>- Très peu de variations d'abondance et de richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés</li> <li>- La richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté</li> <li>- <b>Absence des parasites sur les spongiaires :</b> les colonies de <i>Chlatria rugosa</i> (spongiaires) parasités la mission précédente ne sont plus envahies (transect B)</li> <li>- Evolution bathymétrique des holothuries</li> </ul>
	ST11 Toémo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (débris coralliens, de roches et de coraux retournés sur la pente et accumulation en bas de pente)</li> <li>- Recrutement corallien élevé (régénérescence du récif)</li> <li>- Nécroses sur nombreuses colonies</li> <li>- Les scléactiniaires développent des morphologies robustes à cause des conditions hydrodynamiques intenses</li> <li>- Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé</li> <li>- Les ascidies sont variées et abondantes</li> <li>- Les spongiaires sont abondantes (<i>Cliona</i>) et variées surtout en bas de pente récifale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu de blanchissement : une colonie de <i>Montipora</i> blanchie par prédation au transect A</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté au transect A</li> <li>- Variation saisonnière des macrophytes</li> <li>- Augmentation du recouvrement en cyanobactéries (<i>Phormidium</i> sp.) aux transects B et C</li> <li>- Peu de blanchissement. Les rares colonies blanchies sont <i>Montipora</i> spp.</li> <li>- Variation bathymétrique des astéries et de quelques mollusques</li> </ul>

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission de mars –avril et celle de septembre 2010
	ST12	Ugo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Dégradation hydrodynamique</b> (couloir d'avalanche, coraux retournés et nombreux débris)</li> <li>- Platier large, arasé et très peu colonisé</li> <li>- Mortalité corallienne importante</li> <li>- Croissance importante des Poritidae (<i>Porites</i> sp., <i>Alveopora</i> sp et <i>Goniopora</i> sp.)</li> <li>- Richesse spécifique des alcyonaires très faible mais recouvrement important de <i>Sarcophyton</i></li> <li>- Les spongiaires (<i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recrutement corallien élevé (colonies juvéniles)</li> <li>- Richesse spécifique des coraux a augmenté</li> <li>- Pas de blanchissement corallien</li> <li>- Massifs de <i>Goniopora</i> sp. en bonne santé</li> <li>- Variation très faible de la richesse spécifique et de l'abondance des macrophytes et des invertébrés</li> <li>- Présence peu abondante de cyanobactéries (<i>Phormidium</i> sp.) sur les débris coralliens</li> <li>- Absence des algues rouges (saisonnalité)</li> <li>- Présence d'algues brunes (<i>Turbinaria ornata</i>)</li> <li>- Absence des astéries</li> <li>- Variation bathymétrique des holothuries</li> </ul>

## 6.3 Ichtyologie

Les pages qui suivent présentent les résultats obtenus en septembre 2010 sur le peuplement de poissons et les comparent aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables (avec quelques réserves : cf. [tableau 158 annexe 02](#)) à savoir celles de 2007, 2008 et 2009.

Les données 2005 ne sont pas reprises ici, mais elles sont disponibles toutefois dans un des rapports précédents (de 2008 [08]).

La méthode est celle demandée par la DENV. C'est-à-dire la méthode des Transects à Largeur Variable. Bien que la DENV n'impose le repérage que de quelques espèces (cf. [tableau 157 annexe 01](#)), nous avons procédé à un repérage exhaustif et retiré dans un premier temps les espèces qui ne sont pas dans la liste.

La première partie du travail porte sur cette liste restreinte. La deuxième partie porte sur la liste totale et développe plus particulièrement les aspects de biodiversité.

### 6.3.1 Comparaisons temporelles « liste restreinte »

Les données quantitatives par station de la partie précédente sont des données conjoncturelles uniques, donc non statistiques et de plus affectées d'une forte variabilité et de nombreux biais, dus aux comportements des poissons. Cela obère toute comparaison spatiale annuelle significative.

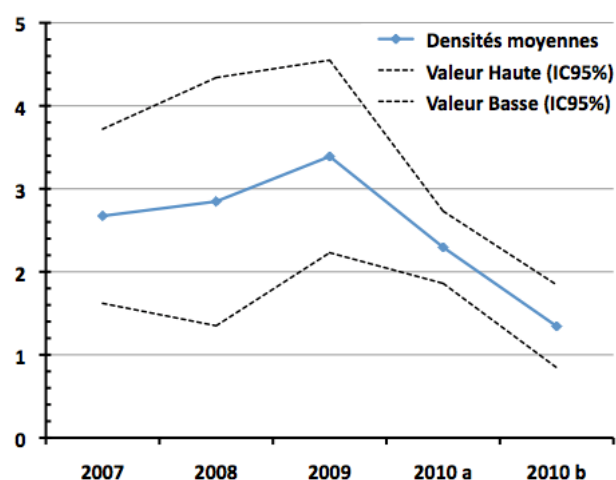
En revanche, la prise en considération de l'ensemble des stations de la zone donne une série statistique exploitable permettant une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizées et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

#### 6.3.1.1 La densité

L'analyse des variances de la densité pour les 5 campagnes (cf. [tableau 137](#)) montre une similarité (valeur de F).

Tableau n°0137 : *Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m<sup>2</sup>) par station sur les 5 campagnes*

Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
<b>Stations</b>	<b>Densité moy. (transects ABC)</b>				
<b>Ilot CASY</b>	2,63	0,87	3,5	0,93	0,33
<b>CREEK</b>	1,12	1,76	1,49	1,68	1,41
<b>Le PORT</b>	1,59	0,92	3,03	1,95	0,31
<b>WOODIN</b>	5,45	2,71	4,07	3,38	0,84
<b>Banc IORO</b>	0,73	2,02	4,09	2,37	1,23
<b>IONONTEA</b>	2,45	2,99	1,17	2,05	1,91
<b>Banc B. CHB</b>	1,78	2,73	0,91	2,66	1,79
<b>Point PUKA</b>	2,32	1,84	3,5	3,05	0,46
<b>Banc KIE</b>	4,13	4,21	4,01	1,66	1,35
<b>Ilot KIE</b>	5,57	9,37	8,3	2,94	3,46
<b>Récif TOEMO</b>	1,64	1,9	3,12	1,86	1,59
<b>Ilot UGO</b>			3,49	3,01	1,44
<b>n</b>	11	11	12	12	12
<b>Moy.</b>	2,67	2,85	3,39	2,30	<b>1,34</b>
<b>Ecart type</b>	1,66	2,36	1,92	0,73	0,864
<b>Int. de conf ±</b>	1,05	1,49	1,16	0,44	0,499
$k_1 = p - 1 =$	4				
$k_2 = n - p =$	53				
<b>F<sub>obs</sub> =</b>	<b>2,66</b>				
<b>F<sub>0,95</sub> =</b>	<b>3,05</b>				



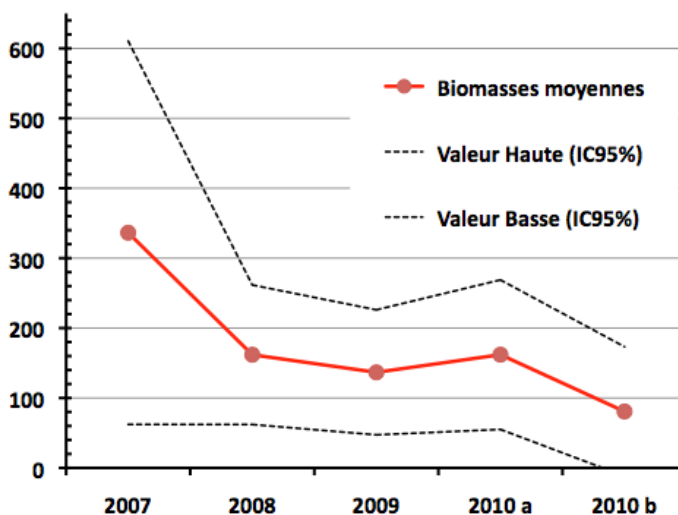
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

### 6.3.1.2 La biomasse

L'analyse des variances de la biomasse pour les 5 campagnes (cf. [tableau 138](#)) montre une similarité (valeur de F).

Tableau n°0138 : Analyse de la Variance des biomasses/m2 moyennes par station sur les 5 campagnes

Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
<b>Stations</b>	<b>Biomasse moy. (transects ABC)</b>				
Ilot CASY	14,86	6,68	13,08	5,79	2,30
CREEK	5,46	26,05	6,73	6,71	4,23
Le PORT	14,73	14,05	4,55	5,13	1,26
WOODIN	408,31	267,8	456,26	460,91	38,60
Banc IORO	47,65	57,97	315,96	93,78	37,89
IONONTEA	1322,4	385,65	226,52	487,76	92,96
Banc B. CHB	155,24	146,76	57,4	84,96	103,51
Point PUKA	67,39	87,54	53,22	57,64	11,73
Banc KIE	607,71	273,92	62,69	303,36	10,62
Ilot KIE	881,82	451,97	291,1	298,4	576,45
Récif TOEMO	174,47	61,85	79,63	75,42	75,08
Ilot UGO			73,03	63,58	13,93
n	11	11	12	12	12
Moy.	336,37	161,84	136,68	161,95	80,71
Ecart type	433,55	157,78	148,28	177,31	160,26
Int. de conf ±	274,20	99,79	89,41	106,92	92,53
valeur Haute	610,57	261,63	226,09	268,88	173,24
Valeur Basse	62,17	62,05	47,27	55,03	-11,812
$k_1 = p-1 =$	4				
$k_2 = n-p =$	53				
$F_{obs} =$	1,83				
$F_{0,95} =$	3,05				



Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

### 6.3.1.3 La biodiversité

L'analyse des variances de la biodiversité pour les 5 campagnes (cf. [tableau 139](#)) montre une similarité (valeur de F).

#### Définitions :

La biodiversité est une donnée semi-quantitative.

On définit 3 niveaux de biodiversité :

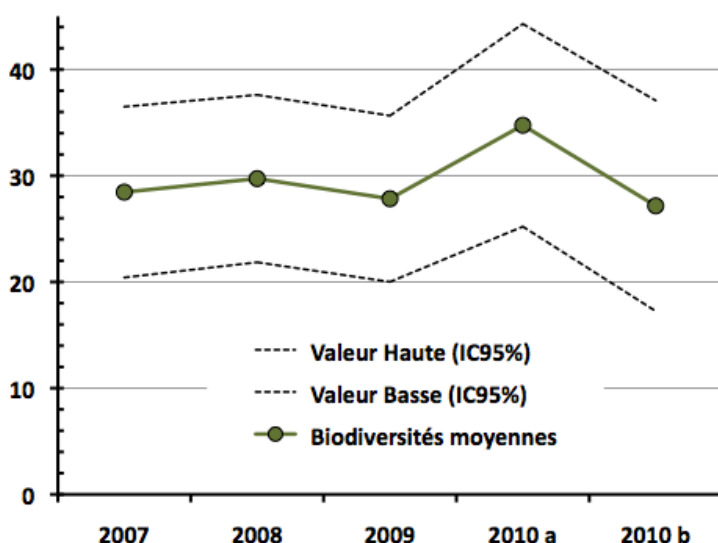
- ↗ La biodiversité dite  $\alpha$  ( $B_\alpha$ ) est le nombre d'espèces  $n$  présentes sur une station  $i$  :  $B_{\alpha i} = n_i$
- ↗ La biodiversité  $\beta$  ( $B_\beta$ ) est la diversité des valeurs de diversités  $\alpha$  ; soit en d'autres termes la diversité des stations qui caractérisent la zone étudiée
- ↗ La biodiversité  $\gamma$  ( $B_\gamma$ ) est la biodiversité totale de la zone, en d'autres termes, la réunion des biodiversités  $\alpha$  obtenues sur l'ensemble  $p$  des stations choisies pour caractériser la zone :  

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

Nous ne considérons ici toujours que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

Tableau n°0139 : Analyse de la Variance des biodiversités par station sur les 5 campagnes

Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
<b>Stations</b>	<b>Biodiversité moy. (transects ABC)</b>				
Ilot CASY	16	9	11	13	11
CREEK	6	12	9	10	8
Le PORT	15	14	9	10	11
WOODIN	37	39	35	54	26
Banc IORO	22	30	44	42	24
IONONTEA	45	41	31	44	37
Banc B. CHB	33	44	29	45	38
Point PUKA	28	30	28	29	14
Banc KIE	36	32	35	34	28
Ilot KIE	46	37	49	52	67
Récif TOEMO	29	39	31	43	44
Ilot UGO			23	41	18
n	11	11	12	12	12
Moy.	28,45	29,73	27,83	34,75	27,17
Ecart type	12,71	12,46	12,97	15,81	17,17
Int. de conf ±	8,04	7,88	7,82	9,54	9,91
valeur Haute	36,49	37,61	35,65	44,29	37,08
Valeur Basse	20,42	21,85	20,01	25,21	17,25
$k_1 = p-1 =$	<b>3</b>				
$k_2 = n-p =$	45				
$F_{obs} =$	<b>0,63</b>				
$F_{0,95} =$	<b>2,83</b>				



Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

### 6.3.1.4 Test de X<sup>2</sup> de rangs Kruskal-Wallis

La biomasse et la biodiversité du peuplement de poissons de la zone apparaissent stables (cf. tableau 140). En revanche, le test sur les densités montre une différence due aux faibles valeurs obtenues lors de la dernière mission. Les densités y sont plus faibles d'un facteur 2 à 10 sur 8 des 12 stations (ST 01, 02, 03, 04, 05, 08, 09, 12).

Tableau n°0140 : Analyse non-paramétrique sur la densité, biomasse, biodiversité ichtyologiques (en colonnes)

Paramètres de	DENSITE	BIOMASSE	BIODIVERSITE
$\chi^2 =$	13.3	5.48	3.26
Le $\chi^2$ tabulé à 095% -	<b>9.49</b>	<b>pour un ddl de p-1 = 4</b>	

### 6.3.1.5 Test de X<sup>2</sup> de rangs Friedman

Les deux tests précédents (ANOVAR et Kruskal-Wallis) considèrent les résultats par station de chacune des 5 campagnes comme un ensemble de tirages aléatoires et testent si ces 5 séries de tirages peuvent ou non être issues d'un même ensemble. Et cela, indépendamment des stations auquel chaque tirage correspond. On pourrait donc « échanger » pour une même année, les valeurs obtenues à chaque station. Par exemple, affecter à la station du Port les valeurs obtenues à la station de l'îlot Kié. Cela ne changerait rien au résultat.

Le test de Friedman [9] s'applique au cas de plusieurs échantillons non indépendants, tels qu'on les rencontre dans les dispositifs expérimentaux dits « en blocs aléatoires complets » ce qui est notre cas puisque nous revenons chaque année sur les mêmes stations. Ce test a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc. Dans notre cas, nous considérerons que les « traitements » sont les

conditions environnementales de chacune des années de la série historique et que les « blocs » sont les stations qui sont chaque année revisitées.

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

*p* et *q* désignant respectivement le nombre d'années et le nombre de stations.

Le degré de liberté *ddl* = *p*-1

L'hypothèse du test est donc 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 hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

Pratiquement, et contrairement au test de Kruskal-Wallis pour lequel les rangs sont effectués chaque année, donc en colonne, les rangs sont ici effectués en ligne, ce qui ordonne chaque station dans le temps.

Ce dernier test accrédite l'hypothèse nulle pour la densité et la biodiversité. En revanche, ce test signale qu'une chute significative de la biomasse a eu lieu en septembre 2010 sur l'ensemble des stations de manière synchrone (excepté l'îlot Kié et Ionontea) (cf. [tableau 141](#)).

Tableau n°0141 : Analyse non-paramétrique sur la densité, biomasse, biodiversité ichtyologiques (en lignes)

Stations	Densité					Biomasse					Biodiversité				
	2007	2008	2009	2010	2010b	2007	2008	2009	2010	2010b	2007	2008	2009	2010	2010b
Ilot CASY	2	4	1	3	5	1	3	2	4	5	1	5	3,5	2	3,5
CREEK	1	1	3	2	4	4	1	2,5	2,5	5	5	1	3	2	4
Le PORT	3	4	1	2	5	1	2	3,5	3,5	5	1	2	5	4	3
WOODIN	1	4	2	3	5	3	4	1,5	1,5	5	3	3	3	1	5
Banc IORO	5	3	1	2	4	4	4	1	2	4	5	3	1,5	1,5	4
IONONTEA	2	1	5	3	4	1	3	4	2	5	1,5	3	5	1,5	4
B. CHAMB	4	1	5	2	3	1	2	5	4	3	4	1,5	5	1,5	3
Point PUKA	3	4	1	2	5	2	1	3,5	3,5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	5
Banc KIE	2	1	3	4	5	1	3	4	2	5	2	4	2	2	5
Ilot KIE	3	1	2	5	4	1	3	4,5	4,5	2	4	5	3	2	1
TOEMO	4	2	1	3	5	1	3,5	3,5	3,5	3,5	5	3	4	1,5	1,5
$\chi^2_{0,95} =$	9,49														
$\chi^2_{obs}$	4,29					14,38					6,89				

### 6.3.1.6 Conclusion

Compte tenu des intervalles de confiance importants, les résultats quantitatifs de densité, de biomasse et de biodiversité sont stables depuis 2007 (cf. [tableau 142](#)).

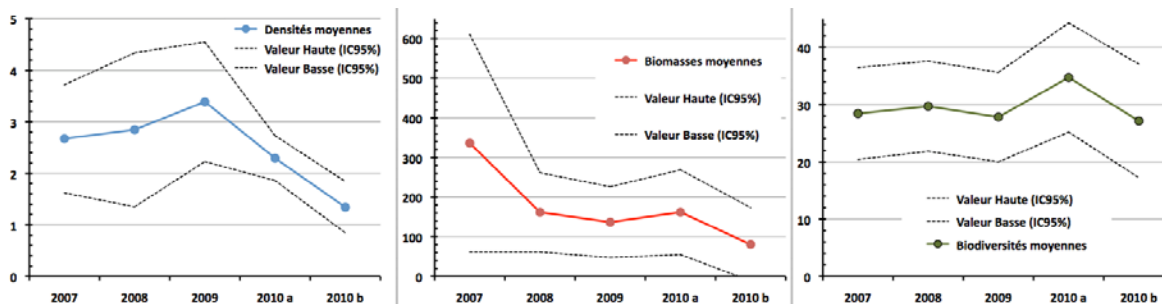
Tableau n°0142 : Moyennes sur l'ensemble des stations des densité, biomasse et biodiversité depuis 2007

Campagne	Mois	Densité moyenne	Biomasse (g/m <sup>2</sup> ) moyenne	Biodiversité moyenne
2007	Aout	2,67 ± 1,05	336,37 ± 274,2	28,5 ± 08,0
2008	Octobre	2,85 ± 1,49	161,84 ± 99,79	29,7 ± 07,9



2009	Juin	3,39 ± 1,16	136,68 ± 89,41	27,8 ± 07,8
2010 a	Mars	2,30 ± 0,44	161,95 ± 106,92	34,8 ± 09,5
2010 b	Septembre	1,80 ± 0,85	86,54 ± 91,22	27,9 ± 10,3

Les données 2005 ne sont pas prises en compte car elles ne présentent pas d'Intervalle de Confiance



Les valeurs des paramètres de densité et de biomasse de la population de poissons de la zone étudiée ont présenté une chute en septembre 2010 par rapport à leur niveau de mars 2010. Les tests ne sont toutefois pas unanimes. En revanche, ils le sont pour dire que la biodiversité n'a pas significativement changé. Rappelons toutefois que la sensibilité de ce paramètre est entravée par le cahier des charges qui limite la liste d'espèces à prendre en considération.

### 6.3.2 Comparaisons temporelles « liste complète »

Les listes complètes des espèces observées pour chaque station sont données en [annexe 06](#).

#### 6.3.2.1 Biodiversité α

Les biodiversités α pour chaque station, depuis 2005, sont données dans le [tableau 143](#).

Les Bai des stations de Prony en 2010 en moyenne deux fois plus faibles que celles des stations du canal de la Havannah.

Tableau n°0143 : Biodiversité α pour chaque station, depuis 2005

	2005	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
<b>Casy I</b>	46	34	47	56	66	55
<b>Creek</b>	5	33	30	34	47	55
<b>Port I</b>	14	34	47	39	50	64
<b>Woodin</b>	53	54	89	81	110	92
<b>Ioro</b>	41	50	52	69	79	66
<b>Ionontea</b>	104	60	67	81	94	81
<b>B. Chbey</b>	107	56	82	106	113	86
<b>Puka</b>	79	44	68	66	80	41
<b>Bc Kie</b>	104	55	62	60	66	75
<b>Ilot Kie</b>	84	84	71	116	167	113
<b>Toemo</b>	71	53	71	74	95	88
<b>Hugo</b>				70	92	50

Quelques points peuvent être soulignés :

- Les stations de Prony, notamment le Creek baie nord et le Port abritent majoritairement des juvéniles ;
- Woodin ne présente plus de particularité par rapport aux espèces de Chaetodons et de Pomacentridae comme c'était le cas en été ;
- Ionontea ne présente plus de Carangidae ;
- Alors qu'en 2009, les bancs du canal de la Havannah et notamment le Banc Kié présentaient la plus forte biodiversité ce n'est plus le cas en 2010. Et comme en mars, la biodiversité de l'îlot Kié est de nouveau la plus forte.

Un test F (ANOVAR) sur ce tableau donne  $F_{obs} = 18,09$  pour un  $F_{0,95} = 3,05$ . Ces séries sont donc différentes (i.e. n'ont pas les mêmes variances).

Ce test est conforté par un test de Kruskal-Wallis :  $\chi^2_{obs} = 34,04$  (pour un ddl de 10, soit donc  $\chi^2_{20,95} = 18,3$ ).

Ce dernier test permet de faire un classement global des stations pour leur biodiversité (cf. [tableau 144](#)).

Tableau n°0144 : Classement des stations pour leur biodiversité, selon test de Kruskal-Wallis

STATIONS	RANGS	STATIONS	RANGS
Ilot KIE	1	Banc IORO	7
Banc B. CHB	2	Pointe PUKA	8
WOODIN	3	Ilot CASY	9
IONONTEA	4	PORT	10
Récif TOEMO	5	UGO	11
Banc KIE	6	CREEK	12

Un test de Friedman sur le [tableau 143](#), donne un  $\chi^2_{obs} = 30,25$ , pour un ddl de 4, cette valeur est forte ( $\chi^2_{20,95} = 9,49$ ). Ce tableau a donc des colonnes très différentes. Les valeurs de l'été 2010 présentent un record sur presque toutes les stations. Et l'année 2010 dans son ensemble présente de fortes valeurs. Celles de cette dernière mission pourtant réalisée en septembre (hiver) sont plus fortes que les autres, y compris que celles de 2008, mission pourtant faite en octobre (printemps) et de 2009 (mission faite en juin).

Tableau n°0145 : Classement des missions pour leur biodiversité, selon test de Friedman

ANNEES	MOIS	RANGS
2007	AOUT	5
2008	OCTOBRE	4
2009	JUIN	3
2010 A	MARS	1
2010 B	SEPTEMBRE	2

Bien que nous n'ayons pas encore les valeurs de température de l'eau enregistrées par l'IRD, nos relevés montrent que cette année 2010, la température de l'eau au mois de septembre a été élevée, plus élevée qu'aux mois d'octobre 2005, 2007, 2008, et 2009 et a fortiori qu'en aout 2007 et du même ordre de grandeur qu'en juin 2009. Les températures cette année ressemblent à celles de 2006, année durant laquelle il n'y a pas eu de mission.

### 6.3.2.2 Biodiversité $\gamma$

Cette biodiversité peut être exprimée de différentes manières :

- ↳  $B\gamma_1$  : en considérant le nombre d'espèces total de la zone,
- ↳  $B\gamma_2$  : en corrigeant ce nombre de manière statistique ( $B\gamma_\infty$ ),



↳  $B_{\gamma_3}$  : en considérant aussi les effectifs par espèces (Indice de Shannon H).

La  $B_{\gamma}$  observée sur toute la zone en septembre 2010 est de 287 espèces réparties dans 37 familles.

Leur répartition en familles est donnée dans le [tableau 146](#).

Tableau n°0146 : *Nombre d'espèces par famille*

Familles	2005	2007	2008	2009	2010a	2010b
<b>Acanthuridae</b>	22	14	20	19	23	<b>16</b>
<b>Anthiidae</b>	0	0	7	3	4	<b>6</b>
<b>Apogonidae</b>	3	2	5	10	17	<b>9</b>
<b>Aulostomidae</b>	1	1	1	1	1	<b>1</b>
<b>Balistidae</b>	6	3	4	4	5	<b>2</b>
<b>Blenniidae</b>	9	4	6	7	7	<b>2</b>
<b>Caesionidae</b>	3	4	2	2	3	<b>2</b>
<b>Canthigasteridae</b>	1	1	1	2	2	<b>1</b>
<b>Carangidae</b>	2	1	3	3	6	<b>4</b>
<b>Carcharhinidae</b>	2	1	3	2	1	<b>2</b>
<b>Centricidae</b>	0	1	0	0	0	<b>0</b>
<b>Chaetodontidae</b>	20	18	18	25	25	<b>28</b>
<b>Cirrihidae</b>	3	3	3	6	5	<b>4</b>
<b>Dasyatidae</b>	1	1	1	1	1	<b>1</b>
<b>Diodontidae</b>	1	1	1	1	0	<b>0</b>
<b>Echeneidae</b>	0	1	0	0	0	<b>0</b>
<b>Engraulidae</b>	0	0	1	0	0	<b>0</b>
<b>Epinephelinae</b>	18	19	17	18	23	<b>19</b>
<b>Fistulariidae</b>	0	0	1	0	0	<b>0</b>
<b>Gobiidae</b>	3	6	4	7	4	<b>7</b>
<b>Grammistidae</b>	1	1	1	1	1	<b>1</b>
<b>Haemulidae</b>	5	3	5	5	4	<b>7</b>
<b>Holocentridae</b>	5	2	3	4	2	<b>2</b>
<b>Kyphosidae</b>	0	0	0	1	1	<b>1</b>
<b>Labridae</b>	62	54	55	47	50	<b>46</b>
<b>Latridae</b>	0	0	0	0	1	<b>0</b>
<b>Lethrinidae</b>	3	4	4	3	7	<b>7</b>
<b>Lutjanidae</b>	5	8	6	10	14	<b>12</b>
<b>Microdesmidae</b>	0	2	3	3	3	<b>4</b>
<b>Monacanthidae</b>	4	2	2	3	4	<b>0</b>
<b>Mullidae</b>	5	4	4	7	9	<b>9</b>
<b>Muraenidae</b>	0	1	1	1	2	<b>0</b>
<b>Nemipteridae</b>	2	1	3	2	3	<b>3</b>
<b>Ophidiidae</b>	1	0	0	0	0	<b>0</b>

<b>Ostraciidae</b>	1	0	1	0	1	<b>1</b>
<b>Pinguipedidae</b>	7	4	5	3	1	<b>3</b>
<b>Platacidae</b>	1	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Plotosidae</b>	1	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Pomacanthidae</b>	11	12	11	10	12	<b>12</b>
<b>Pomacentridae</b>	50	46	48	45	46	<b>46</b>
<b>Priacanthidae</b>	1	0	2	0	0	<b>1</b>
<b>Pseudochromidae</b>	1	2	1	0	0	<b>0</b>
<b>Scaridae</b>	18	13	15	16	17	<b>16</b>
<b>Scombridae</b>	0	1	2	1	1	<b>1</b>
<b>Scorpaenidae</b>	1	1	0	1	1	<b>1</b>
<b>Siganidae</b>	6	3	5	7	7	<b>6</b>
<b>Sphyaenidae</b>	0	0	0	1	1	<b>1</b>
<b>Synodontitae</b>	1	1	1	1	2	<b>2</b>
<b>Zanclidae</b>	0	0	1	1	0	<b>1</b>
<b>Total ou By</b>	<b>287</b>	<b>246</b>	<b>277</b>	<b>284</b>	<b>317</b>	<b>287</b>
<b>Nb de Familles</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>37</b>

Toutes ces années se ressemblent  $\chi^2_{obs} = 165,68$  (ddl = 240 -  $\chi^2_{95\%} = 291,90$ ).

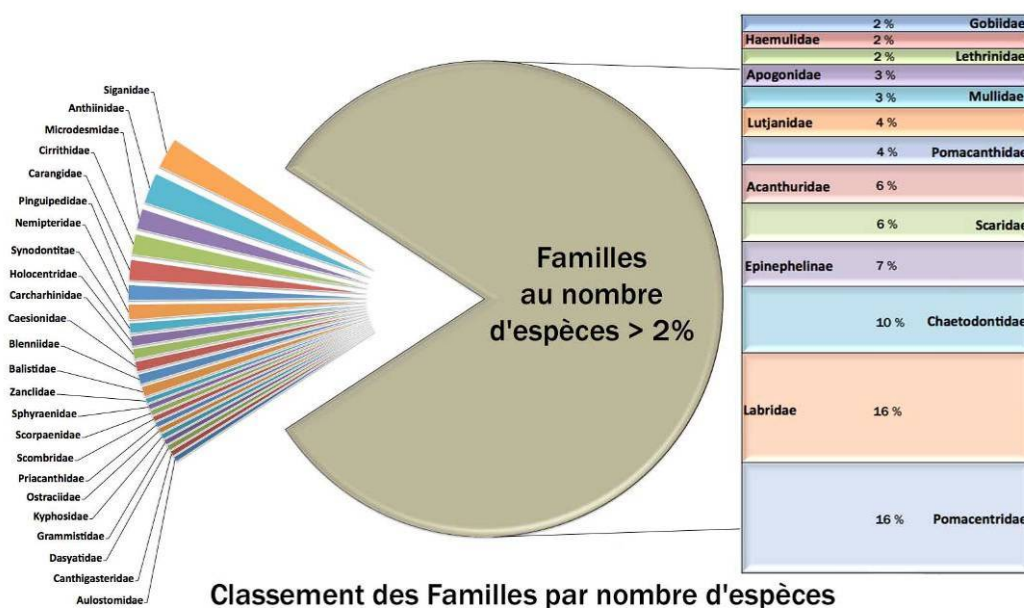


Figure n°081 : Classement des familles par nombre d'espèces

### 6.3.2.3 Biodiversité $\beta$

La biodiversité  $\beta$  mesure l'hétérogénéité entre stations. Elle rend compte du contraste entre les stations d'une zone, décrites par la liste d'espèces qu'elle abrite ( $B_{ai}$ ). Elle souligne en quelques sortes la variance des  $B_{ai}$ . L'idée est de dire que si un facteur environnemental majeur (une pollution par exemple) venait à envahir la zone, les stations tendraient à se ressembler, y compris des stations aux environnements naturels très différents comme peuvent l'être les stations du canal de la Havannah et les stations de la baie de Prony. La

chute de la  $B_{\beta}$  est en principe accompagnée d'une chute des  $B_{\alpha i}$ , donc si seules les  $B_{\alpha i}$  chutent, c'est qu'il faut plutôt chercher d'autres causes, comme la pêche par exemple.

Les écologues marins ont mis quelques années à suivre sur ce thème leurs collègues écologues terrestres. La  $B_{\beta}$  est utilisée pour les coraux par exemple par [10, 11, 12, 13, 14, 15]. Elle fut formulée à l'occasion de travaux sur les forêts équatoriales [par Whittaker 16, 17, 18] à l'aide d'un indice simple utilisant l'Indice de Shannon (donc le nombre d'espèces et les effectifs par espèce). L'idée fut reprise récemment [par Arias-Gonzales et al. 19] pour les poissons du Yucatan. Ces auteurs retiennent l'idée utile de la variance des diversités  $\alpha$  des stations et analysent la variance des diversités (ANOVA) et celle des structures de peuplement (MANOVA) pour mettre ces structures en relation avec le substrat.

La  $B_{\beta}$  s'exprime alors de la manière suivante :

$$B_{\beta} = B_{\gamma} - 1/p \sum B_{\alpha i}$$

où  $B_{\gamma}$  est le nombre d'espèces total,  $B_{\alpha i}$  le nombre d'espèces à la station  $i$  et  $p$  le nombre de stations.

Cette  $B_{\beta}$  varie donc entre 0 si toutes les stations sont identiques et  $B_{\beta \max}$  dans le cas contraire, laquelle dépend de  $B_{\gamma}$  ainsi que de  $p$ .

$B_{\beta \max}$  est la valeur de  $B_{\beta}$  lorsque toutes les stations sont différentes. Elle vaut donc :

$$B_{\beta \max} = ((p-1)/p) \cdot B_{\gamma}$$

Un indice d'Equitabilité bêta ( $E_{\beta}$ ) indépendant de  $p$  peut alors être obtenu en faisant le rapport :

$$E_{\beta} = 1 - (B_{\beta} / B_{\beta \max})$$

Cet indice est plus facile à conceptualiser et à suivre dans le temps puisqu'il varie entre 0 (les stations sont toutes différentes  $B_{\beta} = B_{\beta \max}$ ) et 1 (les stations sont identiques  $B_{\beta}=0$ ).

Tableau n°0147 : Biodiversités et Equitabilités  $\beta$  annuelles.

Indices de diversité $\beta$	2005	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
$B_{\beta}$	227	211	225	222	227	214
$B_{\beta \max}$	259	253	267	267	289	263
$E_{\beta}$	0,124	0,168	0,157	0,169	0,215	0,186

L'indice  $E_{\beta}$  a retrouvé les valeurs habituelles. Cet indice avait augmenté de 30 % en mars 2010 par rapport aux années précédentes. Rappelons que toutes les missions ont été réalisées en saison fraîche, sauf 2010 a.

#### 6.3.2.4 Ubiquité ou occurrence spatiale et Permanence temporelle des espèces

La comparaison spatiale et temporelle des peuplements de poissons amène à se poser la question de l'**ubiquité** des espèces et de leur **permanence** sur la zone :

- **Dans l'espace** : Quelle est l'**ubiquité** des espèces ou la proportion d'espèces présentes sur toutes les stations ? Et plus généralement la proportion de chaque cas d'ubiquité, à savoir celles qui sont présentes 1, 2, 3 ...,  $p$  fois dans le cas de  $p$  stations ?
- **Dans le temps** : Quelle est la **permanence** des espèces ou la proportion d'espèces présentes chaque année sur la zone ou la permanence des espèces sur la zone ou à chaque station ? Et plus généralement, la proportion d'espèces présentes (vues) 1, 2, 3 ... ou  $q$  fois dans le cas d'un suivi de  $q$  années. La somme de toutes ces espèces indiquant le nombre d'espèces jusqu'à ce jour rencontrées sur la zone.

##### L'ubiquité (spatiale)

L'ubiquité est un caractère objectif chiffré. C'est un indice ( $U_c$ ) qui peut être comparé à lui-même d'année en année et cela quel que soit le nombre  $p$  de stations réalisées. Rappelons qu'il y a eu 11 stations de réalisées en 2005 et 2007, 13 en 2008, 14 en 2009 et 12 en 2010 a et b.

Par ailleurs, pour être pratique, cet index doit donner une ubiquité nulle à une espèce présente qu'une seule

fois et une ubiquité maximale (égale à 1) pour une espèce toujours présente quel que soit le nombre de stations p. La fonction qui permet de répondre à toutes ces exigences est le logp (Xi). Avec Xi le nombre de fois où l'espèce i est présente ( $1 \leq X_i \leq p$ ), et p le nombre de stations réalisées cette année là sur la zone.

En effet, pour tout p  $\text{Log}_p(1) = 0$  et pour tout p  $\text{Log}_p(p) = 1$

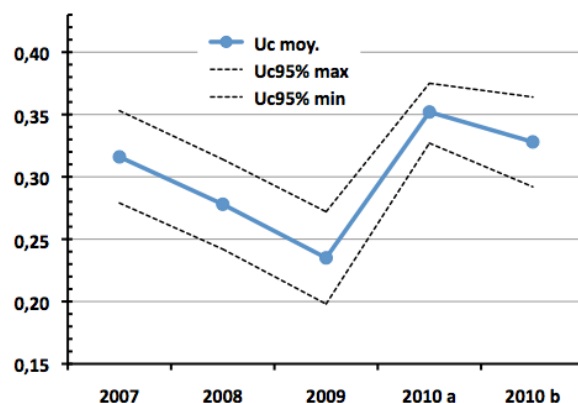
L'index pour l'année j sera la moyenne des valeurs ( $B_j$ )

pour n espèces :  $Uc = (1/B_j) \cdot \sum \text{Log}_p(X_i)$

où  $B_j$  est le nombre d'espèces, p le nombre de stations :  $0 \leq Uc \leq 1$

Tableau n°0148 : Ubiquité spatiale en 2007, en 2008, 2009 et 2010

Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b
Stations (p)	11	13	14	12	12
Uc	0,316	0,278	0,235	0,352	0,328
Uc <sub>95% max</sub>	0,353	0,314	0,272	0,375	0,364
Uc <sub>95% min</sub>	0,279	0,242	0,198	0,327	0,292



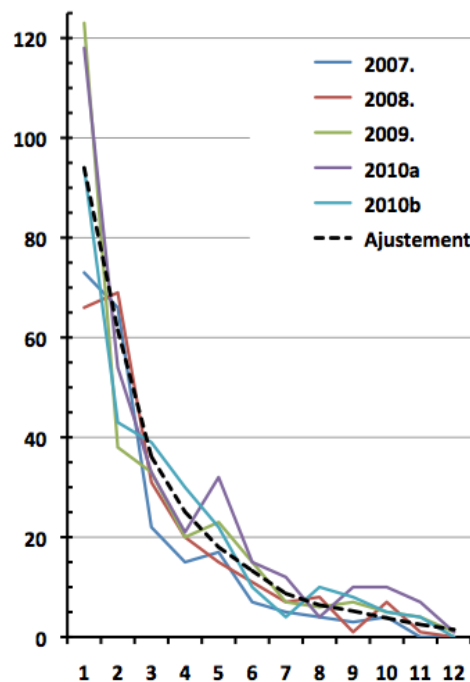
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

Ce paramètre est plus sensible que les autres. 2007, 2008 et 2010b ont été réalisées autour du mois de septembre, tandis que 2009 fut faite en juin et 2010a en mars.

Dans le détail, la présence des espèces sur les différentes stations se répartie de la manière décrite dans le [tableau 149](#).

Tableau n°0149 : Présence des espèces aux stations

Nb d'espèces présentes à p stations	2007	2008	2009	2010a	2010b
1 fois	73	66	123	118	94
2 fois	66	69	38	54	43
3 fois	22	31	33	33	39
4 fois	15	20	20	21	30
5 fois	17	15	23	32	22
6 fois	7	11	15	15	10
7 fois	5	7	7	12	4
8 fois	4	8	6	4	10
9 fois	3	1	7	10	8
10 fois	4	7	5	10	5
11 fois		1	4	7	4
12 fois			1	1	0
Total	216	236	282	317	269
Nb de stations	11	13	14	12	12



Ainsi, les 3/4 des espèces (77.3%) sont en moyenne vues au plus 4 fois et seulement 5.7% peuvent être considérées ubiquistes : elles sont vues au moins 9 fois (cf. [tableau 150](#)).

Tableau n°0150 : Pourcentage de présence aux stations des espèces

	Moyennes	2007	2008	2009	2010a	2010b
1 à 2 fois	<b>57,2</b>	64,4	57,2	57,1	54,3	53,3
3 à 4 fois	<b>20,1</b>	17,1	21,6	18,8	17,0	26,1
5 à 6 fois	<b>12,0</b>	11,1	11,0	13,5	14,8	9,4
7 à 8 fois	<b>4,9</b>	4,2	6,4	4,6	5,0	4,5
9 à 10 fois	<b>4,4</b>	3,2	3,4	4,3	6,3	4,9
11 à 12 fois	<b>1,3</b>	0,0	0,4	1,8	2,5	1,7

### La Permanence (temporelle)

L'indice de Permanence (Pe) d'une espèce à une station au cours du temps est calculée de la même manière que l'indice d'Ubiquité. La base du logarithme sera dans ce cas le nombre d'années de suivi.

Quelle est la proportion d'espèces toujours :

- présentes chaque année sur la même station ?
- présentes chaque année sur la zone ?

### A l'échelle de chaque station

Ainsi, selon la station entre 30 % (Banc Kié) et 60 % (le Port) des espèces n'ont été vues qu'une seule fois et seulement 5 à 20 % sont toujours présentes. Cette situation est plus contrastée dans la baie de Prony, où le renouvellement est plus important que dans le canal de la Havannah. La baie, rappelons le, fonctionne plus comme nursery que le canal et les stations sont donc plus fréquentées par des stades juvéniles, phase éphémère, que ne le sont les stations du canal de la Havannah.

 Tableau n°0151 : Nombre de fois et proportion où une espèce a été vue par station depuis 2007

Stations	Nombres d'observations					
	1	2	3	4	5	Total
<b>CASY</b>	50	33	13	16	7	119
<b>CREEK</b>	39	23	14	11	4	91
<b>PORT</b>	72	24	16	7	7	126
<b>WOODIN</b>	82	41	28	21	19	191
<b>IORO</b>	82	38	16	20	14	170
<b>IONONTEA</b>	57	30	31	17	21	156
<b>Basse CHAMBEYRON</b>	65	38	29	20	27	179
<b>PUKA</b>	59	29	12	19	14	133
<b>Banc KIE</b>	34	27	19	23	16	119
<b>Ilot KIE</b>	72	32	34	23	44	205
<b>TOEMO</b>	64	46	26	24	16	176
<b>UGO</b>			43	40	29	112
<b>Moyennes</b>	<b>61</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>148</b>

Total : est le total des différentes espèces vues sur une station particulière depuis 2007

Stations	Proportions					I <sub>pe</sub>
	1	2	3	4	5	
CASY	42,0	27,7	10,9	13,4	5,9	0,369
CREEK	42,9	25,3	15,4	12,1	4,4	0,362
PORT	57,1	19,0	12,7	5,6	5,6	0,272
WOODIN	42,9	21,5	14,7	11,0	9,9	0,387
IORO	48,2	22,4	9,4	11,8	8,2	0,344
IONONTEA	36,5	19,2	19,9	10,9	13,5	0,447
Basse CHAMBEYRON	36,3	21,2	16,2	11,2	15,1	0,449
PUKA	44,4	21,8	9,0	14,3	10,5	0,384
Banc KIE	28,6	22,7	16,0	19,3	13,4	0,508
Ilot KIE	35,1	15,6	16,6	11,2	21,5	0,492
TOEMO	36,4	26,1	14,8	13,6	9,1	0,422
UGO	-	-	38,4	35,7	25,9	0,484
<b>Moyennes (%)</b>	41,0	22,1	16,2	14,2	11,9	0,369

#### A l'échelle de toute la zone

Les tableaux présentant les espèces classées par leur permamence sont donnés [annexe 06](#). Le récapitulatif est donné dans le [tableau 152](#).

Tableau n°0152 : Nombre et proportion d'espèces vues X fois depuis 2007 sur la zone

NB d'Espèces sur 5 ans		
Vues	Somme	%
1 fois	182	34,1
2 fois	78	14,7
3 fois	58	10,8
4 fois	45	8,4
5 fois	59	11,0
6 fois	110	20,9
<b>Total</b>	<b>533</b>	<b>100</b>

*Les données 2005 ne sont pas incluses car nous ne disposons pas du détail par station*

La Pe globale (c'est-à-dire la moyenne pondérée) pour toute la zone est de 0,418.

En substance, 1/3 des espèces n'a été vu qu'une seule fois, 1/4 a été vu 2 ou 3 fois et 40 % sont vues régulièrement ou presque.

L'établissement du [tableau 152](#) a permis d'obtenir le total des espèces observées depuis 2005 sur les stations du suivi : il est de 531.

Il s'agit d'espèces de téléostéens, plus les raies et les requins communs : *Carcharhinus melanopterus*, *C. amblyrhynchos* et *Trianodon obesus*. Se sont des espèces diurnes non cryptiques et facilement observables (taille > 1cm). Certaines familles sont presque ou totalement exclues comme les Syngnathidae par exemple. Il y a également peu de substrats meubles ce qui exclu une importante partie de certaines familles fouisseuses comme les Gobiidae.



### 6.3.2.5 Conclusion

Cette dernière mission apporte 11 nouvelles espèces (cf. [tableau 153](#)) à la liste, ce qui porte à 531 le nombre total d'espèces dénombrées sur la zone depuis 2005.

Un tiers de cet effectif est chaque année, présent sur la zone tandis qu'un autre tiers n'a été vu qu'une seule fois sur la zone.

Tableau n°0153 : Nouvelles espèces de poissons observées en septembre 2010

<i>Amblyeleotris fontanesii</i>	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	<i>Neopomacentrus taeniurus</i>	<i>Scarus dimidiatus</i>
<i>Amblyeleotris sp</i>	<i>Cirrhhichthys forsteri</i>	<i>Oxycheilinus lineatus</i>	<i>Stegastes albifasciatus</i>
<i>Caranx melampygus</i>	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	<i>Plectorhinchus albovittatus</i>	

La biodiversité annuelle totale (B $\gamma$ ) des poissons montre peu de fluctuation interannuelle. Les fluctuations saisonnières sont plus importantes. Ainsi, les résultats de cette mission faite en septembre sont similaires à ceux des missions précédentes, faites également en saison fraîche et différent de ceux de mars 2010. Ceci souligne leur saisonnalité et la stabilité intra-saisonnière du peuplement de poissons.

La température de l'eau présente un rythme saisonnier régulier (cf. [figure 82](#)), avec des écarts inter-annuels de 6°C pour une même date. On note des retours intempestifs à des températures basses comme en octobre 2008 ou à des températures hautes comme cette année 2010 en septembre.

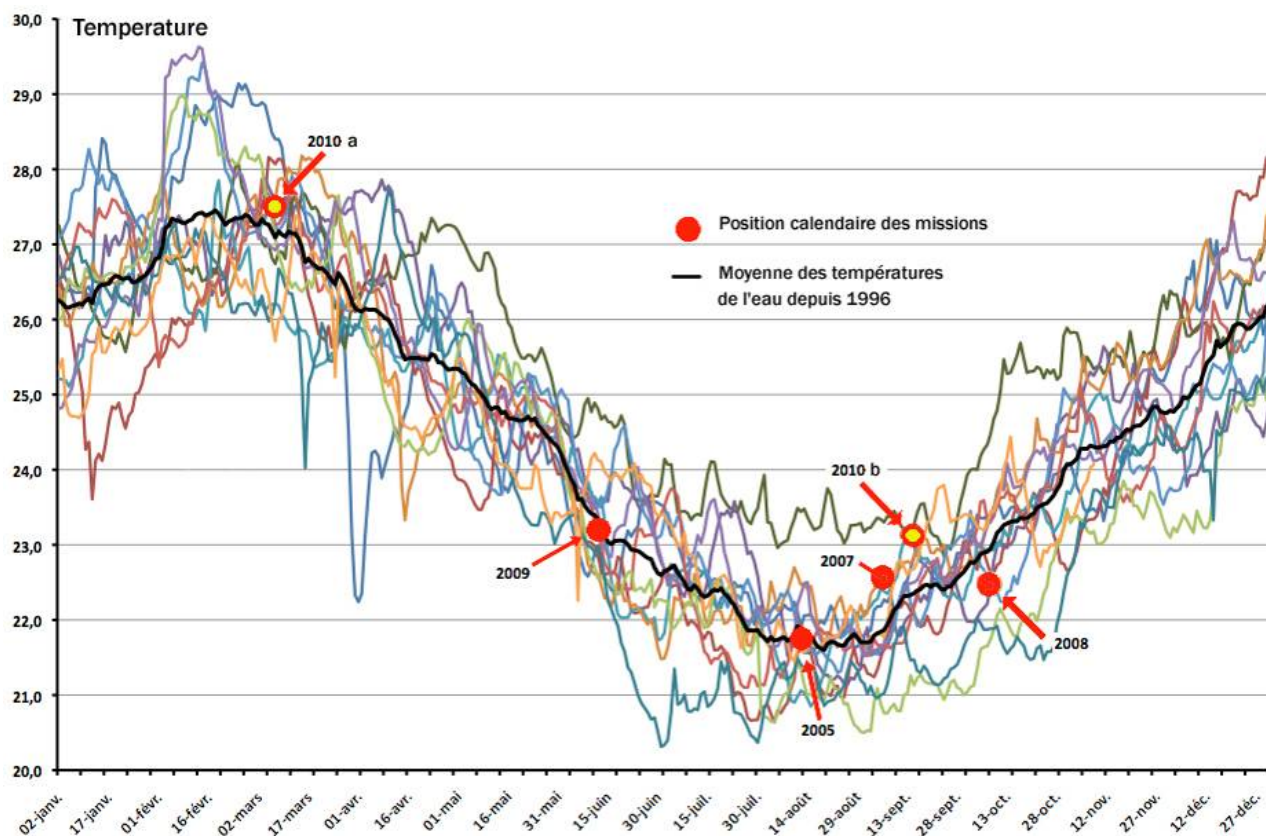


Figure n°082 : Evolution des températures quotidiennes de l'eau du lagon SO depuis 1996  
(Station de Prony – données IRD)- Les points rouges situent la date des missions

## 6.4 Conclusion

Les stations de la zone d'étude sont globalement en bonne santé, avec comme grandes différences par rapport à la campagne de mars-avril 2010 :

- ↪ un recouvrement du substrat (méthode LIT) stable,
- ↪ une diminution du recouvrement des algues vertes et brunes, liée à la période de la campagne et une légère augmentation des algues rouges,
- ↪ une légère augmentation continue depuis 3 ans de la diversité corallienne,
- ↪ un recrutement corallien relativement bien développé (présence de colonies juvéniles) assurant le maintien des populations à l'échelle décennale (capacité de recolonisation et de résilience),
- ↪ une légère augmentation du recouvrement des cyanobactéries (sans prolifération) favorisé par l'augmentation de température de l'eau,
- ↪ le blanchissement est devenu anecdotique mais reste à surveiller sur certaines stations,
- ↪ le développement des éponges perforantes (*Cliona julliinei* et *C. orientalis*) évolue très peu, leur croissance est lente et leur propagation est faible (à surveiller),
- ↪ pas de présence d'*Acanthaster planci* ou de trace d'attaque récente,
- ↪ une seule *Calappa novaeguinaeae* a été recensée en ST03A (mais pas de trace d'attaque).

L'étude de la biodiversité totale ichthyologique apporte un nouvel éclairage. Alors que la première partie du rapport amène à conclure que la zone étudiée est stable depuis le début du suivi régulier en 2007 (estimations de densité et de biomasse calculées à partir de la liste d'espèces restreinte), la deuxième partie montre un peuplement plastique. Il se renouvelle au niveau spécifique de manière dynamique. Moins de la moitié des espèces sont chaque année présentes sur la zone. En revanche, le niveau « famille » est très stable.

## 7 Synthèse bibliographique, de la zone étudiée

Lors du rapport de la mission d'octobre 2008 ([08]), une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- ↪ la bio-géographie 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.

Pour le suivi de la fuite d'acide dans le Creek baie nord, trois missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique (rapport [20]) a été réalisée sur ces sujets :

- ↪ l'acide sulfurique et ses principales caractéristiques,
- ↪ les accidents historiques liés à de l'acide sulfurique, avec des simulations de scénarios d'accident et les résultats de l'étude environnementales du « Bahamas »,
- ↪ le blanchissement corallien : les zooxanthelles, la physiologie corallienne et les paramètres influant sur le blanchissement.

Puis, pour la 2<sup>ème</sup> mission (rapport [21]) :

- ↪ des explications sur deux phénomènes pouvant influencer sur la couverture corallienne, que nous avons observés lors de la mission : les cyanobactéries et les étoiles de mer *Culcita*,
- ↪ un relevé des données pluviométriques de la zone.

Et enfin, lors de la 3<sup>ème</sup> mission (rapport [22]) :

- ↪ réactualisation des données météorologiques,
- ↪ impacts potentiels des conditions météorologiques sur l'état de santé des communautés marines.

Lors du rapport de la mission de juin 2009 ([23]), une 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.

Lors du rapport de la mission de mars-avril 2010 ([24]), une 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.

Nous ne reprenons pas dans ce présent rapport toutes ces thématiques et ne présentons que trois points de rappel et de suivi :

- ↪ 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.

### 7.1 Recrutement et taux de croissance corallien : Pocilloporidae

Sur plusieurs stations étudiées, on a pu observer des taux de recrutement corallien importants et des taux de croissance assez élevés.

L'exemple le plus frappant est la station 01 (Casy) où de jeunes colonies se sont fixées sur des piquets de transects depuis la mission de 2007 (pose des piquets le 31/08/07), nous permettant ainsi de bien mesurer

leur accroissement à chaque campagne.

Dans ce cas, ces juvéniles sont des *Pocillopora damicornis* de la famille des Pocilloporidae (cf. [tableau 154](#)). Les Pocilloporidae sont des coraux abondants sur les récifs néo-calédoniens. Ils s'adaptent très bien aux variations de lumière et aux divers mouvements de l'eau (hydrodynamisme).

Tableau n°0154 : Systematique / Description de *Pocillopora damicornis*

<b>Classe</b>	Anthozoa Ehrenberg, 1819
<b>Sous classe</b>	Hexacorallia
<b>Ordre</b>	Scleractinia Bourne, 1900
<b>Genre</b>	<i>Pocillopora</i> Lamarck, 1816
<b>Espèce</b>	<i>damicornis</i>
<b>1<sup>ère</sup> Description</b>	Linné 1758
<b>Distribution</b>	Indo-Pacifique, de la côte est de l'Afrique à la côte ouest de l'Amérique Centrale, au nord du Japon et d'Hawaii, sud de Durban, vers les îles de Lord et Howe et les îles de Pâques. Entre 1 et 38 mètres.
<b>Description</b>	Petites colonies de taille moyenne. Coloration : brun, vert ou rose.
<b>Caractéristiques</b>	Corail qui vit du produit de ses zooxanthelles. Intensité lumineuse importante requise.
<b>Maintenance</b>	Espèce à croissance rapide mais attention aux algues filamenteuses.
<b>Remarques</b>	Se subdivise en 4 écomorphes (Veron & Pichon, 1976).

La morphologie de ce corail est très variable et est étroitement lié à l'hydrodynamisme et à la lumière reçue (pénétration de la lumière dans l'eau liée au taux de sédimentation). Des branches fines et largement espacées sont un signe d'eau moyennement brassée. Tandis que des branches compactes et épaisses témoignent d'un environnement intensément brassé.

Une étude en laboratoire montre que les jeunes *Pocillopora damicornis* survivent mieux dans des microhabitats, non affectés par la sédimentation directe, non exposés au broutage direct et non occupés par des algues filamenteuses à croissance rapide [25].

Des planulas<sup>19</sup> de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets du transect supérieur de la station 01 (Casy), et de ce fait aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Sept colonies de *Pocillopora damicornis* s'édifient ainsi sur les piquets posés lors de la mission du 31/08/07. Lors de chaque mission de suivi les colonies sont mesurées ce qui permet d'appréhender leur croissance. Elles se sont développées dans de bonnes conditions environnementales avec un apport en nutriment important (apport des rivières) et une pénétration de la lumière suffisante pour la photosynthèse de leurs symbiotes (zooxanthelles).

Si le développement des colonies présentes est suivi depuis la plus longue période de temps (colonies E, F et G installées sur le piquet XX du transect A), la taille des colonies était comprise (cf. [tableau 155](#)) :

- entre 5 et 8 cm de diamètre en octobre 2008,
- puis entre 9 et 16 cm pour la mission de juin 2009,
- entre 9 et 21 cm pour la mission d'avril 2010
- et enfin entre 15 et 21cm pour la mission de septembre 2010.

La vitesse de croissance des colonies scléactiniaires est toujours plus importante les premiers mois (stade juvénile) voir les premières années, puis elle diminue au fur et à mesure du temps. En estimant que les planulas se sont fixées sur les piquets durant la ponte de novembre 2007 (car piquets posés le 31/08/07), la croissance est estimée à :

- 6.33 cm / 11 mois soit 6.9 cm/an de moyenne pour la première mission octobre 2008,

<sup>19</sup> Planula : larve ciliée résultant de la fécondation d'un gamète femelle par un gamète male chez les éponges et les cnidaires.

- pour la deuxième mission de juin 2009 la croissance était estimée à 4.66 cm / 7.5 mois soit 7.46 cm/an de moyenne,
- pour la troisième mission de mars-avril 2010, la croissance était de 3.33 cm / 9.5 mois soit 4.2cm/an,
- et enfin pour la quatrième mission de septembre 2010, la croissance est de 3.67 cm / 6 mois soit 7.33 cm/an.

Tableau n°0155 : Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A

(cm)		Oct. 2008	Juin 2009	Mars 2010	Sept. 2010
<b>Piquet 0</b>	Colonie A	/	/	6	10
	Colonie B	/	7	15	18
	Colonie C	/	5	12	14
<b>Piquet X</b>	Colonie D	/	/	10	11
<b>Piquet XX</b>	Colonie E	8	16	21	22
	Colonie F	5	8	12	15
	Colonie G	6	9	9	17
<b>Nb mois entre les missions</b>		11	7.5	9.5	6
<b>Date supposée 1<sup>ère</sup> ponte</b>		Novembre 2007			
<b>Croissance moyenne</b>	Moyenne des colonies E, F, G	6.33	4.67	3.33	3.67
<b>Croissance annuelle</b>	Moyenne des colonies E, F, G	6.91	7.47	4.21	7.33

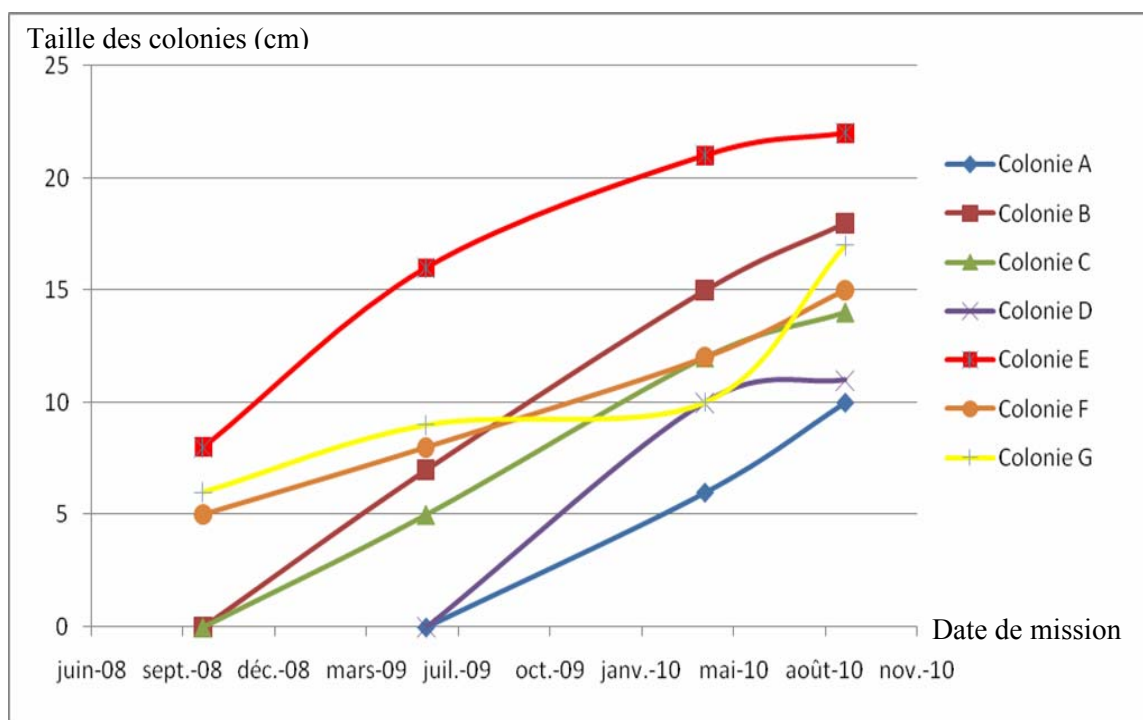


Figure n°083 : Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A

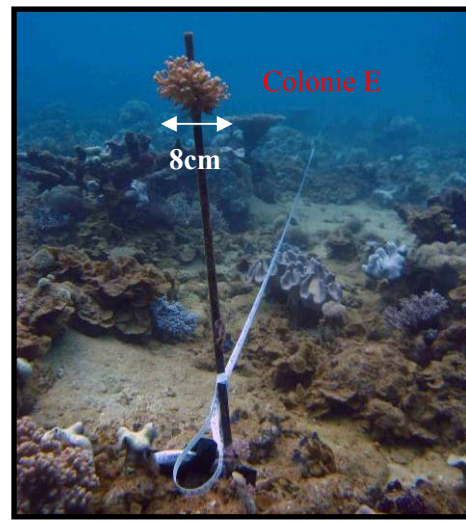
Cette croissance est relativement importante la première année puis un ralentissement est noté entre le mois de juin 2009 et avril 2010 qui pourrait être corrélé à un dérèglement de l'environnement lié aux pluies abondantes de la saison estivale (de janvier – mars) et les événements dépressionnaires du mois de février (dépression Jasper) qui ont dû avoir une influence positive sur l'apport d'eau douce et de matières en suspension à l'embouchure des rivières et dans la baie de Prony. Ces apports ont pour conséquences une

anomalie négative de salinité, une anomalie négative de températures et une anomalie positive de turbidité. Ces trois facteurs peuvent être en partie à l'origine d'un affaiblissement des coraux (blanchissement, diminution de la croissance corallien). On remarque également que la croissance n'est pas linéaire durant l'année et que la période hivernale est plus favorable à leur développement (remarque basée sur ces trois colonies et qui demande des résultats plus approfondis). A la suite du rétablissement dit « normal » des paramètres environnementaux, le taux de croissance des colonies a augmenté.

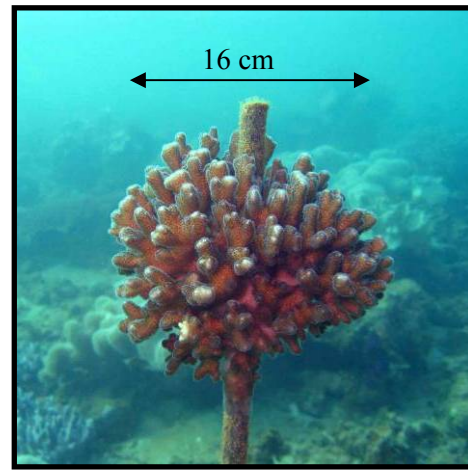
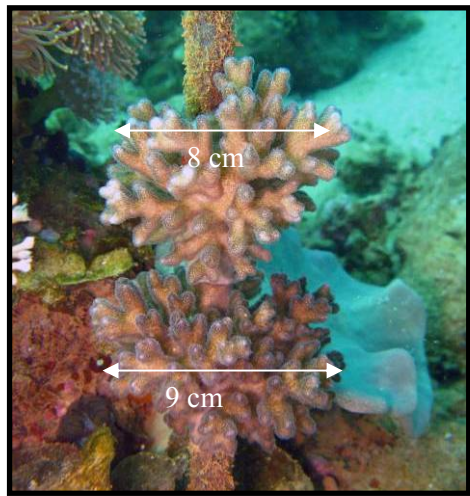
Désormais, les trois piquets du transect A sont colonisés par 7 colonies de *Pocillopora damicornis* dont les tailles en cm sont indiquées dans le [tableau 155](#).

La moyenne de croissance générale toutes colonies confondues est de 3 cm entre le mois de mars 2010 et le mois de septembre 2010 (soit une croissance de 6 cm/an).

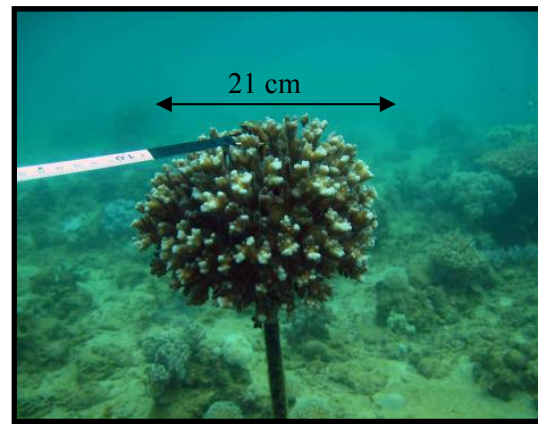
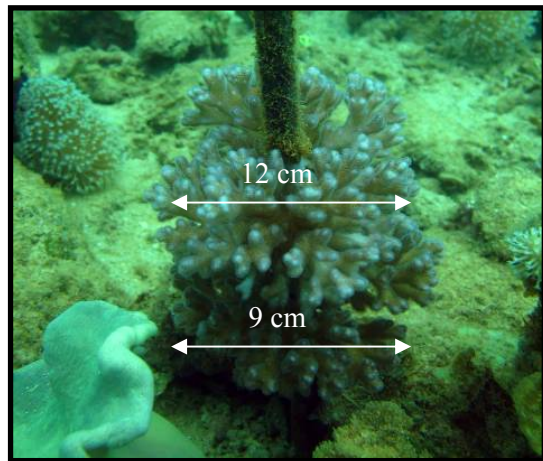
D'un point de vue général, on remarque que les courbes de croissance (cf. [figure 83](#)) entre les différentes colonies ont relativement les mêmes tendances sauf pour les colonies F et G. Cette différence peut être mise en évidence par leur disposition sur le 3<sup>e</sup> piquet, les deux colonies sont à proximité l'une de l'autre donc elles vont se gêner mutuellement dans leur développement (lutte chimique et variabilité du développement intra-spécifique). A partir des courbes, on constate également que la croissance diminue plus rapidement à partir de la 2<sup>e</sup> année du développement.



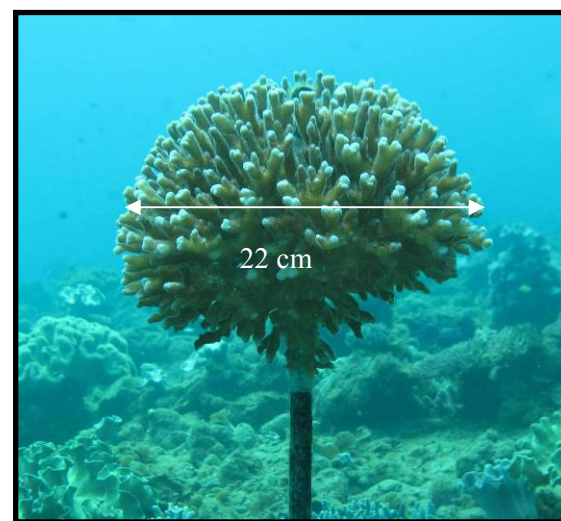
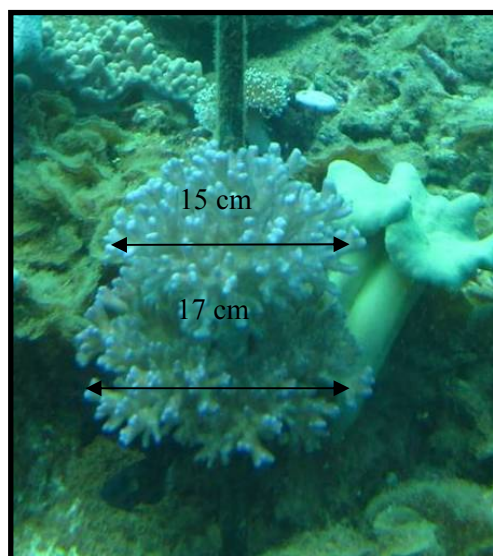
Mission d'octobre 2008



Mission de juin 2009



Mission d'avril 2010



Mission de septembre 2010

Photo n°019 : Evolution des colonies E, F, G depuis la mission de 2008 (piquet 0 ST01A)



## 7.2 Les algues

### 7.2.1 Généralités

Les algues font partie du règne végétal. Ce sont des organismes uni ou pluricellulaires. Le processus photochimique de la photosynthèse se rencontre chez les algues. Ce processus permet la synthèse de substances non organiques complexes grâce à la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

La durée de vie d'une algue est variable :

- Elle peut être courte et on a une succession rapide de générations. Dans ce cas on a l'apparition de l'algue en saison favorable ou d'une génération microscopique en saison défavorable.
- Elle peut être longue mais on ne connaît pas la durée de vie exacte des algues sauf pour quelques fucales et laminariales.

La classification a été décidée en fonction de la nature des pigments :

- les algues vertes (Chlorophytes),
- les algues rouges (Rhodophytes),
- les algues brunes (Chromophytes).

Les différents pigments sont adaptés à plusieurs sortes de condition de luminosité.

Ainsi les pigments rouges et bruns sont adaptés à une faible luminosité et absorbent plus facilement les spectres bleus et verts de la lumière. Les pigments verts, quant à eux, absorbent le rouge qui n'est présent que proche de la surface.

Les conditions de la luminosité varient en fonction de la profondeur et on assiste alors à un étagement des espèces.

Les algues vertes ou Chlorophytes, désignent un ensemble d'algues dont les pigments photosynthétiques principaux sont les chlorophylles a et b. Comme leur nom l'indique, les algues vertes sont de couleur verte (ex : *Halimeda*, *Caulerpa*, *Codium*, *Chlorodesmis*, ...).

Les algues rouges ou Rhodophytes, sont un grand groupe d'algues pour la plupart marines et pour la plupart multicellulaires (et le plus souvent fixées sur les rochers, les coquillages ou d'autres algues). Elles sont caractérisées par une composition pigmentaire avec un seul type de chlorophylle (la chlorophylle a), des caroténoïdes et des pigments caractéristiques (les phycobiliprotéines). Comme leur nom l'indique, les algues rouges sont de couleur rouge (ex : *Asparagopsis*, *Triclogloea*, *Gibsmithia*, *Plocamium*, *Actinotrichia*, *Peyssonnelia*, ...).

Les algues brunes ou Chromophytes, aussi nommées Phaeophyceae, sont des algues qui utilisent comme pigment collecteur de lumière, de la chlorophylle c plus un pigment brun, la fucoxanthine (ex : *Sargassum*, *Padina*, *Dictyota*, *Lobophora*, *Turbinaria*, ...).

### 7.2.2 Les algues en milieu corallien

Une des caractéristiques du monde corallien est l'apparente pauvreté en macrophytes sur et autour des récifs. Cependant, malgré un manque d'exubérance de sa végétation sous marine, le milieu corallien et récifal est le domaine privilégié de la vie benthique. Tous les groupes biologiques et en particulier les algues y ont trouvé une possibilité d'adaptation [26, 27].

La compétition pour l'espace avec de nombreux autres organismes fixés (coraux, spongiaires, alcyonaires, ...) et les teneurs en éléments nutritifs, mais aussi pour une large part le broutage des poissons herbivores (1/4 de la faune ichtyologique) et des invertébrés (mollusques et échinodermes) comptent parmi les facteurs contrôlant le développement des végétaux.

En broutant de manière sélective, les poissons contrôlent la diversité spécifique des algues. Mais ils n'agissent pas seulement en tant que facteurs limitants, ils peuvent aussi favoriser le développement de





certaines algues. En effet, certaines espèces de la famille des Pomacentridés, qui ont un comportement territorial et se nourrissent aussi d'algues benthiques, maintiennent leur territoire hors de la prédation et favorisent la croissance des algues filamenteuses qui forment alors un gazon dense.

Par leur potentiel de régénération, leurs systèmes de défense chimique, leur coopération avec d'autres organismes, les algues montrent une très bonne faculté d'adaptation au milieu.

#### La répartition bathymétrique

Les algues occupent à peu près tous les milieux dès lors qu'ils sont éclairés et humides, toutefois leur répartition bathymétrique est limitée par leur capacité photosynthétique (selon leurs pigments).

Dans les zones tropicales, certaines algues (Corallinacées) ont été récoltées jusqu'à 268 mètres de profondeur (Bahamas) ; toutefois, c'est dans les premiers 30 mètres qu'elles sont les plus abondantes et les plus diversifiées.

#### Influence de la fixation au substrat

Les algues pluricellulaires vivent généralement fixées au substrat et constituent les algues benthiques, que l'on oppose aux formes unicellulaires libres du plancton. Le seul cas remarquable de grandes algues flottantes est celui des Sargasses de la Mer des Sargasses. Le cas tout aussi remarquable d'algue unicellulaire prisonnière du substrat est celui des zooxanthelles, algues qui vivent en symbiose avec les coraux.

D'une manière générale, tout substrat solide inerte ou vivant peut être colonisé par des algues dès lors que sa longévité est suffisante. On parle d'algues épiphytes lorsqu'elles sont fixées sur d'autres algues, d'épizoïques lorsqu'elles vivent sur un animal et d'endolithes quand elles s'installent dans les substrats calcaires qu'elles perforent.

La nature du substrat intervient dans la répartition des espèces par sa structure et sa texture.

Quel que soit le type de substrat, son degré de cohésion (stabilité) joue un rôle fondamental dans la durée de la fixation. C'est ainsi que les zones de substrats meubles soumis à un fort hydrodynamisme ne supportent jamais d'importantes populations d'algues.

#### Influence de l'hydrodynamisme

L'agitation de l'eau, due aux variations du niveau de la mer, aux courants et à la houle, crée des forces variant en fonction de son intensité, aussi les organismes sont-ils sélectionnés sur leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal, domaine privilégié des algues brunes photophiles et des algues rouges calcifiées. Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux du mode battu au mode calme. En règle générale, le fort hydrodynamisme sélectionne les espèces aux larges crampons à la base des axes et dont la texture des thalles est relativement coriace mais flexible (*Sargassum*), ou encore les formes encroûtantes molles (*Lobophora variegata*) ou calcifiées (Corallinacées). Ces accommodations se traduisent souvent pour une espèce donnée par des variations morphologiques tel le nanisme (*Turbinaria*, *Sargassum*).

De même, chez les algues rouges calcifiées, les formes encroûtantes massives abondent dans les milieux très battus (crête récifale), tandis que les formes lamelleuses caractérisent plutôt les modes calmes ou abrités. Les structures ramifiées présentent une grande variété de formes et de taille des branches mais on note une diminution des branches avec la force du courant.

#### Influence de la température

Les algues connaissent généralement leur maximum d'abondance vers la fin de l'été, au moment où les températures de l'eau ambiante atteignent leurs plus hauts niveaux annuels. La température de l'eau affecte directement la croissance des algues [28] en contrôlant les taux de photosynthèse et de respiration [29], et indirectement en restreignant la quantité d'oxygène dissous disponible dans l'eau. Bien que les réactions thermiques des algues en culture soient assez bien connues [30], peu de travaux ont porté sur les effets de chocs thermiques brusques. A contrario, le phytoplancton est un groupe d'organismes habituellement considéré comme résistant aux stress thermiques (forme de vie simple, temps de régénération courts).

### **7.2.3 Exemple de variations**

#### Variations de croissance / température

Les *Halimeda* constituent un genre parmi les algues vertes. Ce sont des algues ayant l'aspect d'un petit chapelet d'écailles coriaces. La structure cellulaire est de type siphonné. L'algue fixe le carbonate de calcium,

ce qui lui donne sa rigidité et la rend immangeable pour la plupart des espèces herbivores. Le thalle, de 15 à 20 cm, est constitué d'une suite d'éléments calcifiés discoïdes. Le développement de cette algue prend plus d'extension à l'abri de la lumière [31, 32].

Le recouvrement le plus faible du genre *Halimeda* correspond à l'hiver dans l'hémisphère sud (période comprise entre mai et octobre). Alors que durant la période estivale (hémisphère sud : novembre à avril), le taux de croissance mesuré est le plus haut. Ainsi, le taux de croissance semble être associé avec la température de l'eau qui est à son plus haut en été, atteignant plus de 25°C, tandis que pendant l'hiver la température baisse à 19°C. Une température de 23°C semble être une limite pour laquelle la croissance de *Halimeda* est ralentie. Pour cette raison les mois de mai à octobre, pour lesquels la température est sous cette limite de 23°C, sont une phase de baisse ou de stagnation pour la croissance de ce genre.

Par ailleurs, un effet saisonnier dans le cycle de production du genre *Halimeda* peut exister. Des périodes distinctes de la température ont été identifiées.

#### Reproduction saisonnière

*Asparagopsis armata* est une algue rouge dont le thalle forme des touffes de filaments roses d'une dizaine de cm de hauteur, fixés sur un stolon cylindrique. Les filaments comprennent un axe sur lequel sont insérés sur quatre rangs des rameaux, les uns courts et simples, les autres ramifiés et longs. Certains rameaux ont la forme de harpons. La structure est uniaxiale, formée d'une lacune centrale contenant une cellule axiale entourée d'un tissu formant un manchon cortical.

Ce genre a un cycle de développement annuel et comprend la succession de 3 générations différentes (cycle trigénétique hétéromorphe). Cette espèce possède aussi des rameaux simples porteurs d'épines recourbées formant un harpon capable de se rompre facilement. Emportés par les vagues et les courants ils s'agrippent à d'autres algues et participent à la dissémination de l'espèce (il s'agit d'un véritable bouturage).

Cette algue suit un « détecteur stratégie de saison », rarement rapportée pour des macroalgues tropicales. La reproduction est strictement saisonnière : le déclenchement de crêtes de modules au milieu de la saison plus fraîche, laisse le temps suffisant à la croissance et la reproduction avant le début des conditions défavorables de l'été.

Les changements saisonniers de l'environnement affectent le déclenchement de module, croissance, reproduction et rejet.

#### Variations abondance/hydrodynamisme

Le genre *Sargassum* (algues brunes) sont les algues qui sont le plus vouées à dériver : rupture du thalle cartilagineux et fragile. Elles constituent de grands radeaux algaux dérivant aux grés des courants marins. L'histoire de vie et la phenology des espèces de *Sargassum* et de leur dynamique de recrutement ont été intensivement étudiés [33 à 40]. Les espèces de *Sargassum* forment des algues jusqu'à 120 cm de longueur, qui se développent généralement dans les habitats semi-exposés dans les niveaux bathymétriques des récifs intertidaux à subtidaux [35, 41].

D'autre part, la dérive et le flottement les frondes de *Sargassum* fournissent l'habitat pour les poissons juvéniles [42, 43] et fournissent une base pour la chaîne alimentaire pour les oiseaux marins pélagiques.

Le cycle de vie de la plupart des espèces de *Sargassum* se produit durant les mois de novembre-décembre et mai-juin et plus tard elles se détachent de leur habitat à cause de la sénescence (affaiblissement des fonctions vitales provoqué par le vieillissement).

Le genre *Caulerpa* est une algue verte polymorphe appartenant à la famille Caulerpaceae habitant dans les eaux chaudes [44, 45]. Les espèces de *Caulerpa* se développent comme des plantes grimpantes sur la dalle, la roche subtidale submergée ou bien sur les substrats meubles.

Ces algues peuvent être déracinées par l'abrasion de vague (particulièrement les espèces colonisant les substrats meubles). Certaines espèces d'algues sont relativement petites dans la taille et ont un système d'ancrage adapté leur permettant de résister à l'action de vague et de les empêcher de se disloquer même pendant des conditions hydrodynamiques importantes.

### **7.2.4 Observations issues des campagnes**

Les données (indice d'abondance semi-quantitatif (1 à 5) attribué dans le couloir du transect (100 m<sup>2</sup>)) récoltées depuis 2008 sont synthétisées dans plusieurs graphiques :

- les variations pour toutes les algues (figure 84),
- les variations concernant les algues vertes (figure 85),
- les variations concernant les algues rouges (figure 86),
- les variations concernant les algues brunes (figure 87).

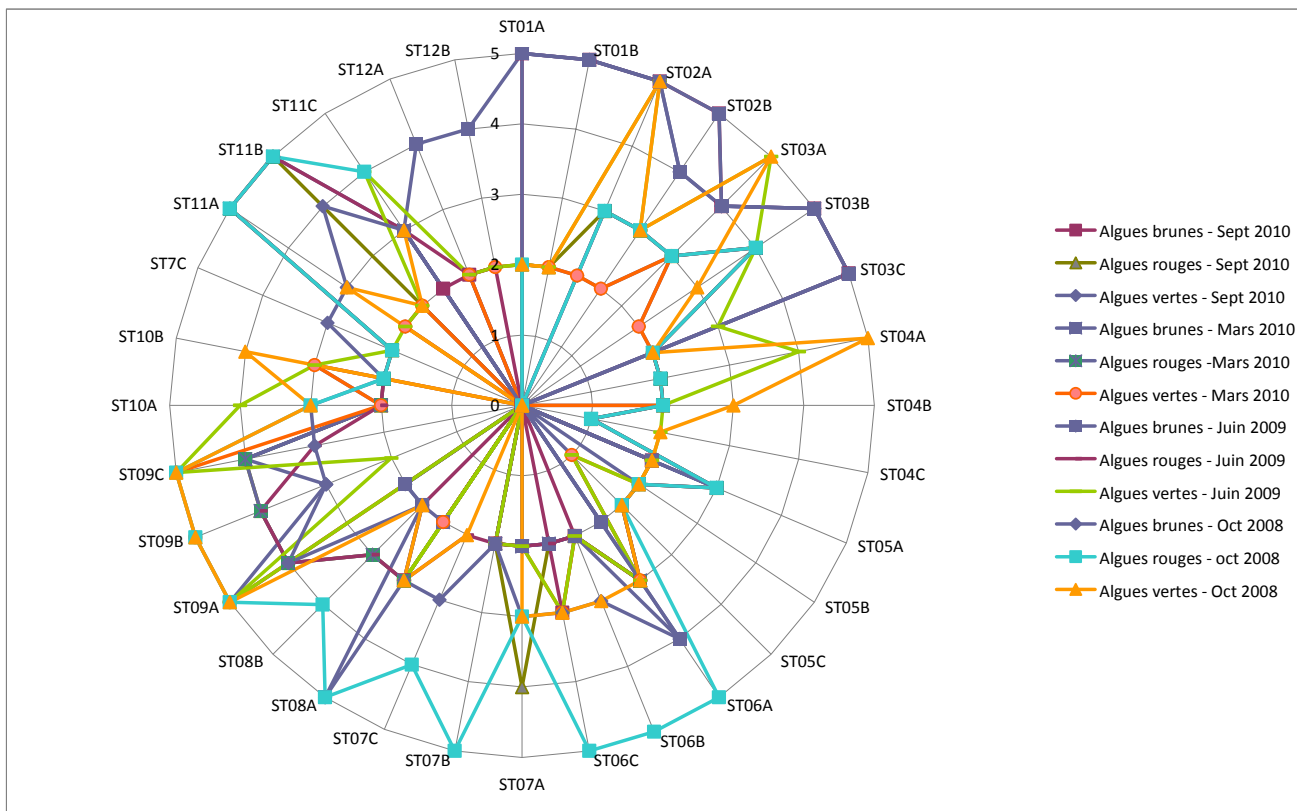


Figure n°084 : Abondance (échelle 1 à 5) de toutes les algues (toutes stations, depuis 2008)

### 7.2.4.1 Algues vertes

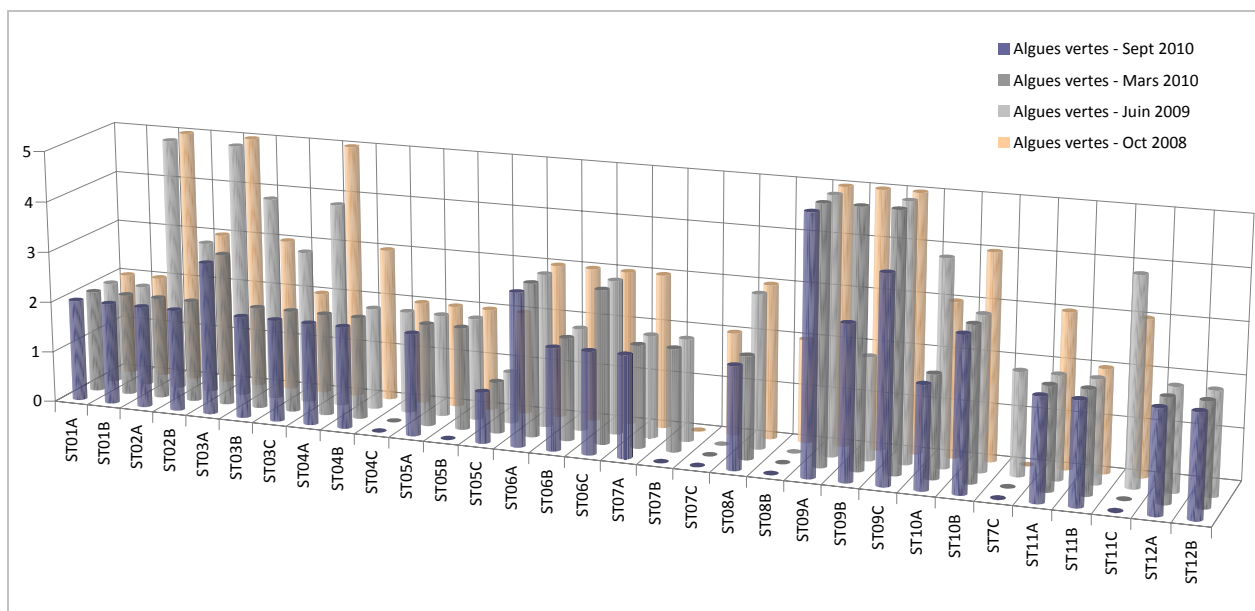


Figure n°085 : Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues vertes (toutes stations, depuis 2008)

Les algues vertes sont représentées principalement par le genre *Halimeda*. Il n'y a pas de grandes fluctuations de recouvrement entre les missions, cependant, le recouvrement a diminué pour quelques

stations de la baie de Prony depuis la mission de juin 2009 à la faveur des algues brunes.

### 7.2.4.2 Algues rouges

Le recouvrement en algues rouges est plus important durant l'été austral (mission d'octobre 2008 et septembre 2010). Cette caractéristique est nettement visible sur les récifs où l'hydrodynamisme est intense car durant l'hiver les algues sont balayées par les courants de marée (abondance de *Asparagopsis armata* dans le canal de la Havannah durant la saison estivale).

Cependant, cette catégorie est difficile à évaluer, car les espèces sont nombreuses et comprend notamment les algues calcaires.

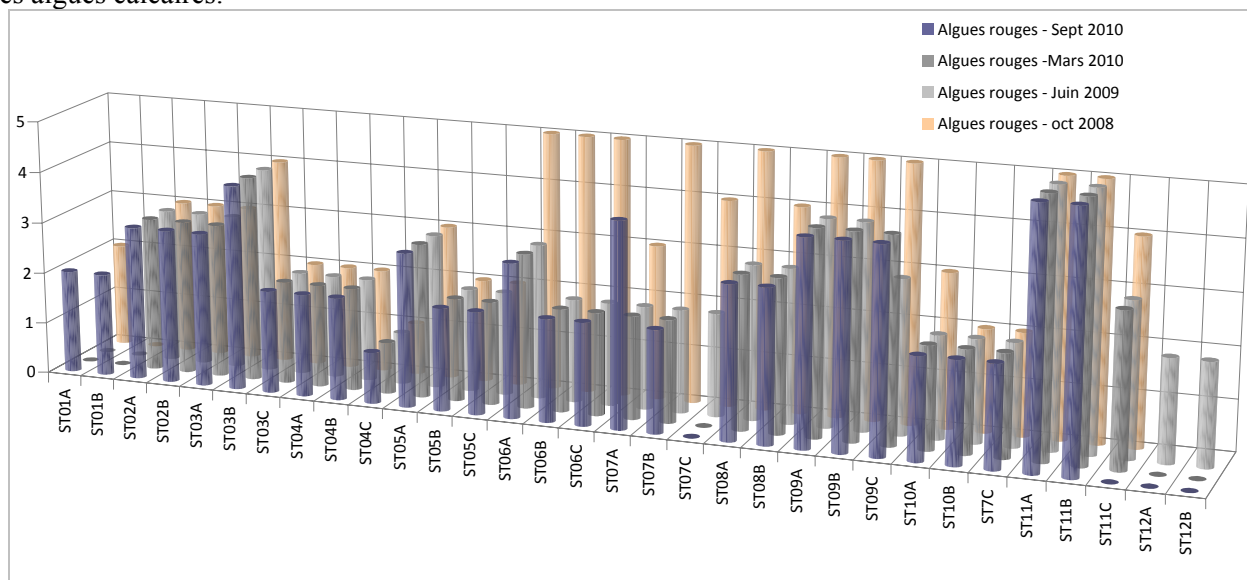


Figure n°086 : Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues rouges (toutes stations, depuis 2008)

### 7.2.4.3 Algues brunes

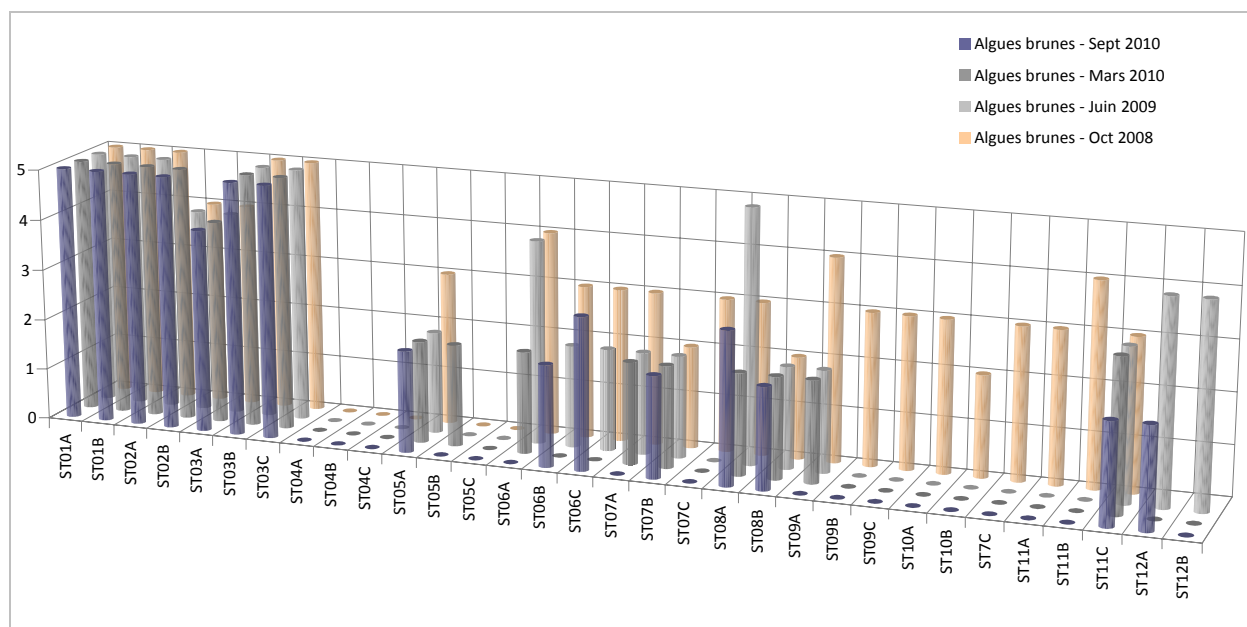


Figure n°087 : Abondance (échelle 1 à 5) concernant les algues brunes (toutes stations, depuis 2008)

Les algues brunes sont particulièrement abondantes en baie de Prony et leur recouvrement est similaire d'une mission à l'autre car le genre *Lobophora* domine durant toute l'année les récifs de cette baie. Par contre dans

le canal de la Havannah le recouvrement est plus variable selon les saisons (nettement plus important durant octobre 2008 où un développement des genres *Dictyota* et *Padina* était constaté sur quelques récifs). Depuis le recouvrement a diminué et s'est stabilisé indépendamment des saisons.

## 7.3 Prolifération de cyanobactéries

### 7.3.1 Généralités

Les cyanobactéries appartiennent au domaine des bactéries.

Se sont des procaryotes photosynthétiques, c'est à dire qu'elles utilisent comme source d'énergie, l'énergie lumineuse (oxydation de l'eau en oxygène au cours de la photosynthèse).

Les cyanobactéries ont pour seul point commun avec les végétaux cette photosynthèse de type « plante » (avec des pigments), ce qui leur a valu pendant longtemps d'être classées dans les algues (algues bleu-vert, cyanophycées)<sup>20</sup>.

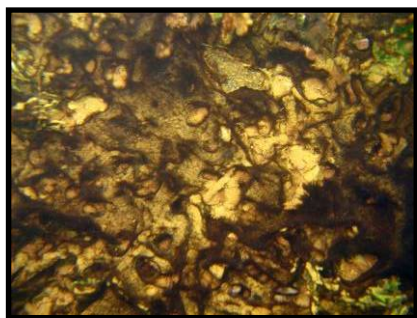


Photo n°020 : Tapis de cyanobactéries

Certaines sont unicellulaires, sphériques ou en bâtonnets et se multiplient par divisions binaires, d'autres sont filamenteuses et se propagent par rupture du filament végétatif ou par germination des akinètes (spores).

Cette hétérogénéité leur a permis de coloniser la grande majorité des écosystèmes terrestres ou aquatiques, ainsi que les milieux extrêmes chauds, salés, hypersalés et alcalins.

Les proliférations de cyanobactéries apparaissent de manière épisodique ou régulière dans de nombreux biotopes. Dans tous les cas, ces proliférations sont le signe d'une eutrophisation du milieu (conséquences de teneurs excessives en azote et phosphore).

Ces proliférations sont potentiellement productrices de diverses toxines et peuvent entraîner des dégradations sur les communautés coralliennes. En matière de synthèse chimique, les cyanobactéries produisent une très grande variété de molécules. Cela va de produits utiles comme des antibiotiques, des antiviraux et antitumoraux, à des composés néfastes comme des toxines.

Les cyanobactéries peuvent se maintenir tout au long de l'année si la température reste supérieure à 5-6 °C et de nombreuses espèces n'apparaissent qu'en été lorsque la température des eaux superficielles dépasse 18-20 °C. 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.

Un éclairage faible tend à les faire remonter en surface alors qu'un éclairage plus fort les incite à vider leurs ballasts pour certaines ou, pour d'autres, à écraser les vacuoles à gaz par turgescence cellulaire. Lors de périodes plus chaudes et moins venteuses, les efflorescences de cyanobactéries apparaissent et disparaissent à plusieurs reprises. À cette distribution spatiale des températures s'ajoute celle de la lumière qui est la source même d'énergie pour la photosynthèse [46 à 49].

Dans le cas des stations de la baie de Prony et du canal de la Havannah, la répartition des cyanobactéries reste très fragmentaire (faible recouvrement) et leurs caractéristiques sont essentiellement de type filamenteuse. Les eaux chaudes (période octobre – novembre) des eaux lagunaires néo-calédoniennes et l'apport de nutriments par les rivières favorisent leur développement mais on ne peut pas parler de bloom de cyanobactéries en considérant cette faible couverture.

Ceci étant, une vigilance particulière est à prendre en compte si l'apport de matière en suspension évolue vers une augmentation (induisant une diminution de la pénétration de la lumière, la mortalité des scléactiniaires et l'augmentation de la concentration en nutriment dans les eaux).

<sup>20</sup> Elles ont d'ailleurs été comptées dans la composante « algues filamenteuses » pour les résultats LIT.

### 7.3.2 Observations issues des campagnes

Les cyanobactéries ont un recouvrement variable selon les stations :

- 1) selon les deux grandes unités géomorphologiques que sont la baie de Prony et le canal de la Havannah (variation de l'hydrodynamisme),
- 2) selon la nature du substrat des stations (la vase favorise les proliférations),
- 3) selon la proximité d'une source anthropisée (port de Goro),
- 4) selon la saisonnalité (température de l'eau).

Les données récoltées depuis 2008 sont synthétisées dans deux graphiques :

- selon le pourcentage de recouvrement mesuré sous le transect (LIT) (figure 88),
- selon l'indice d'abondance semi-quantitatif (1 à 5) attribué dans le couloir du transect (100 m<sup>2</sup>) (figure 89).

Les grandes variations sont similaires, même si les résultats individuels ne le sont pas forcément : en effet, il peut y avoir quelques « plaques » de cyanobactéries dans un couloir, sans que celles-ci ne se trouvent jamais sous le transect : elles ne sont alors pas détectées par la méthode du LIT.

Les cyanobactéries sont plus développées et répandues dans le canal de la Havannah, mais ce phénomène n'est pas enregistré comme une prolifération car la répartition est relativement diffuse. L'hydrodynamisme intense qui règne dans le canal de la Havannah va favoriser les dégradations mécaniques des coraux. Les débris coralliens et les colonies brisées en place peuvent être le siège du développement de ces cyanobactéries (développement localisé).

Dans la baie de Prony le développement cyanobactérien est concentré dans les zones coralliennes et vaseuses et plus particulièrement à proximité du port de Goro où la remobilisation des sédiments est importante (hélice des bateaux).

Le phénomène de prolifération cyanobactérienne peut être accentué :

- 1) avec une augmentation de la température de l'eau (période estival : mission de septembre 2010 et octobre 2008 pour quelques stations),
- 2) suite à des tempêtes ou cyclones (ex de la mission de juin 2009 suite à la dépression tropicale Jasper du mois de février qui a affaibli les communautés corallienne particulièrement sur les récifs exposés à la houle et au ressac mais également à l'embouchure des creek et rivières où la dessalure était accentuée).

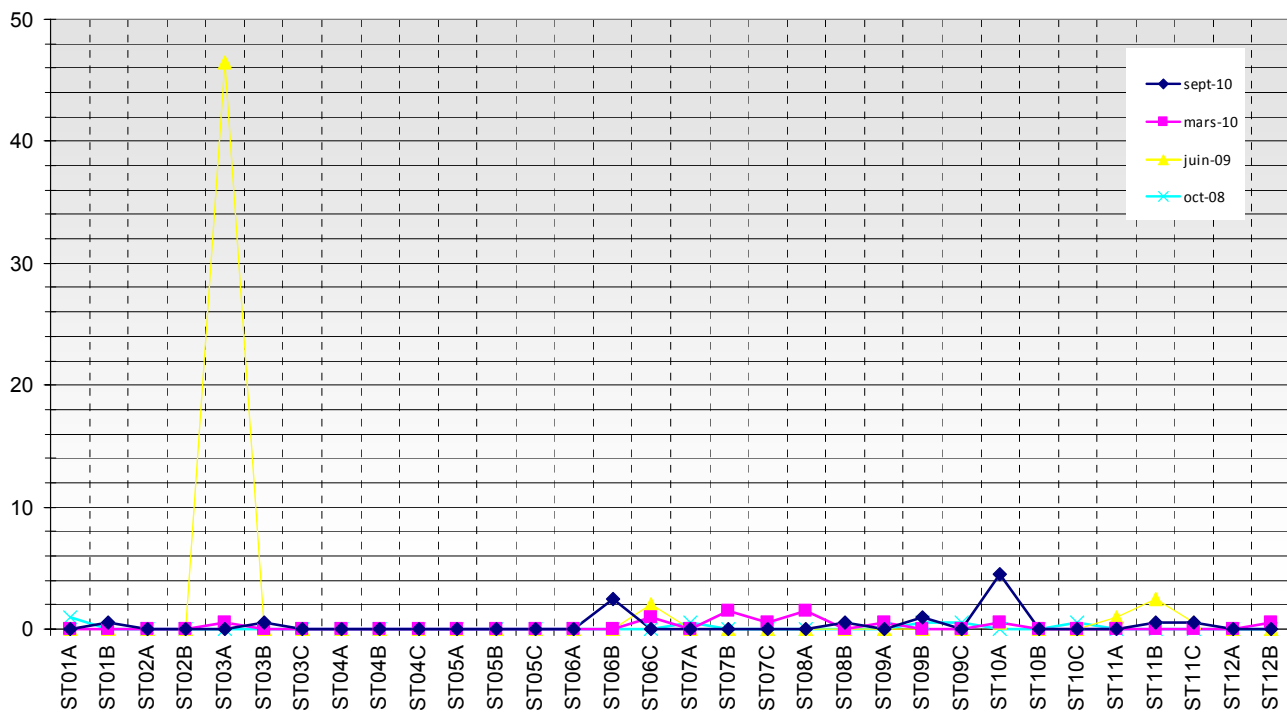


Figure n°088 : Pourcentage de recouvrement par les cyanobactéries (toutes stations, depuis 2008)

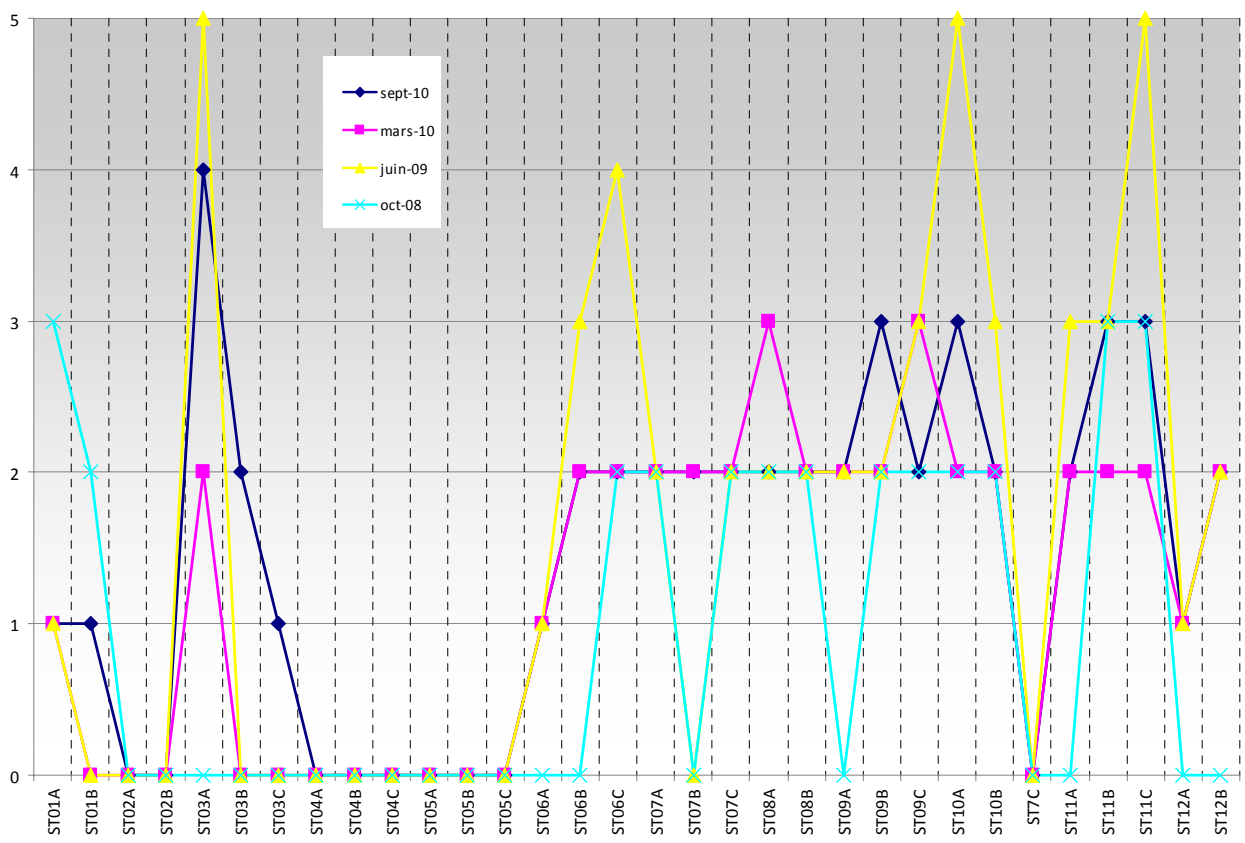


Figure n°089 : Abondance (échelle 1 à 5) des cyanobactéries (toutes stations, depuis 2008)



## 8 Conclusion

L'étude des substrats par le LIT a montré que leur composition est très variée d'une station à l'autre (ce qui est normal par rapport à la géomorphologie du récif qui diffère selon les localisations géographiques) mais aussi au sein même d'une station, avec notamment une influence certaine de la profondeur (diminution du recouvrement par les scléactiniaires et les groupes biotiques en général).

Il n'y a pas à relever de grandes variations temporelles : les pourcentages des différentes composantes sont relativement stables par rapport à la mission précédente. Il faut par ailleurs noter la présence très faible des cyanobactéries et des coraux blancs, ainsi qu'une très légère augmentation du tuff algal sur les débris ou les coraux morts.

Le suivi environnemental de la faune et de la flore récifales montre que cette zone est très diversifiée. Les organismes récifaux sont en constante évolution mais les variations de l'abondance et de la richesse spécifique reste dans les normales saisonnières (pas d'extinction, ni de prolifération).

- L'inventaire des biocénoses benthiques des stations biologiques de la baie de Prony et du Canal Woodin recèle 192 (vs 186 en avril 2010) espèces coralliennes dont 185 (vs 179) espèces scléactiniaires, 51 (vs 64) espèces d'invertébrés (dont 9 espèces de spongiaires, 10 espèces d'alcyonaires, 11 espèces de mollusques et 3 espèces d'holothuries) et 9 (vs 12) espèces de macrophytes.
- L'inventaire des biocénoses benthiques des stations biologiques du Canal de la Havannah recèle 192 (vs 166 en avril 2010) espèces coralliennes dont 185 (vs 159) espèces scléactiniaires, 88 (vs 98) espèces d'invertébrés (dont 18 espèces de spongiaires, 10 espèces d'alcyonaires, 17 espèces de mollusques et 11 espèces d'holothuries) et 15 (vs 17) espèces de macrophytes.

Les organismes recensés dans les stations de suivi environnemental peuvent varier du point de vue spécifique et de leur abondance selon les périodes d'inventaire (saisonnalité), le recrutement, la mortalité ou leur mobilité.

Dans l'ensemble, les stations de suivi environnemental ne montrent pas d'évolution majeure de leurs communautés benthiques qui pourrait révéler des anomalies biologiques induites par l'activité anthropique (juste des variations inscrites dans les normales saisonnières).

Les variations de la richesse spécifique et de l'abondance enregistrées (faunes et flores benthiques) du canal de la Havannah, du canal Woodin et de la baie de Prony, s'inscrivent dans les variations naturelles de l'environnement pour cette mission de septembre 2010.

Si les conditions du milieu restent plus ou moins stables un équilibre se crée entre les groupes biotiques et il en découle une faible évolution dans la structuration des communautés coralliennes. Le seuil de tolérance fasse à une dégradation du milieu est très difficile à évaluer et dépend de la sensibilité et de l'adaptation de chaque groupe biotique.

Pour les coraux, la richesse spécifique a légèrement augmenté (recrutement > mortalité) et la présence de colonies coralliennes juvéniles sur l'ensemble des stations caractérisent des récifs en bonne santé, assurant le maintien des populations à l'échelle décennale (capacité de recolonisation et de résilience). L'abondance des colonies coralliennes varie peu alors que les autres biocénoses comme les macrophytes montrent de plus grandes variations, toujours inscrites dans les normales saisonnières et les autres invertébrés (astéries, holothuries et échinides) une variabilité induite par leur mobilité.

Pour la grande majorité des coraux, les colonies sont fixes et peuvent donc être comparées d'une mission à l'autre. Ce groupe benthique a une diversité biologique très variée, comme on peut le constater dans les zones prospectées. Les espèces ne réagissent pas de la même manière à une perturbation (variations d'origines naturelles ou anthropiques), c'est pourquoi il est important de définir les espèces ou genres qui ont



été perturbés afin de donner un diagnostic le plus précis possible. Enfin les coraux fournissent un habitat privilégié aux autres espèces marines. Si cette structure est influencée c'est l'ensemble de la biodiversité qui est perturbée.

Concernant les poissons, les résultats quantitatifs de densité, de biomasse indiquent une stabilité sur la zone depuis 2007, même si il y a une chute relevée par certains tests en septembre 2010. Il faut cependant signaler que le protocole demandé par la DENV ne permet pas une grande précision des résultats chiffrés (intervalles de confiance importants).

Avec une telle précision et sous un angle de vue quantitatif, le peuplement de poissons paraît stable.

La liste des espèces à prendre en considération étant limitée par le cahier des charges, la biodiversité apparaît quantitativement stable. Elle est également peu variable dans son analyse qualitative puisque les espèces à suivre sont en nombre limité et cadré par le cahier des charges.

La prise en compte de l'ensemble des espèces indique également une bonne stabilité des aspects quantitatifs du peuplement de poissons, mais comme les valeurs sont obtenues avec le même protocole, la précision des mesures est du même ordre de grandeur et comme dans le cas précédent les comparaisons sont peu sensibles. En revanche, sous un angle de vue qualitatif la biodiversité des poissons montre une importante (et normale) fluctuation. Ainsi, si les fluctuations interannuelles sont faibles, les fluctuations saisonnières sont plus importantes.

Depuis 2005 la biodiversité totale est de 531 espèces dont un tiers de cet effectif est chaque année, présent sur la zone tandis qu'un autre tiers n'a été vu qu'une seule fois sur la zone.

Toutes les observations et photographies de ce document ont été réalisées du 14 au 29 septembre 2010. Un réseau de suivi environnemental (piquets permanents) a été installé et permettra de revenir sur les mêmes sites. Les données 2010 recueillies 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.

## 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).

Pour ce faire, le choix des stations et des transects est primordial.

### 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 en scléactiniaires. En effet ces coraux sont :

- les constructeurs des récifs et donc à la base de l'écosystème corallien (habitat, nourriture, ...),
- sensibles aux perturbations du milieu.

Or, pour pouvoir suivre l'évolution de ce taux de recouvrement, les stations doivent donc « naturellement » (c'est-à-dire pendant la phase de référence), posséder des taux moyens (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.

Pour la mission de septembre 2010, la moyenne de recouvrement des scléactiniaires est de 14.03% ([tableau 163 annexe 04](#)).

Cela varie de 0% (ST05C, Ioro) pour les plus faibles à 36.55% (ST10A, Ilot Kié) pour les plus fortes.

Le déplacement de certaines stations ou transects, pendant qu'il en est encore temps (avant le démarrage définitif de l'usine) est à étudier.

### Choix efficient des transects et répliqués

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 répliqués aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces répliqués 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.

## 10 Recommandations / Améliorations

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, un certain nombre de recommandations est donné dans ce paragraphe.

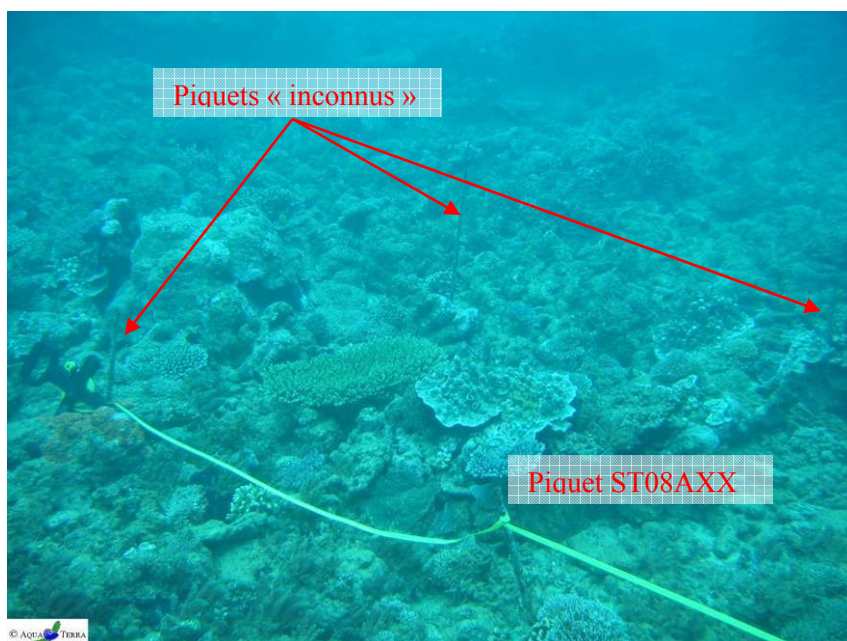
### 10.1 Améliorations propres à ce suivi

#### 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 21](#)).



*Photo n°021 : 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), nous proposons de faire marquer les piquets à la prochaine campagne.

Cette identification pourrait être une étiquette (métallique, plastique) poinçonnée, avec un code correspondant à chaque piquet, du type : numéro de la station, lettre du transect, mètre sur le transect (en lettre romaine pour éviter de confondre avec la profondeur)

Exemple comme pour la [photographie 21](#) : c'est le piquet de fin du transect le plus haut station Puka = ST08AXX.

#### Positionnement et description des stations

Toujours pour permettre de mieux retrouver les stations et de s'orienter dans l'eau, nous proposons depuis plusieurs années de faire réaliser un schéma - horizontal - descriptif de chaque station (exemple succinct [figure 90](#)).

En effet, ce type d'outil permet, une fois arrivés sur zone avec le GPS et qu'un 1<sup>er</sup> 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 métres.

Ce type de schéma doit comporter : la disposition des transects, des piquets, des points remarquables du paysage, le sens de déroulement des rubans, les profondeurs, etc. avec un mètre le plus précis possible et les orientations.

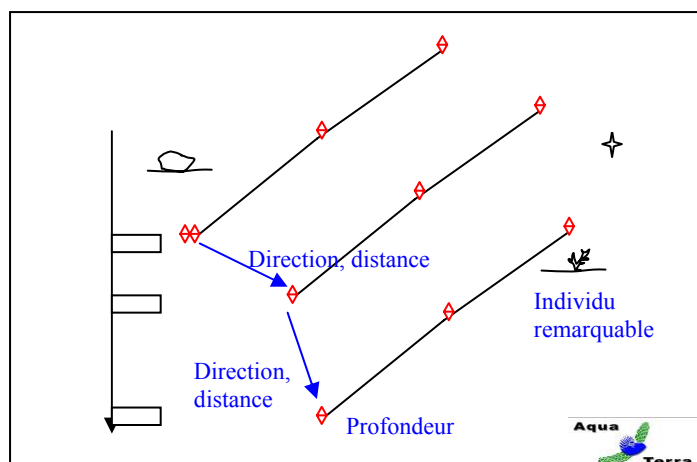


Figure n°090 : *Exemple de schéma descriptif d'une station*

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.**

**Pour faciliter notre travail et augmenter sa qualité, nous avons commencé à réaliser ce travail. Ces différents schémas devront bien sur être améliorés/précisés au cours des missions futures.**

## 10.2 Améliorations au cahier des charges

Avec le recul de plusieurs campagnes (avec celles de suivis et les autres, une dizaine en tout), le cahier des charges, qui date de 2006, devrait être revu, notamment dans le nombre et l'emplacement des stations. Mais d'autres améliorations pourraient être apportées, sur la méthodologie, dont :

### Taxons cibles

Dans le cahier des charges, un certain nombre de taxons cibles ont été listés, car ils sont identifiés comme indicateurs biologiques de l'état du milieu naturel.

Ils doivent donc être échantillonnés.

Nous proposons de rajouter :

- les scléactiniaires qui constituent l'habitat essentiel d'un écosystème récifal et qui sont très sensibles aux variations de l'environnement marin tropical,
- les alcyonaires qui représentent un recouvrement biotique conséquent dans les stations d'études et qui sont en compétition territoriale constante avec les macrophytes et les scléactiniaires,
- les cyanobactéries, qui sont les marqueurs d'un déséquilibre du milieu (eutrophisation) et qui sont directement alors en compétition avec les coraux,
- les espèces particulières qui sont prédatrices du corail : *Acanthaster*, *Culcita*, etc.,
- les espèces exogènes.

**Ce travail sur ces taxons, même s'ils ne sont pas inscrits au cahier des charges imposé par le suivi réglementaire, est réalisé de façon volontaire de notre part ainsi que de celle de Vale Nouvelle-Calédonie depuis 2008.**

### Prises de photographie 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 faire photographier à chaque mission.

## **10.3 Suggestions au niveau provincial ou territorial**

### Guide d'échantillonnage

L'étude de 2008 avait permis de montrer que les chiffres globaux biotiques/abiotiques de certaines stations avaient beaucoup évolué par rapport à la campagne précédente de 2007.

Cependant, cette évolution n'était pas du fait d'un changement dans la structure des fonds des stations étudiées, mais plutôt de la différence d'appréciation et d'interprétation du substrat par les opérateurs sous l'eau lors de l'échantillonnage LIT.

C'est pourquoi nous suggérons la réalisation d'un « Guide de l'interprétation des catégories pour le LIT », qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises *in situ*, sur les stations concernées. Ce travail pourrait être entrepris au niveau de toute la Nouvelle-Calédonie (ou au moins la Province Sud) et par exemple sous pilotage de l'CEIL.

**Cela permettrait ainsi à Vale Nouvelle-Calédonie mais aussi à tous les autres intervenants (autres miniers, décideurs, etc.) de limiter les risques d'interprétations différentes selon les échantillonneurs et d'obtenir une base de données générale et comparable.**

Ces outils seraient d'une aide précieuse dans le bon déroulement des futures missions, tant sur le plan de la sécurité des opérateurs, que sur la qualité des données récoltées.

## 11 Sources

Les différentes sources ayant servi à la rédaction du rapport sont présentées ci-dessous, avec, le cas échéant, les numéros qui rappellent les références citées dans le texte de cette étude.

	Andréfouët S., Torres-Pulliza D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26p + 22 planches
8	Aqua Terra : 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 : 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
20	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. Purchase Order E13690. Document : AquaTerra_Rap_009-09_V02. 176p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. Purchase Order E13690. Document : AquaTerra_AtlasPho_009-09_V01. 104p
21	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Purchase Order E15217. Document : AquaTerra_Rap_018-09_V03. 182p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Purchase Order E15217. Document : AquaTerra_AtlasPho_018-09_V01. 96p
23	Aqua Terra : 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 : 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
22	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. Purchase Order E18597. Document : AquaTerra_Rap_048-09_V02. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. Purchase Order E18597. Document : AquaTerra_AtlasPho_048-09_V01. 98p
24	Aqua Terra : 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 : 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. 90p
2	Aqua Terra : 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. 100p
19	Arias-González J.E., Legendre P., Rodríguez-Zaragoza F. A., 2008. Scaling up beta diversity on Caribbean coral reefs <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 366, 28–36
	Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du <i>Bul. Soc. Géol. Fr.</i> , 7 <sup>e</sup> série, t.I, p 424-430
10	Bellwood D.R., Hughes T.P., 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. <i>Science</i> 292, 1532–1534
11	Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J., 2005. Environmental and geometric constraints on Indo-Pacific coral reef biodiversity. <i>Ecology Letters</i> 8, 643–651
	Bemvenuti C. E., Rosa-Filho J. S., Elliott M., 2002. Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). <i>Braz. J. Biol.</i> , 63(2): 183-194, 2003. 12p
	Cabioch G., 1988. Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. Publications de l'Université de Provence (ed.), Aix en Provence : 291 p. + 25 planches-photos
	Cabioch G., Payri C. & Pichon M., 2002. Mission Nouvelle-Calédonie. Octobre–novembre 2001. Forages îlot Bayes. Morphologie générale et Communautés algo-coralliennes. In : Cabioch G., Payri C., Pichon M., Corrège T., Butscher J., Dafond N., Escoubeyrou K, Ihilly C., Laboute P., Menou J.L. & Nowicki L., 2002. Forages sur l'îlot Bayes sur le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle-Calédonie) du 7 septembre au 27 octobre 2001. Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p. + annexes

	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
	Catala R., 1958. Effets de fluorescence provoquée sur des coraux par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad. Sci., Paris, 247: 1678-1679
	Catala R., 1959. Fluorescent effects from corals irradiated with ultra violet rays. Nature, 183 : 949
	Catala R., 1960. Nouveaux organismes marins présentant des effets de fluorescence par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad. Sci., Paris, 250 (6) : 1128
	Catala R., 1964. Carnaval sous la mer. 141p. 48fig. (ed.) Sicard, Paris
	Catala R., 1992. Offrandes de la mer. 336 p. Papeete.: Ed. du Pacifique
	CEDRE, 2006. Guide d'intervention chimique, Acide sulfurique. 64p
33	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Observations on the output of zoospores, their liberation, viability and germination in <i>Sargassum swartzii</i> (Turner) C. Ag.; Proceedings of the seminar on sea salt and plants, CSMCRI, Bhavnagar, pp. 197-201
34	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Ecology and seasonal succession of <i>Sargassum swartzii</i> (Turner) C. Ag. in Indian waters; Phytos 10 1-11
35	Chauhan V. D., 1972. Physiological ecology of the early stages of <i>Sargassum swartzii</i> (Turner) C. Ag.; Bot. Mar. 15 49-51
36	Chauhan V. D. & Mairh O. P., 1978. Report on the survey of marine algae resources of Saurashtra coast; Salt Res. India 14(2) 21-41
	Chevalier J.P., 1964. Compte-rendu des missions effectuées dans le Pacifique en 1960 et 1962 (Mission d'étude des récifs coralliens de Nouvelle Calédonie). Cah. Pac., 6 : 172-175
	Chevalier J.P., 1968. Géomorphologie de l'île Maré. Les récifs actuels de l'île Maré. Les Madréporaires fossiles de Maré. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 3 : 1-155
	Chevalier J.P., 1971. Les Scléactiniaires de la Mélanésie française (Nouvelle-Calédonie, "les Chesterfield, "les Loyauté, Nouvelles Hébrides). 1ère partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 5 : 307 p
	Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
	Chevalier J.P., 1975. Les Scléactiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p
	Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22
46	Chorus I. & Bartram J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water : A guide to their public health consequences, monitoring and management. Geneva :World Health Organization, 416
12	Condit R., Pitman N., Leigh Jr. E.G., Chave J., Terborgh J., Foster R.B., Núñez, 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
	Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
47	Dietrich D.R., 2001. Détecter les cyanotoxines des eaux. Biofutur, 209, 44-47
42	Dooley J. K., 1972. Fishes associated with the pelagic <i>Sargassum</i> complex, with a discussion of the <i>Sargassum</i> community; Contrib. Mar. Sci. 16 1-32
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
6	Fisk D. 2009 Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28
30	Fogg G.E., 1975. Algal cultures and Phytoplankton ecology. 2e éd., Univ. Wisconsin in Press.. Madison and Milwaukee, 3-175
9	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
	Gardiner J.S., 1899. On the solitary corals. in : WILLEY A. (ed.), Zoological results based on material from New Britain, New Guinea, Loyalty Islands and elsewhere collected during the 1895-1896 and 1897. Londres : Camb. Univ. Press. Part 2 : 161-170
31	Garrigue C., 1985. Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle Calédonie. Thèse, Université des Sciences et Techniques du languedoc, Montpellier, 270 pp
	Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesico, 21, 53-70
32	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
29	Goldman J.C. & Carpenter E.J., 1974. A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth. Limnol. Oceanogr. 19: 756-66
	Guerloget O. & Perthuisot J.P., 1983. Le domaine paralique. Expressions géologique, biologique et économiques du confinement. Presses de l'Ecole Normale Supérieure (16) Paris: 136p
	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
48	Harada K.-I., Tsuji K. & Wanatabe M.F., 1996. Stability of microcystins from cyanobacteria. III. Effect of pH and temperature. <i>Phycologia</i> , 35 (6 Supplement), 83-88
13	Harborne A.R., Mumby P.J., Zychaluk K., Hedley J.D., Blackwell P.G., 2006. Modeling the beta diversity of coral reefs. <i>Ecology</i> 87, 2871–2881
	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. <i>Revue d'Ecologie (Terre et Vie)</i> , vol. 40 : 80p
14	Hatcher B.G., 1997. Coral reef ecosystems: how much greater is the whole than the sum of the parts? <i>Coral Reefs</i> 16, S77–S91
	Hawkins Sigrid V., 2006. "Feeding Preference of the Cushion Star, <i>Culcita Novaeguineae</i> in Mo'orea" (December 1, 2006). <i>Water Resources Center Archives. Biology and Geomorphology of Tropical Islands (ESPM 107/IB 158)</i>
38	Kendrick G. A., 1994. Effects of settlement density and adult canopy on survival of recruits of <i>Sargassum</i> spp. (Sargassaceae phaeophyta); <i>Mar. Ecol. Progr. Ser.</i> 103 129–140
39	Kendrick G. A. & Walker D. I., 1994. Role of recruitment in structuring beds of <i>Sargassum</i> spp. (Phaeophyta) at Rottneet Island, western Australia. <i>J. Phycol.</i> 30:200–8
40	Kendrick G. A. and Walker D. I., 1995. Dispersal of propagules of <i>Sargassum</i> spp. (Sargassaceae phaeophyta) : observations of local patterns of dispersal and possible consequences for recruitment and population structure. <i>J. Exp. Mar. Biol. Ecol.</i> 192 273–288
41	Kirkman H. & Kendrick G. A., 1997. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beachcast macroalgae and seagrasses in Australia: A review; <i>J. Appl. Phycol.</i> 9 311–326
	Krishnamurthy V., 1967. Seaweed drift on the Indian coast. <i>Proceedings of the Symposium "Indian Ocean"</i> ; <i>Bull. Nat. Inst. Sci. India</i> 38 657–666
	Kruskal W., Wallis W.A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. <i>Journal of the American Statistical Association</i> 47 (260): 583–621
4	Kulbicki M., Guillemot N., Amand M., 2005 - A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. <i>Cybiurn</i> 2005, 29 (3): 235-252
	Laboute P., 1988. The presence of scleractinian corals and their means of adapting to a muddy environment: the "Gail Bank", p. 107-111, graph., phot. - <i>International Coral Reef Symposium, 1988/08/8-12, Townsville</i>
	Laboute P., Grandperrin R. 2000. <i>Poissons de Nouvelle-Calédonie, Nouméa : Catherine Ledru, 519 p</i>
	Lasne G., 2007. <i>Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p</i>
	Lasne G., Menou J.L., Geoffray C., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie baie de Ouémo. <i>Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26p</i>
	Lasne G., Payri C, Menou J.M., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie à Poindimié. <i>Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 23 p</i>
	Lasne G., Geoffray C., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à la Pt de Mouly, Ouvéa. <i>Rapports de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26 p</i>
	Lasne G., Menou J.M., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à Xépénéhé, Lifou. <i>Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 28 p</i>
	Lasne G., 2010. <i>Inventaire des coraux scléactiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p</i>
43	Lenanton R. C. J., Robertson A. I. and Hansen J. A., 1982. Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish; <i>Mar. Ecol. Progr. Series</i> 9 51–57
	Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. <i>Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de l'ORSTOM. 214p</i>
	Lloyd's register, 2009. Investigation into the Sulphuric Acid Leak to the Environment. Vale Inco Goro Site. Pour la Direction de l'Industrie des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie. Version 02, 37 p
5	Mundy C. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville 1985
	Norton A. C., Mathieson A. C. and Neushul M., 1982. A review of some aspects of form and function in seaweeds; <i>Bot. Mar.</i> 25 501–510
15	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.), <i>Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, pp. 216–257</i>
	Payri C.E., 1988. <i>Halimeda</i> contribution to organic and inorganic production in a Tahitian reef system. <i>Coral Reefs</i> , 6,251-262
	Payri C.E. & N'Yeurt A.D.R., 1997. A revised Checklist of Polynesian benthic Marine Algae, <i>Australian Systematic Botany</i> , 10: 867-910
26	Payri C., N'Yeurt A.R. & Orempüller J., 2001. <i>Algae of french Polynesia -Algues de Polynésie Française. Edition Au Vent des îles - tahiti, 320pp</i>
	Payri C. et Richer de Forges B., 2006. <i>Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD</i>
	Pearson E.S. et Hartley H.O., 1966. <i>Biometrika tables for statisticians (Vol I) University Press, Cambridge, 264p</i>
	Pichon M., 2006. <i>Biodiversité des coraux scléactiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport sur la mission effectuée à Nouméa</i>



	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
	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 scléactiniens de Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission confidentiel du Diahot du 17 novembre au 12 décembre 2006 (EPHE), 26p
37	Raju P. V. & Venugopal R., 1971. Appearance and growth of <i>Sargassum plagiophyllum</i> (Mart) C. Ag. on a fresh substratum; Bot. Mar. 14(1) 36-38
	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. 506 p
3	Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p
28	Reynolds & Casterlin, 1977. Effect of temperature on the growth rate of <i>Griffithsia tenuis</i> C. Agardh (rhodophyta: ceramiales). Hydrobiologia vol. 56, 3, pag. 225-227
	Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
7	Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474.
	Salvat Bernard, 1996. Suivi scientifique du phénomène de blanchissement des coraux en Polynésie française, Follow up of coral bleaching in French Polynesia. 97 p. (bibl.: dissem.), ENV-SRAE - 92006
25	Sato M., 1984. Mortality and growth of juvenile coral <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus) Univ. Ryukyus, dep. marine sci., Okinawa 903 01, JAPON
44	Silva P. C., 2002. Overview of the Genus <i>Caulerpa</i> , University Herbarium. International <i>Caulerpa taxifolia</i> conference
	Spalding M.D., Ravilious C. & Green E.P., 2001. World atlas of coral reefs. University of California Press, 424 p
	Veron J.E.N., Pichon M., 1980. Scleractinia of Eastern Australia. Part 3. Families Agaricidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merulinidae, Mussidae, Pectinidae, Caryophyllidae, Dendrophylliidae. Mem. Austral. Inst. Marine Sci. 4. 422 pp
	Veron J.E.N., Wallace C.C., 1984. Scleractinia of eastern Australia. IV Family Acroporidae. Aust. Inst. Mar. Sci. Monogr. Ser. 6. 485p
	Veron J.E.N., 1986. Coral of Australia and the Indo-Pacific. Angus and Robertson Publishers. 644 p
	Veron J.E.N., 1995; Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p
49	Vezie C., Bertru G., Briant L. & Lefeuvre J.C., 1997. Blooms de Cyanobactéries hépatotoxiques dans l'ouest de la France. TSM, 10, 39-46
	Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus <i>Acropora</i> . (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
	Wells J.W., 1959. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 1 and 2. Pac. Sci., 13 (3) : 286-290
	Wells J.W., 1961. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals, Part 3. A new reef coral from New Caledonia. Pac. Sci., 15 : 189-191
	Wells J.W., 1964. The recent solitary Mussid Scleractinian corals. Zool. Meded., Leiden, 39 : 375-384
	Wells J.W., 1968. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Parts 5 and 6. Pac. Sci., 22 (2) : 274-276
	Wells J.W., 1971. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 7. Pac. Sci., 25 (3) : 368-371
	Wells J.W., 1984. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 10. Pac. Sci., 38 (3) : 205-219
17	Whittaker R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs 30, 279-338
16	Whittaker, R. H. (1972) Evolution and measurement of species diversity Taxon 21 : 213-51
18	Whittaker R.H., 1977. Species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10, 1-67
	Wijmsman-Best M., 1972. Systematics and ecology of New Caledonia Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). Bijdr. Dierk., 42 (1) : 1-90
	Wijmsman-Best M., 1973. A new species of the Pacific coral genus <i>Blastomussa</i> from New Caledonia. Pac. Sci., 27 (2) : 154-155
	Wijmsman-Best M., 1974. Habitat-induced modification of reef corals (Faviidae) and its consequences for taxonomy. In: Proceedings of the Second international coral reef symposium (Cameron-A-M editor), Volume 2; coral settlement and growth : 217-228
	<a href="http://coordination-maree-noire.eu/spip.php?article9029">http://coordination-maree-noire.eu/spip.php?article9029</a>
	<a href="http://www.bonnagreement.org/fr/html/recent-incidents/accidents_chimiques.htm">http://www.bonnagreement.org/fr/html/recent-incidents/accidents_chimiques.htm</a>
	<a href="http://www.cnrs.fr">www.cnrs.fr</a>
	<a href="http://www.com.univ-mrs.fr/IRD">www.com.univ-mrs.fr/IRD</a>
	<a href="http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/recifs.htm">http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/recifs.htm</a>
27	<a href="http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/algues.htm">http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/algues.htm</a>
	<a href="http://www.coraux.univ-reunion.fr">www.coraux.univ-reunion.fr</a>
	<a href="http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/CRISP_Synthese_bibliographique_coraux.pdf">www.crisponline.net/Portals/1/PDF/CRISP_Synthese_bibliographique_coraux.pdf</a>
	<a href="http://www.ird.fr">www.ird.fr</a>
	<a href="http://www.sealifebase.org/">www.sealifebase.org/</a>
45	<a href="http://www.sgnis.org/">http://www.sgnis.org/</a>
	<a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a>



## A n n e x e s

<b>Annexe n°1</b>	:	Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés benthiques	p 232
<b>Annexe n°2</b>	:	Conditions d'échantillonnage des différentes missions	p 235
<b>Annexe n°3</b>	:	Caratéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage mars-avril 2010	p 236
<b>Annexe n°4</b>	:	Résultats bruts de l'échantillonnage LIT mars-avril 2010	p 237
<b>Annexe n°5</b>	:	Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos mars-avril 2010	p 238
<b>Annexe n°6</b>	:	Résultats bruts de l'échantillonnage ichtyologique mars-avril 2010	p 254

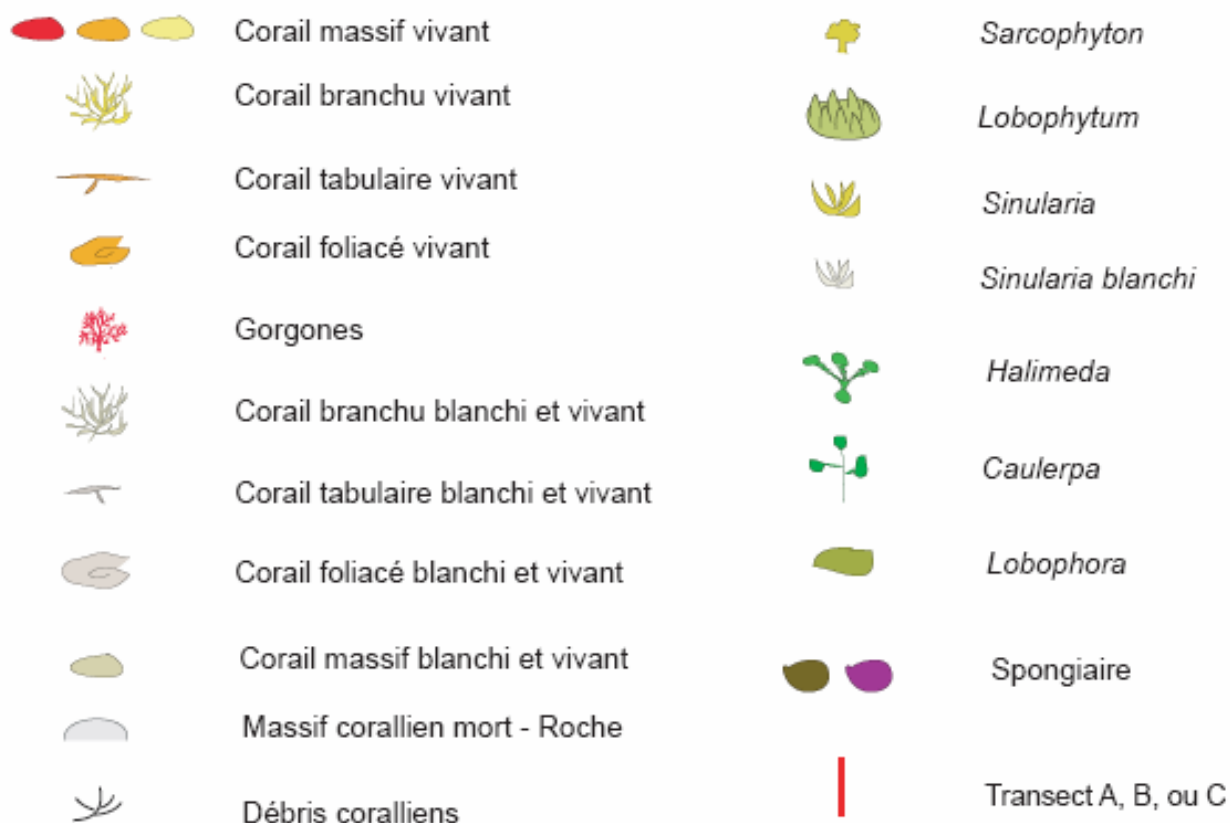


Figure n°091 : Signification de symboles utilisés dans les schémas structuraux

## 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 pour le « Line Intercept Transect » (« life forms ») et présentées dans le [tableau 156](#) ci-dessous.

Tableau n°0156 : Annexe 01 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
<b>Biotique</b>	Coraux sclérentinières	<i>Acropora</i> Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		<i>Acropora</i> Encroûtant	ACE	
		<i>Acropora</i> Submassif	ACS	
		<i>Acropora</i> Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		<i>Acropora</i> Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non- <i>Acropora</i> Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches <i>NB : les non acropora digité ont été placés ici</i>
		Non- <i>Acropora</i> Encroûtant	CE	
		Non- <i>Acropora</i> Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non- <i>Acropora</i> Massif	CM	
		Non- <i>Acropora</i> Submassif	CS	
	<i>Fungia</i>	CMR	Corail solitaire	
	Autres coraux	<i>Millepora</i>	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Éponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
Calcaire		CA		
Halimeda		HA		
Macroalgue		MA		
Filamenteuse		F	<i>NB : les cyanobactéries ont été placées ici</i>	
Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues	
<b>Abiotique</b>	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 157](#) ci-dessous, car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Tableau n°0157 : Annexe 01 : Liste des poissons indicateurs

FAMILLE	GENRE	ESPECE	GENRE	ESPECE
Requins		spp		
Raies		spp		
Scorpaenidae	Rascasses "poules"	spp		
Serranidae	<i>Anthias</i> et <i>Pseudanthias</i>	spp	Autres loches	spp
	<i>Cromileptes</i>	<i>altivelis</i>	<i>Plectropomus</i>	spp
	<i>Epinephelus</i>	<i>cyanopodus</i>		
Pseudochromidae	<i>Pictichromis</i>	<i>coralensis</i>		
Carangidae		spp		
Lutjanidae	<i>Aphareus</i>	<i>furca</i>	<i>Lutjanus</i>	<i>sebae</i>
	<i>Aprion</i>	<i>virescens</i>	<i>Lutjanus</i>	spp
	<i>Lutjanus</i>	<i>adettii</i>	<i>Symphorus</i>	<i>nematophorus</i>
Caesionidae		spp		
Haemulidae	<i>Diagramma</i>	<i>pictum</i>	<i>Plectorhinchus</i>	spp
Lethrinidae	<i>Lethrinus</i>	<i>nebulosus</i>	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	<i>Scolopsis</i>	<i>bilineatus</i>		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	<i>Platax</i>	spp		
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>semeion</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>flavirostris</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>unimaculatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>vagabundus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lineolatus</i>	<i>Coradion</i>	<i>altivelis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunula</i>	<i>Forcipiger</i>	<i>flavissimus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>melannotus</i>	<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>	<i>Hemitaenichthys</i>	<i>polylepis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>	<i>Heniochus</i>	<i>chrysostomus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>rafflesi</i>	<i>Heniochus</i>	<i>singularis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>reticulatus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>flavissima</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>

	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>sextriatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>tibicen</i>	<i>Pygoplites</i>	<i>diacanthus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>vroliki</i>		
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	spp	<i>Dascyllus</i>	<i>reticulatus</i>
	<i>Amphiprion</i>	<i>perideraion</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Amphiprion</i>	spp	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>violascens</i>
	<i>Chromis</i>	<i>fumea</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Stegastes</i>	spp
Labridae	<i>Bodianus</i>	<i>loxozoneus</i>	<i>Halichoeres</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Bodianus</i>	<i>perditio</i>	<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourous</i>	<i>Labroides</i>	<i>dimidiatus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>trilobatus</i>	<i>Novaculichthys</i>	<i>taeniourus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	<i>Stethojulis</i>	<i>bandanensis</i>
	<i>Choerodon</i>	<i>graphicus</i>	<i>Stethojulis</i>	<i>strigiventer</i>
	<i>Coris</i>	<i>aygula</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>amblycephalum</i>
	<i>Coris</i>	<i>gaimard</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>hardwicke</i>
	<i>Gomphosus</i>	<i>varius</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>lunare</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>hortulanus</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>lutescens</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>margaritaceus</i>		
Scaridae	<i>Bolbometopon</i>	<i>muricatum</i>	<i>Chlorurus</i>	<i>microrhinos</i>
	<i>Scarus</i>	<i>ghobban</i>	Scaridae	spp
Blennidae	<i>Ecsenius</i>	<i>bicolor</i>	<i>Meicanthus</i>	<i>atrodorsalis</i>
Gobbiidae	<i>Amblygobius</i>	<i>phalaena</i>		
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris</i>	<i>evides</i>	<i>Ptereleotris</i>	<i>microlepis</i>
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>dussumieri</i>	<i>Ctenochaetus</i>	spp
	<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>
	<i>Acanthurus</i>	<i>triestegus</i>	<i>Naso</i>	spp
	<i>Acanthurus</i>	spp	<i>Zebrasoma</i>	spp
Siganidae	<i>Siganus</i>	<i>argenteus</i>	<i>Siganus</i>	spp
Zanclidae	<i>Zanclus</i>	<i>cornutus</i>		
Scombridae	<i>Scomberomorus</i>	<i>commerson</i>		
Balistidae	<i>Balistoides</i>	<i>conspicillum</i>	<i>Rhinecanthus</i>	<i>aculeatus</i>
	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>	<i>Rhinecanthus</i>	<i>rectangulus</i>
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	spp		

**Annexe n° 02**Conditions d'échantillonnage des différentes missionsTableau n°0158 : Annexe 02 : Différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes d'échantillonnages

	2005	2007	2008	2009	2010	2010
Période	<i>Non communiqué</i>	Fin août, début septembre	Fin octobre	Début juin	Fin mars – Début avril	Fin septembre
Météorologie	<i>Non communiqué</i>	Mauvaise / eau turbide	Clémentine / eau claire	Clémentine / eau claire	Nuageux / eau moyennement claire	Clémentine / eau assez claire
Nb stations	9	11 (dont 4 même qu'en 2005)	11 (même qu'en 2007)	11 (même qu'en 2008) + 1 nouvelle (Ugo)	12 (même qu'en 2009)	
Nb transects	2	3 sauf exceptions				
Longueur transect (m)	50	20				
Technique de plongée	Nitrox / Air comprimé Recycleur	Air comprimé				
Méthode ichtyologie	Transect à Largeur Fixe	TLVariable				
Intervenants	Melanopus (Laboute & al) / A2EP (Vaillet -LIT Benthos-, Chauvet -Poissons-)	A2EP (Gerbault -LIT-, Lasne -Benthos- Chauvet -Poissons-)	AQUA TERRA (Vaillet -LIT-, Lasne -Benthos-, Chauvet -Poissons-)			

## Annexe n° 03

## Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage septembre 2010

Tableau n°0159 : Annexe 02 : 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)
29/09/2010	12h/14h	Début jusant	Casy	OK	Couvert 25%	SE 12 nds	Clapot SE 0,1 m	Nul	14 m	24,8°C à 7,6m
28/09/2010	13h/15h	Jusant	Creek baie nord	OK	Couvert 60%	SE 5 nds	Clapot S 10-20 cm	Faible	7 à 10 m	25,8°C à 7,7 m
28/09/2010	10h/12h	Début jusant	Port	OK	Moutonneux 80%	SE 5 nds	Calme	Faible	8 à 10 m	24,8°C à 8,5 m
29/09/2010	9h/11h	Fin flot	Woodin	OK	Couvert 25%	SE 12 nds	Clapot SE 0,1 m	Faible	10 à 12 m	25,2°C à 11,5 m
17/09/2010	9h/11h	Flot	Ioro	OK	Couvert 20%	SO 5 nds	Calme	Faible	12 à 15 m	24,3°C à 9,5 m
16/09/2010	12/14h	Fin flot	Ionontea	OK	Voilé + couvert 90%	SO 12 nds	Clapot SO 0,5 m	Nul	15 à 18 m	24,2°C à 13,5 m
15/09/2010	11h/13h	Fin flot	B.Chambeyron	OK	Couvert 50%	SE 12 nds	Clapot SE 0,5 m	Nul	18 à 20 m	23,5°C à 14,1 m
17/09/2010	12h/14h	Flot	Puka	OK	Couvert 20%	SO 5 nds	Calme	Nul	12 à 15 m	26,4°C à 9,3 m
15/09/2010	13h/15h	Début jusant	Banc Kié	Changé TC0 (2 petits piquets pour TA0)	Couvert 50%	SE 15 nds	Clapot 0,6 m SE	Nul à faible (sur fin, sens contraire)	18 à 20 m	24,8°C à 13,9 m
14/09/2010	11h/13h	Début jusant	Ilot Kié	OK	Couvert 10%	SE 10 nds	Clapot 0,2 m SE	Faible	10-12 à 20 m	23,4°C à 14,2 m
14/09/2010	14h/16h	Jusant	Toémo	OK	Couvert 10%	SE 10 nds	Clapot 0,2 m SE	Moyen à fort (même sens en TC, contraire en TB, double en TA)	12 à 18 m	23,7°C à 10,4 m
16/09/2010	9H/11H	Mi flot	Ugo	OK	Voilé 50%	Nul	Nul	Nul	12 à 18 m	23,8°C à 7,5m

\* cela comprend le temps sur site, sans les trajets

\*\* par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Tableau n°0160 : Annexe 02 : Corrections des marées

	Heure		Hauteur (m)		Niveau moyen (m)
	PM / BM		PM	BM	
Baie de Prony	- 40 mn		- 0,4	- 0,1	0,7
Port Boisé	- 55 mn		- 0,4	- 0,1	0,68
Nouméa = Port de référence					0,95

Tableau n°0161 : Annexe 02 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)

Date	Heure	Hauteur	Date	Heure	Hauteur	Date	Heure	Hauteur
14/09/2010	5h30	0,3	16/09/2010	0h37	1,15	28/09/2010	4h22	0,3
	12h12	1,35		7h17	0,5		10h47	1,4
	18h14	0,7		14h45	1,2		16h44	0,6
	23h47	1,25		20h54	0,8		22h33	1,3
15/09/2010	6h16	0,4		17/09/2010	1h57		1,05	29/09/2010
	13h19	1,25	8h45		0,55	11h29	1,35	
	19h23	0,8	16h06		1,25	17h27	0,65	
			22h18		0,8	23h09	1,25	

**Annexe n° 04**

**Résultats bruts de l'échantillonnage LIT septembre 2010**

Tableau n°0162 : Annexe 04 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories

Substrat / Transect	CASY		CREEK BAIE NORD		PORT			CANAL WOODING			IORO			IONANTEA			CHAMBEYRON			PUKA		BANCS KIE			ILOT KIE			TOEMO			UGO	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Code	Catégories																															
ACB	<i>Acropora</i> branchu																															
ACE	<i>Acropora</i> encroûtant																															
ACS	<i>Acropora</i> submassif																															
ACD	<i>Acropora</i> digité																															
ACT	<i>Acropora</i> tabulaire																															
CB	Corail branchu																															
CE	Corail encroûtant																															
CF	Corail foliaire																															
CM	Corail massif																															
CS	Corail submassif																															
CMR	<i>Fungia</i>																															
CME	<i>Millepora</i>																															
SC	Coraux mous																															
SP	Éponges																															
ZO	Zoanthaires																															
OT	Autres organismes																															
AA	Assemblages algales																															
CA	Algue calcaire																															
HA	<i>Halimeda</i>																															
MA	Macroalgue																															
F	Algue filamenteuse																															
DCA	Corail mort avec algues																															
DC	Corail mort																															
S	Sable																															
R	Débris																															
RC	Dalle - Roche																															
SI	Vase																															
W	Eau																															
	<b>Abiotique</b>																															
	<b>Biotique</b>																															
	Dont coraux scléractiniaires																															

Tableau n°0163 : Annexe 04 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique

	ST0 1A	ST0 1B	ST0 2A	ST0 2B	ST0 3A	ST0 3B	ST03 C	ST0 4A	ST0 4B	ST0 4C	ST0 5A	ST0 5B	ST0 5C	ST0 6A	ST0 6B	ST0 6C	ST0 7A	ST0 7B	ST0 7C	ST0 8A	ST0 8B	ST0 9A	ST0 9B	ST0 9C	ST1 0A	ST1 0B	ST1 0C	ST1 1A	ST1 1B	ST1 1C	ST1 2A	ST1 2B
Macrophytes et invertébrés	13,5	12	24	18	6,5	10,5	3	29,5	45,5	9,5	9,5	18	7,5	79	74	40	93,5	73,5	50	72,5	17	94,5	86,5	91,5	56	61	7	64,5	75	91,5	61,5	58,5
Coraux scléractinaires	9	0,5	28,5	12,5	5	16	10	17,5	15,5	5,5	21	20	0	20	17	9,5	5	9,5	4	22,5	4	5,5	8,5	3,5	36,5	33	6	33,5	20,5	3,5	22	24
Abiotique	77,5	87,5	47,5	76,5	88,5	73,5	87	53	39	85	69,5	62	92,5	1	9	50,5	1,5	17	46	5	79	0	5	5	7,5	6	87	2	4,5	5	16,5	17,5



**Annexe n° 05**

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de septembre 2010

Tableau n°0164 : Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Famille	Genre	Espece	ST01 - Ilot Casy		ST02 - Creek B. Nord		ST03 - Port			ST04 - Canal Woodin		
				A	B	A	B	A	B	C	A	B	C
Scléactiniaire	Acroporidae	Acropora	florida										
Scléactiniaire	Acroporidae	Acropora	grandis			3	3	2					
Scléactiniaire	Acroporidae	Acropora	spp. (branchu)	2(2spp.)	2(2spp.)	5(7spp)	5(6spp)	3(3spp)	5(4spp)	4(3spp)	5(2spp)	2	
Scléactiniaire	Acroporidae	Acropora	spp. (tabulaire)	2(2spp.)	2(2spp.)	2	2				2	2(B1)	1
Scléactiniaire	Acroporidae	Anacropora	puertogalerae			4							
Scléactiniaire	Acroporidae	Anacropora	sp.				4	2 (2spp)		2			
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	explanata			1				2			
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	gracilis	1			2	1	2				
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	listeri			2		2					1
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	moretonensis			2							
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	myriophthalma	1		2	2		2				1
Scléactiniaire	Acroporidae	Astreopora	sp.	2			1	1				2	
Scléactiniaire	Acroporidae	Isopora	palifera	2								1	
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	cf. samarensis										
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	danae										
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	spp.	3	2	3 (3spp)	1	3(2spp)	2(3spp)	3(3spp)	2	3(B1)	
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	spumosa				1						
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	stellata					1					
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	tubulifera			1			1		2	2	
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	undata	2		1			1		1		
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	venosa										
Scléactiniaire	Acroporidae	Montipora	verrucosa	2		1					1		
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	explanata										
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	foliosa			1			2	1			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	gardineri						2	2			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	hawaiiensis										
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	mycetoseroides			1					2		
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	scabra				1		1	2			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	tubulifera						2	2			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Leptoseris	yabei			2							
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pachyseris	rugosa		1				1	2			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pachyseris	speciosa	2	2	2	2		1	1	2	2	2
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	cactus				2	2	2				
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	decussata			1		2					
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	explanulata			1	1					2	
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	maldiviensis								1		
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	varians			1			2	1			
Scléactiniaire	Agaraciidae	Pavona	venosa			2	2						
Scléactiniaire	Astrocoeniidae	Stylocoeniella	armata	2	2	3	2	2	2	2		1	
Scléactiniaire	Astrocoeniidae	Stylocoeniella	guentheri				2		1	3			
Scléactiniaire	Caryophyllidae	Euphyllia	ancora					1					
Scléactiniaire	Caryophyllidae	Euphyllia	divisa										
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Tubastraea	micrantha								2	5	5(B2)
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Tubastraea	sp.								4	3	2
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	frondens			1							
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	heronensis			1							
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	mesenterina	2	1	2	3				1	1	1
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	patula										
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	peltata			2							
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	reniformis	2		1	2				2	2	2
Scléactiniaire	Dendrophylliidae	Turbinaria	stellulata	2	1	1	1						
Scléactiniaire	Faviidae	Barrabattoia	amicorum	3	3		3	2(B1)			1		
Scléactiniaire	Faviidae	Caulastrea	curvata		1								
Scléactiniaire	Faviidae	Caulastrea	furcata						1	2			
Scléactiniaire	Faviidae	Cyphastrea	chalcidicum										1
Scléactiniaire	Faviidae	Cyphastrea	japonica		2		2	2	3	3	2	2	
Scléactiniaire	Faviidae	Cyphastrea	serailia	2	2	2	2			2	2	2	1
Scléactiniaire	Faviidae	Cyphastrea	sp.										2
Scléactiniaire	Faviidae	Echinopora	gemmacea			1		1	1	2	1		
Scléactiniaire	Faviidae	Echinopora	lamellosa			1	2						
Scléactiniaire	Faviidae	Echinopora	sp.				1		2	2			
Scléactiniaire	Faviidae	Favia	maritima	1									
Scléactiniaire	Faviidae	Favia	speciosa	2									
Scléactiniaire	Faviidae	Favia	spp.	2	2	2	2	2	2	3	2(4spp)	2(2spp)	2
Scléactiniaire	Faviidae	Favia	stelligera	1									
Scléactiniaire	Faviidae	Favites	abdita	2		2						1	
Scléactiniaire	Faviidae	Favites	halicora	2			1	1				1	
Scléactiniaire	Faviidae	Favites	spp.	2	2	3 (3spp)	2	2	2	3	2(3spp)	2	2
Scléactiniaire	Faviidae	Goniastrea	australiensis	2	2	2		1					
Scléactiniaire	Faviidae	Goniastrea	pectinata				1						
Scléactiniaire	Faviidae	Goniastrea	reniformis				2					1	
Scléactiniaire	Faviidae	Leptastrea	inaequalis										
Scléactiniaire	Faviidae	Leptastrea	purpurea	1	1	2		2				1	
Scléactiniaire	Faviidae	Leptastrea	transversa	1	1							1	
Scléactiniaire	Faviidae	Leptoria	phrygia										
Scléactiniaire	Faviidae	Montastrea	curta	1	2								
Scléactiniaire	Faviidae	Montastrea	sp.	1		1	2	2	2				
Scléactiniaire	Faviidae	Oulophyllia	crispa		1								
Scléactiniaire	Faviidae	Platygyra	pini	1			1						
Scléactiniaire	Faviidae	Platygyra	daedalea								1		
Scléactiniaire	Faviidae	Platygyra	sinensis	1	1								
Scléactiniaire	Faviidae	Platygyra	sp.										
Scléactiniaire	Fungiidae	Cantharellus	jebbi		2								
Scléactiniaire	Fungiidae	Cantharellus	noumeae								2		
Scléactiniaire	Fungiidae	Ctenactis	sp.										
Scléactiniaire	Fungiidae	Cycloseris	sp.	2	2	2	2	2	2	2			
Scléactiniaire	Fungiidae	Fungia	horrida										
Scléactiniaire	Fungiidae	Fungia	simplex						2		2		
Scléactiniaire	Fungiidae	Fungia	sp.	2	2	3 (4spp)	2	2	3	3	2	2	
Scléactiniaire	Fungiidae	Halomitra	pileus										
Scléactiniaire	Fungiidae	Lithophyllon	edwardsi		2	2	2	2	2	2			
Scléactiniaire	Fungiidae	Polyphyllia	novaehiberniae	2									
Scléactiniaire	Fungiidae	Polyphyllia	talpina	2		2					2	2	1
Scléactiniaire	Fungiidae	Sandalolitha	dentata			1							
Scléactiniaire	Fungiidae	Sandalolitha	robusta			2						1	
Scléactiniaire	Merulinidae	Hydnophora	exesa			3	1		1	2			

Scléactiniaire	Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>pilosa</i>			1	2						
Scléactiniaire	Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>rigida</i>			2	2						
Scléactiniaire	Merulinidae	<i>Merulina</i>	<i>ampliata</i>	1	1	3	3	2	2	3	2	3	
Scléactiniaire	Merulinidae	<i>Merulina</i>	<i>scabricula</i>	1		1	2					1	
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Acanthastrea</i>	<i>echinata</i>	2	1						1		
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Blastomussa</i>	<i>merleti</i>			1	1						
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>corymbosa</i>	4	2	2	2			1	2		
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>hemprichii</i>			2	2	1				2	
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>pachysepta</i>	2	2								
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	sp.					1	1			2	
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Scolymia</i>	<i>australis</i>			2	2	1	1	1		2	
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Scolymia</i>	<i>vitiensis</i>	2		2	2	1		2		2	
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Symphyllia</i>	sp.					1					
Scléactiniaire	Mussidae	<i>Symphyllia</i>	<i>valenciennesii</i>					1		1			
Scléactiniaire	Oculinidae	<i>Acrhelia</i>	<i>horrescens</i>										
Scléactiniaire	Oculinidae	<i>Galaxea</i>	<i>astreata</i>	2	2	3	3	3(B1)	1	3	2	2	
Scléactiniaire	Oculinidae	<i>Galaxea</i>	<i>fascicularis</i>	2	2	2	2	2		3	2	2	
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>horrida</i>										
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>orpheensis</i>				1			1			
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	sp.				2	2		2			
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Mycedium</i>	<i>elephantotus</i>			2	2			2		1	
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	<i>glabra</i>		1	1	2						1
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	<i>lacera</i>				2						
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	sp.	1						2	2		
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Pectinia</i>	<i>lactuca</i>										
Scléactiniaire	Pectiniidae	<i>Pectinia</i>	<i>paeonia</i>					1					
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Palauastrea</i>	<i>ramosa</i>					3	2	3			
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>damicornis</i>	3	2		2	2	3		3	3	
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>verrucosa</i>										
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Seriopora</i>	<i>calendrium</i>	1	2	1							
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Seriopora</i>	<i>histris</i>	2	2	2	2	1			5++(B1)	3	
Scléactiniaire	Pocilloporidae	<i>Stylophora</i>	<i>pistilata</i>				2				3	2	
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Alveopora</i>	<i>catalai</i>			2	2	1	4	3			
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Alveopora</i>	sp.	2		2	2	3	5	3			
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Alveopora</i>	<i>spongiosa</i>			1							
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Goniopora</i>	sp.	1	2	1		2		3			
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Porites</i>	<i>cylindrica</i>			2	2	2	2				
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Porites</i>	<i>nigrescens</i>						3				
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Porites</i>	sp.			2		2(B1)	2	3	2	2	
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Porites</i>	<i>lichen</i>		1								
Scléactiniaire	Poritidae	<i>Porites</i>	<i>lobata</i>	1	2	3	2	2	2	1			
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Coscinaraea</i>	<i>columna</i>				1				2		
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Coscinaraea</i>	<i>exesa</i>								1		
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Coscinaraea</i>	<i>marshae</i>										
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	<i>contigua</i>			2	1						
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	<i>digitata</i>			-1	1						
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	<i>haimeana</i>	1	1							1	
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	<i>profundacella</i>							1	1		
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	sp.								1		
Scléactiniaire	Siderastreidae	<i>Psammocora</i>	<i>superficialis</i>			2	2		1			1	
Milleporina	Milleporidae	<i>Millepora</i>	encroutant			3	2				3	3	2
Milleporina	Milleporidae	<i>Millepora</i>	sub massif								3	3	
Milleporina	Milleporidae	<i>Millepora</i>	branchu	1		5 (2spp)	2(2spp)				5++	5	2
Gorgone	Plexauridae	<i>Astrogorgia</i>	<i>mangolia</i>									1	1
Gorgone	Melithaeidae	<i>Melithaea</i>	<i>ochracea</i>									1	
Stolonifera	Tubiporidae	<i>Tubipora</i>	<i>musica</i>	3	2			2					
Antipathaire	Antipathidae	<i>Antipathus</i>	sp.		1	1						1	1
Antipathaire	Antipathidae	<i>Cirripathes</i>	sp.									1	

Tableau n°0165 : Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Famille	Genre	Espèce	ST01 - Ilot Casy		ST02 - Creek B. Nord		ST03 - Port			ST04 - Canal Woodin		
				A	B	A	B	A	B	C	A	B	C
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Cladiella</i>	sp.			2							
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>klyxum</i>	sp.		2						2	2	
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Lobophytum</i>	sp.	3	2	1	2				2	2	2
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Sarcophyton</i>	sp.	5(4spp.)	4	5++(3spp)	5++(2spp)	2	3	3	2	2	
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Sinularia</i>	<i>flexibilis</i>	3	3		3						
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Sinularia</i>	sp.	4(3spp.)	3	3(2pp)	3(2pp)	3(3spp.)	2(2spp.)	3(3spp.)	2		2
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Sinularia</i>	<i>cf. leptoclados</i>			3	3						
Alcyonaire	Alcyoniidae	<i>Rhytisma</i>	sp.				2						
Alcyonaire	Nephtheidae	<i>Dendronephthya</i>	sp.		-2					2	2	2	2
Alcyonaire	Nephtheidae	<i>Nephthea</i>	sp.			-1	2				2	2	
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	2	2			2	2	2			
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Distromium</i>	sp.	2	2								
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	5	5	5	5	3	5	5			
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	2	2			2					
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Spatoglossum</i>	sp.										
Algue brune	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.		4 (2spp.)								
Algue brune	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	2									
Algue rouge	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.			3	3	3	4	2	2	2	1
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.										
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	<i>marginata</i>										
Algue rouge	indeterminée												
Algue rouge	Liagoraceae	<i>Triclogloea</i>	<i>requienii</i>	2	2								
Algue verte	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp2										
Algue verte	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>mamillosum</i>										
Algue verte	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>van bosseae</i>										
Algue verte	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	2	2	2(3spp)	3(3spp)	3(4spp)	2(2spp)	2(2spp)	2(3spp)	2(2spp)	
Algue verte	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluyssii</i>										
Algue verte	Udodeaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>									-2	
Cyanobacterie		<i>Phormidium</i>	sp.	1	1			4	2	1			
Anemone	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	sp.							2			
Ascidies	indeterminée												
Ascidies	Polycitoridae	<i>Clavelina</i>	<i>detorta</i>				2						
Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>clavata</i>										
Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>cryptocarpa</i>	2	2			2					
Bryzoaire	Alcyoniidae	<i>Alcyonidium</i>	sp.								2	5	5
Asterie	Ophiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>		-1					2			1
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	1									
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	sp.										
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	sp.										
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	2	1			1		1		1	1
Asterie	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeguineae</i>					1					
Crinoïde	Colobometridae	<i>Cenometra</i>	sp.								2		
Crinoïde	indeterminé			2	2						3	4	5
Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	2				2	2	2	2	2	
Holothurie	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>					-1					
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>										
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>coluber</i>										
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	2	2		-2	2			2		2
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flvomaculata</i>			2	2	2	2	2			
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	2	2								
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>nobilis</i>		1								
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>hilla</i>										
Holothurie	Stichoporidae	<i>Stichopus</i>	<i>variegatus</i>				-2						
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>scabra</i>										
Nudibranche	Phyllidiidae	<i>Phyllidia</i>	sp.									1	
Nudibranche	Chromodorididae	<i>cf. Chromodoris</i>	<i>leopardus</i>									1	
Synapse	Synaptidae	<i>Euapta</i>	<i>godeffroyi</i>					2					
Hydraire	indeterminé			2	3	3	3				2	3	3
Mollusque	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>			3	2	2					
Mollusque	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>		2	2	2			2			
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	<i>hyotis</i>										2
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	sp.										2
Mollusque	Pinnidae	<i>Athrina</i>	sp.	1						1		1	
Mollusque	Pteridae	<i>Pteria</i>	sp.								2	2	
Mollusque	Spondyliidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloidum</i>	1	1	-1						1	
Mollusque	Spondyliidae	<i>Spondylus</i>	sp.			1							
Mollusque	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>latissimus</i>										
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>										
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>				1						
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>					1			1		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	1				2			1	1	
Mollusque	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>										
Spongiaire	Anchinidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>							2	2	4	3
Spongiaire	Ancorinidae	<i>Stellata</i>	sp.										2
Spongiaire	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>									3	4
Spongiaire	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>									2	2
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullienei</i>	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2
Spongiaire	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	sp.	-1									2
Spongiaire	jaune	indeterminé											
Spongiaire	marron	indeterminé											
Spongiaire	noire	indeterminé									2	4	3
Spongiaire	Spirastrellidae	<i>Spherospongia</i>	<i>vagabunda</i>	3	2	2	2	2					2
Spongiaire	Thorectidae	<i>Petrospongia</i>	<i>nigra</i>										
Zoanthaire	Zoanthidae	<i>Palythoa</i>	sp.									2	2
Zoanthaire	Zoanthidae	indeterminé				2	2						2
Crustacé	Scyllaridae (Cigale)	<i>Arcitides</i>	sp.										
Crustacé	Palinuridae(Langouste)	<i>Panulirus</i>	<i>ornatus</i>										

Tableau n°0166 : Annexe 05 : Inventaire septembre 2010 des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Famille	Genre	Espece	ST05 - Ioro			ST06 - Banc Ionotea			ST07 - Chambeyron			ST08-Récif Puka		ST09 - Banc de Kié			ST10- Ilot Kié			ST11-Récif Toémo			ST12- Ilot Ugo	
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Acroporidae	Acropora	cytherea															2							
Acroporidae	Acropora	florida				2			2			2					2	2		2	2			
Acroporidae	Acropora	formosa							3			2								2			2	
Acroporidae	Acropora	gemmifera							1															
Acroporidae	Acropora	humilis							2															
Acroporidae	Acropora	hyacinthus															2	2	2					
Acroporidae	Acropora	millepora							2				2							1				
Acroporidae	Acropora	monticulosa							2				2				3	2		2				
Acroporidae	Acropora	robusta															3							
Acroporidae	Acropora	spp. (branchu)	3 (3spp)	2 (4spp)	2 (2spp)	3 (6spp) (B1)	2 (2spp) (B1)	2 (2spp)	5 (3spp)	3 (2spp) (B1)	2 (2spp)	4 (5spp)	2 (2spp)	2 (4spp)	2 (4spp)	2 (3spp)	5 (11spp) (B1)	4 (4spp)	2 (3spp)	3 (5spp.)	4 (3spp)	3 (3spp)	5 (6spp)	5 (5spp)
Acroporidae	Acropora	spp. (tabulaire)				4 (3spp) (B1)	3 (2spp)	2 (2spp)	2 (4spp)	3 (2spp) (B1)	2 (B1)	3 (4spp)	3 (2spp)	3 (3spp) (B1)	2 (2spp)	2	4 (5spp) (B2)	4 (4spp)	2 (2spp)	4 (4spp)	4 (4spp)	3 (3spp)	3 (4spp)	3 (3spp)
Acroporidae	Astreopora	gracilis		1		2			2		1		1	2						1	2			2
Acroporidae	Astreopora	listeri											1											
Acroporidae	Astreopora	moretonensis											1											
Acroporidae	Astreopora	myriophthalma				2	2	2	2	1	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2		2	2
Acroporidae	Astreopora	sp.		1	1						2			2	2	1	1	2	1	2	2		2	
Acroporidae	Isopora	cuneata	1									2	2				2	2	1	2	2			
Acroporidae	Isopora	palifera	3	2								3	2				2	2		2			2	
Acroporidae	Montipora	caliculata																						
Acroporidae	Montipora	danae	1			1				2							2	2	1		1			1
Acroporidae	Montipora	lamelosa												1										
Acroporidae	Montipora	spp.	4(4spp)	3	2	2(6spp)	2(4spp)	2(4spp)	3	2	2	2	3(4spp)	2	2	2	3	4	2	3	3	3(B1)	3	3
Acroporidae	Montipora	stellata	1																					1
Acroporidae	Montipora	tuberculosa	2											1										
Acroporidae	Montipora	undata		2													2	2		1				
Acroporidae	Montipora	verrucosa		1						1					1	1	2	2		2		1		
Agaraciidae	Coelosera	mayeri	1			1						1												
Agaraciidae	Gardineroseris	planulata				1												1			2	2	1	1
Agaraciidae	Leptoseris	explanata					1				1													
Agaraciidae	Leptoseris	hawaiiensis					1																	
Agaraciidae	Leptoseris	mycetoseroides								1	1		1					1	1					1
Agaraciidae	Leptoseris	scabra			1					1														
Agaraciidae	Leptoseris	yabei								1	1													
Agaraciidae	Pachyseris	rugosa															1							
Agaraciidae	Pachyseris	speciosa	2	2	2	2	3	2		2		2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3
Agaraciidae	Pavona	clavus				1	2	2									2	1	1		2			
Agaraciidae	Pavona	decussata	3(B1)	2				1			2											2	1	
Agaraciidae	Pavona	explanulata		1	1			1			2	1			1	1	2	2	1	1	1		1	1
Agaraciidae	Pavona	maldivensis	1	1		1				1							2	2		1	1		1	
Agaraciidae	Pavona	minuta	1			1	2	1		1											1			
Agaraciidae	Pavona	sp.																						
Agaraciidae	Pavona	varians	2	2		2	2	1	1				2				2	2	2	2	1		3	3
Astrocoeniidae	Stylocoeniella	armata	2	2									2										1	2
Astrocoeniidae	Stylocoeniella	guentheri											1											1
Astrocoeniidae	Stylocoeniella	sp.												1						2		1		
Caryophyllidae	Euphyllia	ancora																						
Caryophyllidae	Euphyllia	cristata															1							
Caryophyllidae	Euphyllia	divisa				1																1		
Caryophyllidae	Euphyllia	glabrescens																				1		
Caryophyllidae	Physogyra	lichtensteini						1																



Faviidae	<i>Plesiastrea</i>	<i>sp.</i>											1				1					
Faviidae	<i>Plesiastrea</i>	<i>versipora</i>																1				
Fungiidae	<i>Cycloseris</i>	<i>sp.</i>								2					2	2					2	3
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>danai</i>			1																	
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>echinata</i>																				2
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>granulosa</i>															2					1
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>horrida</i>			1		2								3	2						
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>paumotensis</i>																				1
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>sp.</i>	4		2	2	3	2	2	4	2	3 (3spp)	2		3	3(B1)	2		2	2	5 (5spp)	5 (4spp)
Fungiidae	<i>Fungia</i>	<i>simplex</i>		2			1					1			2	2						3
Fungiidae	<i>Halomitra</i>	<i>pileus</i>					1	1		2	2	2	2									2
Fungiidae	<i>Herpolitha</i>	<i>limax</i>										1					1				1	1
Fungiidae	<i>Podabacia</i>	<i>crustacea</i>						1								1						
Fungiidae	<i>Podabacia</i>	<i>motuporensis</i>															1					
Fungiidae	<i>Polyphyllia</i>	<i>novaehiberniae</i>									1							1				
Fungiidae	<i>Polyphyllia</i>	<i>talpina</i>		1				1				2	1				1	1				2
Fungiidae	<i>Sandalolitha</i>	<i>dentata</i>									1											
Fungiidae	<i>Sandalolitha</i>	<i>robusta</i>	2	2		1		2	1	2	2				1	2				1	2	2
Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>exesa</i>	1	1		1		1						1	1	2			2	2	2	
Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>grandis</i>													2							
Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>microconos</i>	1			2	2	2	2	1		1	1	2		1	2		3	2	1	1
Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>pilosa</i>				2	2					1	2		1	2			2		1	
Merulinidae	<i>Hydnophora</i>	<i>rigida</i>		1		1	1					2				3	2		2	3	1	1
Merulinidae	<i>Merulina</i>	<i>ampliata</i>	2	2	2	2	3	2	1	2		2	3		2	2	2	2	2	2	3	2
Merulinidae	<i>Merulina</i>	<i>scabricula</i>	1	2		2	3			2		1				2	2			2		1
Merulinidae	<i>Scapophyllia</i>	<i>cylindrica</i>				2	2			1					1					1		
Mussidae	<i>Acanthastrea</i>	<i>bowerbanki</i>												1								
Mussidae	<i>Acanthastrea</i>	<i>echinata</i>			1	1			1			2	1	2	1	2	2	1			2	1
Mussidae	<i>Acanthastrea</i>	<i>sp.</i>					1	1			2						1	2	3	2	1	
Mussidae	<i>Blastomussa</i>	<i>wellsi</i>								1										1		2
Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>corymbosa</i>	2	2	2	2	3	2	2	2	2			2		3	3	2	2	2	2	5
Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>hattaii</i>																			1	
Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>hemprichii</i>			2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>pachysepta</i>			2																	
Mussidae	<i>Lobophyllia</i>	<i>sp.</i>								1		2				2	1	1		1		2
Mussidae	<i>Scolymia</i>	<i>australis</i>			1	2										1						
Mussidae	<i>Scolymia</i>	<i>vitiensis</i>		2			3	2		2	2	2			1	2	2	2	2(B1)		2	1
Mussidae	<i>Symphyllia</i>	<i>radians</i>			2		1		1	1									1	1		
Mussidae	<i>Symphyllia</i>	<i>recta</i>					1		1											1		
Mussidae	<i>Symphyllia</i>	<i>sp.</i>	2		1	1	2	2	2	2	2			2		1	1	2	2	1		
Mussidae	<i>Symphyllia</i>	<i>valenciennesii</i>							1	1				1								
Oculinidae	<i>Galaxea</i>	<i>astreata</i>	3	2	2	2	2	2		2				1	1	2	1	1	2	2	1	
Oculinidae	<i>Galaxea</i>	<i>fascicularis</i>	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	5	4	3	2
Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>aspera</i>					1								1		2					
Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>echinoporoides</i>										1			1							
Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>horrida</i>	2	2								1				2	2					2
Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	<i>sp.</i>			1							2				2	1	2		1	1	
Pectiniidae	<i>Mycedium</i>	<i>elephantotus</i>				2	1			1	1	2	2			1	1	2		1	1	1
Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	<i>glabra</i>																				1
Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	<i>lacera</i>										1					2	1				
Pectiniidae	<i>Oxypora</i>	<i>sp.</i>					1			1		2								1	1	1
Pectiniidae	<i>Pectinia</i>	<i>lactuca</i>	1	1		2	3	2		1		2		2		2	2			2	2	2
Pectiniidae	<i>Pectinia</i>	<i>paeonia</i>	2	2			2	1		1					1		2					2
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>damicornis</i>	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>eydouxii</i>		1		2	2					2										2
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>meandrina</i>						3						2	2				2	2		
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>subseriata</i>						1		1				1								2







Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>				-2	2				-2	2					1	1			2	
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>		-1							-2	2					-1	2				
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscogilva</i>																1				
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>nobilis</i>		1						-2				1								
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>scabra</i>																				
Holothurie	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>variegatus</i>																				
Holothurie	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>pseudhorrens</i>																				
Holothurie	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>ananas</i>				1	-1				1											
Holothurie	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>anax</i>		1						1	1						1					
Hydraire	Aglaopheniidae	<i>Aglaophenia</i>	<i>cupressina</i>		2							-1											
Hydraire	Aglaopheniidae	<i>Aglaophenia</i>	<i>phillippina</i>												-2								
Hydraire	Aglaopheniidae	<i>Macrorhynchia</i>	<i>phoenicea</i>																			2	
Hydraire	indeterminé				2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2
Mollusque	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>	2	4		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2
Mollusque	Conitidae	<i>Conus</i>	<i>sp.</i>									-2	2										
Mollusque	Conitidae	<i>Conus</i>	<i>vexillum</i>																				
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	<i>hyotis</i>	1	2																		
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	<i>sp.</i>														2						
Mollusque	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>																			2	2
Mollusque	Muricidae	<i>Murex</i>	<i>sp.</i>								-2												
Mollusque	Muricidae	<i>Murex</i>	<i>ramosus</i>																				
Mollusque	Pteridae	<i>Pteria</i>	<i>sp.</i>		2	2													1	1		2	2
Mollusque	Ostreidae	<i>Lopha</i>	<i>sp.</i>		2																		
<b>Mollusque</b>	<b>Ovulidae</b>	<b>Ovula</b>	<b>ovum</b>									1											
Mollusque	Spondyliidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloidum</i>	3	2																		
Mollusque	Spondyliidae	<i>Spondylus</i>	<i>sp.</i>		2	1											2	1	1				1
Mollusque	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>Lambis</i>										-1									1	
Mollusque	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>truncata</i>								1	-1											
Mollusque	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>latissimus</i>																				
Mollusque	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>sinuatus</i>									1										1	
Mollusque	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>sp.</i>																				
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>		2										2							2	1
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>														1	1	1				
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	2								2		1			1			2			2
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	2					1	2								1				1	
Mollusque	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>sp.</i>	2								-2	1		-1								2
Spongiaire	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>		2	3						-2					2						
Spongiaire	Ancorinidae	<i>Stellata</i>	<i>globostellata</i>					-1				-2			-2	3	-3	2	2	2	-1	2	-2
Spongiaire	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>																				-2
Spongiaire	Axinellidae	<i>Stylissa</i>	<i>flabelliformis</i>			1	1																
Spongiaire	indeterminé	<i>beige , lamelle</i>									2					2							
Spongiaire	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>													2							
Spongiaire	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	<i>olivacea</i>																			1	
Spongiaire	Clathrinidae	<i>Clathria</i>	<i>bargibanti</i>										-2										-2
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullienei</i>	3	2	2	1	2	2	1	2	2	3	3	2	2	2	1	1	2	2	2	3
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	3	4	4	3	4	5	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3
Spongiaire	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>												-2						-2		
Spongiaire	Leucettidae	<i>Leucetta</i>	<i>chagosensis</i>							2	-2					1	-1						
Spongiaire	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	2	2	4						2	2			2	2	2	2	2	2	2	2
Spongiaire	indeterminé	<i>noire</i>				2		2	2	2	2	2	1	2	2	4	3	2	2	2	3		4
Spongiaire	Phoriospongiidae	<i>Strongyloidesma</i>	<i>sp.</i>																			2	
Spongiaire	indeterminé	<i>orange</i>																					2
Spongiaire	indeterminé	<i>rouge</i>		1		2		-2															
Spongiaire	Spirastrellidae	<i>Spheciospongia</i>	<i>vagabunda</i>					-2			2		2	2								2	
Zoanthaire	Zoanthidae	<i>indeterminé</i>																					
Zoanthaire	Zoanthidae	<i>Palythoa</i>	<i>sp.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2

Tableau n°0168 : *Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces de coraux (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)*

Famille/Nombre de taxa	ST01 - Ilot Casy		ST02 - Creek Baie Nord		ST03 - Port			ST04 - Canal Woodin		
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C
Acroporidae	11	5	20	14	9	14	8	7	6	3
Agaraciidae	1	2	8	5	2	8	8	2	2	1
Astrocoeniidae	1	1	1	2	1	2	2	0	1	0
Caryophyllidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dendrophyllidae	3	2	6	3	0	0	2	4	4	2
Faviidae	16	12	12	12	9	7	8	11	10	5
Fungiidae	4	5	9	3	3	4	4	3	3	1
Merulinidae	2	1	5	5	1	2	2	1	2	0
Mussidae	4	3	5	5	5	2	4	2	3	1
Oculinidae	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0
Pectiniidae	1	1	2	5	2	0	4	1	1	1
Pocilloporidae	3	3	2	3	3	2	1	3	3	0
Poritidae	3	3	7	3	6	6	5	1	1	0
Siderastreidae	1	1	2	4	0	1	1	4	2	0
<b>Total scléractiniaire</b>	<b>52</b>	<b>41</b>	<b>81</b>	<b>66</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>14</b>

Non Scléractiniaire										
Milleporidae	1	0	3	3	0	0	0	3	3	2
Gorgone	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Stolonifera	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Antipathidae	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1
<b>Total Coraux</b>	<b>54</b>	<b>43</b>	<b>85</b>	<b>69</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>18</b>

Tableau n°0169 : Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces par groupes de Macrophytes et d'invertébrés (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe /nombre de taxa	ST01 - Ilot Casy		ST02 - Creek Baie Nord		ST03 - Port			ST04 - Canal Woodin		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Alcyonaire	9	5	8	9	4	3	5	6	5	3
Algue brune	5	6	1	1	3	2	2	0	0	0
Algue rouge	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Algue verte	1	1	3	3	4	2	2	3	2	0
Cyanobactérie	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Anémone	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ascidies	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Bryozoaire	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Astérie	2	1	0	0	2	0	2	0	1	2
Crinoïde	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1
Echinides	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Holothurie	2	3	1	1	2	1	1	1	0	1
Synapse	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hydraire	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Mollusque	3	2	3	3	3	0	2	3	4	2
Spongiaire	3	3	3	3	3	2	3	4	6	9
Zoanthaire	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2
Crustacé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>23</b>

Tableau n°0170 : *Annexe 05 : Récapitulatif du nombre d'espèces de coraux (stations du canal de la Havannah)*

Famille/ Nb de taxa	ST05 Banc de Ioro			ST06 Banc Ionotea			ST07 Chambeyron			ST08 Puka		ST09 Banc de Kié			ST10 Ilot Kié			ST11 Récif Toémo			ST12 Ilot Ugo	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Acroporidae	12	10	4	19	9	9	16	7	8	19	12	12	9	8	29	20	10	21	14	8	15	13
Agaraciidae	6	5	3	7	4	9	1	7	4	4	2	2	2	2	6	10	5	5	8	2	7	4
Astrocoeniidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2
Caryophyllidae	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	2	0	0	0
Dendrophyllidae	3	5	3	3	4	5	1	4	2	6	2	4	6	6	1	5	1	0	6	2	4	5
Faviidae	13	8	13	16	15	17	15	14	10	20	19	17	10	10	19	16	13	19	22	12	19	17
Fungiidae	2	3	1	4	3	6	2	3	4	8	5	0	0	0	6	9	3	0	1	4	14	9
Merulinidae	4	4	1	7	6	3	2	4	0	4	3	3	3	3	8	5	1	5	6	4	3	2
Mussidae	2	2	6	6	7	5	7	8	4	6	2	3	5	2	7	6	8	5	7	6	5	4
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1
Pectiniidae	3	3	1	1	4	4	0	4	1	8	1	0	3	0	6	5	3	0	4	3	5	3
Pocilloporidae	3	5	3	6	6	5	6	6	3	6	4	5	6	5	5	5	5	8	7	6	4	2
Poritidae	7	7	2	2	3	3	2	4	2	6	2	4	4	3	5	5	4	6	4	3	4	5
Siderastreidae	1	2	2	3	2	2	0	1	0	4	1	4	1	1	4	2	1	5	5	0	3	1
<b>Total scléactiniaire</b>	<b>59</b>	<b>57</b>	<b>41</b>	<b>77</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>53</b>	<b>64</b>	<b>39</b>	<b>95</b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>100</b>	<b>93</b>	<b>56</b>	<b>77</b>	<b>88</b>	<b>53</b>	<b>85</b>	<b>68</b>
<b>Non Scléactiniaire</b>																						
Milleporidae	1	2	1	0	2	1	0	2	0	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2	0	2	2
Gorgone	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	1	1	0	1
Stolonifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Antipathidae	0	1	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	0	1
<b>Total Coraux</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>79</b>	<b>68</b>	<b>73</b>	<b>53</b>	<b>66</b>	<b>40</b>	<b>98</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>104</b>	<b>98</b>	<b>59</b>	<b>79</b>	<b>92</b>	<b>55</b>	<b>87</b>	<b>72</b>

Tableau n°0171 : *Annexe 05 : Tableau récapitulatif du nombre d'espèces par groupes de Macrophytes et d'invertébrés (stations du canal de la Havannah)*

Groupe /nombre de taxa	ST05 Banc de Ioro			ST06 Banc Ionotea			ST07 Chambeyron			ST08 Puka			ST09 Banc de Kié			ST10 Ilot Kié			ST11 Récif Toémo			ST12 Ilot Ugo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C		
Alcyonaire	1	2	4	3	4	4	3	5	3	5	6	8	8	6	3	5	6	4	6	4	2	4		
Algue brune	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
Algue rouge	1	1	1	4	4	2	1	1	0	3	3	2	3	2	2	1	1	2	3	0	0	0		
Algue verte	3	0	1	2	2	1	3	0	0	1	0	2	6	5	5	3	0	1	3	0	3	2		
Cyanobactérie	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		
Anémone	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3	2	1	0	2	0	2	0	1	1	1	0	0		
Ascidies	1	1	1	1	2	2	3	3	3	2	2	5	6	7	4	3	3	4	4	7	2	1		
Bryzoaire	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0		
Astérie	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
Crinoïde	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1		
Echinides	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1		
Holothurie	0	2	0	1	0	1	1	2	2	2	3	0	2	0	0	4	5	0	0	2	2	0		
Hydraire	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0			
Mollusque	7	6	2	1	1	1	1	2	3	4	2	2	0	0	4	4	3	1	1	3	5	5		
Spongiaire	4	4	7	2	4	3	5	3	4	5	5	3	6	6	5	5	6	2	4	6	5	4		
Zoanthaire	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>21</b>		

Tableau n°0172 : *Annexe 05 : Richesse spécifique du benthos par groupe*

	ST0 1A	ST01 B	ST0 2A	ST0 2B	ST0 3A	ST0 3B	ST0 3C	ST0 4A	ST0 4B	ST0 4C	ST0 5A	ST0 5B	ST0 5C	ST0 6A	ST0 6B	ST0 6C	ST0 7A	ST0 7B	ST0 7C	ST0 8A	ST0 8B	ST0 9A	ST0 9B	ST0 9C	ST1 0A	ST1 0B	ST1 0C	ST1 1A	ST1 1B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Macrophytes et invertébrés	31	26	22	24	26	13	21	23	24	23	22	24	22	18	22	19	22	23	20	30	29	28	37	34	27	31	29	19	29	29	24	21
Coraux sléactinaires	52	41	81	66	44	49	51	41	40	14	59	57	41	77	65	71	53	64	39	95	54	56	51	41	100	93	56	77	88	53	85	68
Autres coraux	2	2	4	3	1	0	0	3	7	4	1	3	4	2	3	2	0	2	1	3	1	1	4	4	4	5	3	2	4	2	2	4
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>69</b>	<b>107</b>	<b>93</b>	<b>71</b>	<b>62</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>71</b>	<b>41</b>	<b>82</b>	<b>84</b>	<b>67</b>	<b>97</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>75</b>	<b>89</b>	<b>60</b>	<b>128</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>92</b>	<b>79</b>	<b>131</b>	<b>129</b>	<b>88</b>	<b>98</b>	<b>121</b>	<b>84</b>	<b>111</b>	<b>93</b>

Tableau n°0173 : Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) - Inventaire septembre 2010 des espèces cibles et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Famille	Genre	Espece	ST01-Ilot Casy Sud		ST02-Creek Baie Nord		ST03 - Port			ST04 - Canal Woodin	
				A	B	A	B	A	B	A	B	A
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	2	2			2	2	2		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Distromium</i>	sp.	2	2							
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	5	5	5	5	3	5	5		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	2	2			2				
Algue brune	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.		4 (2spp.)							
Algue brune	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	2								
Algue rouge	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.			3	3	3	4	2	2	2
Algue rouge	Liagoraceae	<i>Triclogloea</i>	<i>requienii</i>	2	2							
Algue verte	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	2	2	2(3spp)	3(3spp)	3 (4spp)	2(2spp)	2 (2spp)	2(3spp)	2(2spp)
Algue verte	Udodeaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>								-2	
Asterie	Ophiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>		-1					2		1
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	1								
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	2	1			1		1		1
<b>Asterie</b>	<b>Oreasteridae</b>	<b>Culcita</b>	<b>novaeguineae</b>					1				
Crinoïde	Colobometridae	<i>Cenometra</i>	sp.								2	
Crinoïde	indeterminé			2	2						3	4
Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	2				2	2	2	2	2
Holothurie	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>					-1				
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	2	2		-2	2			2	2
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flovomaculata</i>			2	2	2	2	2		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	2	2							
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>nobilis</i>		1							
Holothurie	Stichoporidae	<i>Stichopus</i>	<i>variegatus</i>				-2					
Mollusque	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>			3	2	2				
Mollusque	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>		2	2	2			2		
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	<i>hyotis</i>									2
Mollusque	Gryphaeidae	<i>Hytissa</i>	sp.									2
Mollusque	Pinnidae	<i>Athrina</i>	sp.	1					1			1
Mollusque	Pteridae	<i>Pteria</i>	sp.								2	2
Mollusque	Spondylidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloidum</i>	1	1	-1						1
Mollusque	Spondylidae	<i>Spondylus</i>	sp.			1						
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>					1			1	
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	1				2			1	1
Spongiaire	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>							2	2	4
Spongiaire	Ancorinidae	<i>Stellata</i>	sp.									2
Spongiaire	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>									3
Spongiaire	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>									2
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullienei</i>	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	2	2	2	3	2	2	2	3	3
Spongiaire	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	sp.	-1								2
Spongiaire	noire	indeterminé									2	4
Spongiaire	Spirastrellidae	<i>Sphēciospongia</i>	<i>vagabunda</i>	3	2	2	2	2				3
												2



**Annexe n° 06**

**Résultats bruts de l'échantillonnage ichtyologique septembre 2010**

**Tableau n°0175 : Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST01 à ST04)**

CASY 1		CREEK		PORT		WOODIN	
fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces
Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii
Aca	Acanthurus mata	Aca	Acanthurus mata	Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Acanthurus mata
Aca	Zebrasoma veliferum	Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Naso unicornis	Aca	Ctenochaetus striatus
Ant	Pseudanthias pascalus	Aca	Zebrasoma veliferum	Aca	Zebrasoma veliferum	Aca	Naso brevirostris
Apo	Apogon aureus	Apo	Apogon doederleini	Apo	Apogon aureus	Aca	Naso unicornis
Apo	Apogon doederleini	Ble	Meiacanthus atrodorsalis	Apo	Apogon doederleini	Aca	Zebrasoma scopas
Bal	Sufflamen chrysopterum	Cae	Caesio cunning	Ble	Meiacanthus atrodorsalis	Aca	Zebrasoma veliferum
Bal	Sufflamen fraenatus	Cha	Chaetodon baronessa	Cae	Caesio cunning	Apo	Apogon aureus
Can	Canthigaster valentini	Cha	Chaetodon bennetti	Can	Canthigaster valentini	Ble	Ecesenius bicolor
Cha	Chaetodon auriga	Cha	Chaetodon melannotus	Cha	Chaetodon auriga	Ble	Meiacanthus atrodorsalis
Cha	Chaetodon mertensii	Cha	Chaetodon plebeius	Cha	Chaetodon baronessa	Cae	Caesio cunning
Cha	Heniochus acuminatus	Cha	Chaetodon plebeius	Cha	Chaetodon bennetti	Car	Caranx melampygus
Epi	Anyperodon leucogrammicus	Cha	Chaetodon trifascialis	Cha	Chaetodon melannotus	Cha	Chaetodon baronessa
Epi	Cephalopholis boenak	Cha	Chaetodon trifascialis	Cha	Chaetodon mertensii	Cha	Chaetodon bennetti
Epi	Epinephelus Howlandi	Cha	Chaetodon ulietensis	Cha	Chaetodon plebeius	Cha	Chaetodon flavirostris
Epi	Epinephelus ongus	Cha	Coradion altivelis	Cha	Chaetodon speculum	Cha	Chaetodon plebeius
Gob	Amblyeleotris rubrimarginata	Cha	Heniochus acuminatus	Cha	Chaetodon trifascialis	Cha	Chaetodon speculum
Gob	Amblygobius phaleana	Epi	Anyperodon leucogrammicus	Cha	Chaetodon vagabundus	Cha	Chaetodon trifascialis
Gob	Valenciennesa puellaris	Epi	Cephalopholis boenak	Epi	Cephalopholis boenak	Cha	Chaetodon ulietensis
Hae	Plectorhinchus lessonii	Epi	Epinephelus ongus	Epi	Epinephelus Howlandi	Cha	Chaetodon unimaculatus
Hol	Sargocentron spiniferum	Epi	Epinephelus polyphkadion	Gob	Amblyeleotris fontanesii	Cha	Chaetodon vagabundus
Lab	Anampses femininus	Epi	Plectropomus leopardus	Gob	Amblyeleotris sp	Cha	Coradion altivelis
Lab	Cheilinus chlorourus	Kyp	Kyphosius sydneyanus	Gob	Valenciennesa puellaris	Cha	Heniochus acuminatus
Lab	Cheilinus trilobatus	Lab	Anampses femininus	Gra	Diploprion bifasciatum	Epi	Anyperodon leucogrammicus
Lab	Coris batuensis	Lab	Cheilinus fasciatus	Lab	Anampses femininus	Epi	Epinephelus coioides
Lab	Halichoeres prosopoeion	Lab	Choerodon fasciatus	Lab	Cheilinus chlorourus	Epi	Epinephelus malabaricus
Lab	Labroides dimidiatus	Lab	Choerodon graphicus	Lab	Coris batuensis	Epi	Epinephelus merra
Lab	Labropsis australis	Lab	Epibulus insidiator	Lab	Halichoeres prosopoeion	Epi	Plectropomus leopardus
Lab	Oxycheilinus celebicus	Lab	Halichoeres melanurus	Lab	Hemigymnus melapterus	Gob	Valenciennesa puellaris
Lab	Oxycheilinus diagrammus	Lab	Hemigymnus melapterus	Lab	Labroides dimidiatus	Gra	Diploprion bifasciatum
Lab	Thalassoma lunare	Lab	Labropsis australis	Lab	Oxycheilinus celebicus	Hae	Plectorhinchus chaetodonoides
Mic	Gunnellichthys curiosus	Lab	Oxycheilinus unifasciatus	Lab	Thalassoma lunare	Hae	Plectorhinchus gibbosus
Mic	Gunnellichthys monostigma	Lab	Stethojulis bandanensis	Lab	Thalassoma lutescens	Hae	Plectorhinchus lessonii
Mul	Parupeneus barberinoides	Lut	Lutjanus adetii	Let	Lethrinus harak	Hae	Plectorhinchus picus
Mul	Parupeneus indicus	Lut	Lutjanus ehrenbergii	Mic	Gunnellichthys curiosus	Kyp	Kyphosius sydneyanus
Mul	Upeneus tragula	Mul	Parupeneus barberinus	Mic	Gunnellichthys viridescens	Lab	Anampses femininus
Nem	Pentapodus aureofasciatus	Mul	Parupeneus indicus	Mul	Parupeneus indicus	Lab	Cheilinus chlorourus
Nem	Scolopsis lineatus	Nem	Scolopsis bilineatus	Mul	Parupeneus multifasciatus	Lab	Cheilinus fasciatus
Ost	Ostracion cubicus	Pom	Abudefduf whiteleyi	Nem	Pentapodus aureofasciatus	Lab	Cheilinus trilobatus
Pin	Parapercis hexophtalma	Pom	Amblyglyphidodon orbicularis	Nem	Scolopsis bilineatus	Lab	Choerodon fasciatus
Poc	Centropyge bicolor	Pom	Chromis atriptectoralis	Nem	Scolopsis lineatus	Lab	Choerodon graphicus
Poc	Centropyge tibicen	Pom	Chromis margaritifera	Pen	Parapercis hexophtalma	Lab	Coris aygula
Pom	Chromis chrysur	Pom	Chrysiptera rollandi	Pin	Parapercis xanthozona	Lab	Gomphosus varius
Pom	Chrysiptera rollandi	Pom	Chrysiptera taupou	Pom	Abudefduf sexfasciatus	Lab	Halichoeres prosopoeion
Pom	Dascyllus aruanus	Pom	Neoglyphidodon nigroris	Pom	Amblyglyphidodon orbicularis	Lab	Hemigymnus fasciatus
Pom	Dascyllus reticulatus	Pom	Neopomacentrus nemurus	Pom	Chromis amboinensis	Lab	Hemigymnus melapterus
Pom	Plectroglyphidodon lacrymatus	Pom	Neopomacentrus taeniurus	Pom	Chromis analis	Lab	Labroides dimidiatus
Pom	Pomacentrus aurifrons	Pom	Pomacentrus aurifrons	Pom	Chromis chrysur	Lab	Labropsis australis
Pom	Pomacentrus moluccensis	Sca	Scarus flavipectoralis	Pom	Chromis fumea	Lab	Oxycheilinus diagrammus
Pom	Pomacentrus moluccensis	Sca	Scarus ghobban	Pom	Chromis margaritifera	Lab	Oxycheilinus unifasciatus
Sca	Scarus altipinnis	Sca	Scarus globiceps	Pom	Chromis viridis	Lab	Thalassoma lunare
Sca	Scarus frenatus	Sca	Scarus schlegeli	Pom	Chrysiptera rollandi	Let	Gymnocranius grandoculis
Sca	Scarus ghobban	Sig	Siganus doliatus	Pom	Chrysiptera taupou	Let	Lethrinus nebulosus
Sig	Siganus doliatus	Sig	Siganus vulpinus	Pom	Pomacentrus aurifrons	Lut	Apriion virescens
Sig	Siganus vulpinus	Zan	Zanclus cornutus	Pom	Pomacentrus coelestis	Lut	Lutjanus adetii
				Sca	Scarus dimidiatus	Lut	Lutjanus argentimaculatus
				Sca	Scarus flavipectoralis	Lut	Lutjanus bohar
				Sca	Scarus ghobban	Lut	Lutjanus ehrenbergii
				Sca	Scarus rivulatus	Lut	Lutjanus fulviflamma
				Sca	Scarus schlegeli	Lut	Lutjanus monostigma
				Sig	Siganus argenteus	Mul	Parupeneus ciliatus
				Sig	Siganus doliatus	Mul	Parupeneus ciliatus
				Sig	Siganus puellus	Mul	Parupeneus indicus
				Sig	Siganus vulpinus	Ost	Ostracion cubicus
						Pin	Parapercis hexophtalma
						Poc	Centropyge bicolor
						Poc	Centropyge bispinosus
						Poc	Centropyge tibicen
						Poc	Chaetodontoplus conspicillatus
						Poc	Pomacanthus semicirculatus
						Poc	Pygoplites diacanthus
						Pom	Abudefduf whiteleyi
						Pom	Amblyglyphidodon aureus
						Pom	Amblyglyphidodon curacao
						Pom	Chromis margaritifera
						Pom	Chrysiptera rollandi



Pom	Chrysiptera taupou
Pom	Dascyllus reticulatus
Pom	Neoglyphidodon melas
Pom	Neoglyphidodon nigroris
Pom	Neopomacentrus nemurus
Pom	Pomacentrus moluccensis
Pri	Priacanthus hamrur
Sca	Chlorurus sordidus
Sca	Scarus bleekeri
Sca	Scarus frenatus
Sca	Scarus ghobban
Sca	Scarus schlegeli
Scr	Pterois volitans
Sig	Siganus coralinus
Sig	Siganus doliatus
Sig	Siganus puellus

Tableau n°0176 : Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST05 à ST08)

IORO		Ionontea		B Chambey		PUKA	
fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces
Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii
Aca	Acanthurus lineatus	Aca	Acanthurus dussumieri	Aca	Acanthurus mata	Aca	Zebrasoma veliferum
Aca	Acanthurus mata	Aca	Acanthurus lineatus	Aca	Ctenochaetus striatus	Apo	Apogon doederleini
Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Acanthurus mata	Aca	Naso unicornis	Bal	Sufflamen fraenatus
Aca	Naso unicornis	Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Zebrasoma scopas	Can	Canthigaster valentini
Aca	Zebrasoma scopas	Aca	Naso unicornis	Ant	Pseudanthias pasqualus	Cha	Chaetodon lunulatus
Bal	Sufflamen fraenatus	Aca	Zebrasoma veliferum	Aul	Aulostomus chinensis	Cha	Chaetodon mertensii
Ble	Ecsenius bicolor	Ant	Pseudanthias pasqualus	Bal	Sufflamen fraenatus	Cha	Chaetodon plebeius
Ble	Meiacanthus atrodorsalis	Ant	Pseudanthias pictilis	Car	Carcharhinus albimarginatus	Cha	Chaetodon speculum
Cha	Chaetodon plebeius	Bal	Sufflamen chrysopterus	Cha	Chaetodon baronessa	Cha	Chaetodon trifasciatus
Cha	Chaetodon trifasciatus	Bal	Sufflamen fraenatus	Cha	Chaetodon kleinii	Cha	Chaetodon ulietensis
Das	Dasyatis kuhlii	Ble	Ecsenius bicolor	Cha	Chaetodon mertensii	Cha	Chaetodon vagabundus
Epi	Cephalopholis boenak	Can	Canthigaster valentini	Cha	Chaetodon ornatissimus	Cha	Plectropomus leopardus
Epi	Epinephelus coioides	Cha	Chaetodon bennetti	Cha	Chaetodon trifasciatus	Cha	Heniochus varius
Epi	Plectropomus leopardus	Cha	Chaetodon citrinellus	Cha	Forcipiger flavissimus	Epi	Epinephelus maculatus
Gob	Amblygobius phalaena	Cha	Chaetodon kleinii	Cha	Heniochus varius	Epi	Plectropomus leopardus
Gra	Diploprion bifasciatum	Cha	Chaetodon mertensii	Cir	Cirrhitichthys forsteri	Gra	Diploprion bifasciatum
Hae	Plectorhinchus picus	Cha	Chaetodon speculum	Epi	Anyperodon leucogrammicus	Lab	Bodianus axillaris
Hol	Sargocentron spiniferum	Cha	Chaetodon trifasciatus	Epi	Cephalopholis miniata	Lab	Bodianus perditio
Lab	Anampses neoguinaicus	Cha	Chaetodon ulietensis	Epi	Cephalopholis urodeta	Lab	Cheilinus chlorourus
Lab	Cheilinus chlorourus	Cha	Chaetodon unimaculatus	Epi	Cromileptes altivelis	Lab	Choerodon graphicus
Lab	Choerodon graphicus	Cha	Forcipiger flavissimus	Epi	Epinephelus cyanopodus	Lab	Coris batuensis
Lab	Coris aygula	Cha	Heniochus varius	Epi	Epinephelus maculatus	Lab	Gomphosius varius
Lab	Coris batuensis	Cir	Cirrhitichthys falco	Epi	Epinephelus polyphkadion	Lab	Halichoeres prosopoeion
Lab	Epibulus insidiator	Cir	Paracirrhites arcatus	Epi	Plectropomus laevis	Lab	Hemigymnus melapterus
Lab	Halichoeres prosopoeion	Epi	Cephalopholis urodeta	Epi	Plectropomus laevis	Lab	Labroides dimidiatus
Lab	Hemigymnus melapterus	Epi	Cromileptes altivelis	Epi	Plectropomus leopardus	Lab	Thalassoma lunare
Lab	Labroides bicolor	Epi	Epinephelus fasciatus	Epi	Plectropomus leopardus	Lab	Thalassoma lutescens
Lab	Labroides dimidiatus	Epi	Epinephelus maculatus	Epi	Variola louti	Nem	Pentapodus aureofasciatus
Lab	Labropsis australis	Epi	Plectropomus leopardus	Hae	Plectorhinchus chaetodonoides	Poc	Centropyge bicolor
Lab	Stethojulis bandanensis	Hae	Plectorhinchus albivittatus	Hae	Plectorhinchus flavomaculatus	Poc	Centropyge flavissimus
Lab	Thalassoma lunare	Hae	Plectorhinchus chaetodonoides	Hae	Plectorhinchus picus	Pom	Chromis margaritifer
Lab	Thalassoma lutescens	Hae	Plectorhinchus picus	Hol	Sargocentron spiniferum	Pom	Chrysiptera taupou
Lab	Lethrinus nebulosus	Lab	Anampses neoguinaicus	Lab	Anampses caeruleopunctatus	Pom	Dascyllus reticulatus
Lut	Lutjanus ehrenbergii	Lab	Bodianus perditio	Lab	Anampses femininus	Pom	Neoglyphidodon nigroris
Mul	Parupeneus barberinoides	Lab	Coris aygula	Lab	Anampses femininus	Pom	Pomacentrus moluccensis
Mul	Parupeneus indicus	Lab	Coris batuensis	Lab	Anampses neoguinaicus	Pri	Priacanthus hamrur
Nem	Scolopsis bilineatus	Lab	Halichoeres hortulanus	Lab	Bodianus axillaris	Sca	Chlorurus sordidus
Nem	Scolopsis bilineatus	Lab	Halichoeres melanurus	Lab	Bodianus perditio	Sca	Scarus frenatus
Pin	Parapercis hexophtalma	Lab	Halichoeres prosopoeion	Lab	Cheilinus chlorourus	Sca	Scarus schlegeli
Poc	Centropyge bicolor	Lab	Labroides bicolor	Lab	Coris aygula	Sig	Siganus doliatus
Poc	Centropyge bispinosa	Lab	Labroides dimidiatus	Lab	Coris gaimard		
Poc	Centropyge tibicen	Lab	Oxycheilinus celebicus	Lab	Epibulus insidiator		
Poc	Pomacanthus sexstriatus	Lab	Thalassoma lunare	Lab	Halichoeres melanurus		
Pom	Abudefduf sexfasciatus	Lab	Thalassoma lutescens	Lab	Halichoeres prosopoeion		
Pom	Abudefduf whiteleyi	Lab	Thalassoma nigrofasciatus	Lab	Halichoeres prosopoeion		
Pom	Amblyglyphidodon aureus	Lab	Gomphosus varius	Lab	Hemigymnus fasciatus		
Pom	Amphiprion chrysopterus	Let	Lethrinus atkinsoni	Lab	Hemigymnus fasciatus		
Pom	Chromis margaritifer	Let	Lethrinus nebulosus	Lab	Hemigymnus melapterus		
Pom	Chrysiptera rollandi	Lut	Aprion virescens	Lab	Thalassoma hardwicke		
Pom	Chrysiptera taupou	Lut	Lutjanus bohar	Lab	Thalassoma lunare		
Pom	Dascyllus aruanus	Mul	Parupeneus barberinus	Lab	Thalassoma lutescens		
Pom	Dascyllus reticulatus	Mul	Parupeneus cyclostomus	Lab	Thalassoma lutescens		
Pom	Dascyllus trimaculatus	Mul	Parupeneus multifasciatus	Lab	Thalassoma nigrofasciatum		
Pom	Pomacentrus bankanensis	Nem	Pentapodus aureofasciatus	Lab	Gomphosus varius		
Pom	Pomacentrus brachialis	Nem	Scolopsis bilineatus	Lab	Labroides dimidiatus		
Pom	Pomacentrus moluccensis	Poc	Apothemichthys trimaculatus	Lab	Oxycheilinus unifasciatus		
Pom	Stegastes albifasciatus	Poc	Centropyge bicolor	Lab	Oxycheilinus unifasciatus		
Sca	Chlorurus sordidus	Poc	Centropyge flavissima	Let	Gymnocranius euanus		
Sca	Scarus altipinnis	Poc	Centropyge tibicen	Lut	Aprion virescens		
Sca	Scarus flavipectoralis	Poc	Pomacanthus sexstriatus	Lut	Lutjanus adetii		
Sca	Scarus frenatus	Pom	Amblyglyphidodon aureus	Lut	Lutjanus argentimaculatus		
Sca	Scarus ghobban	Pom	Chromis fumea	Lut	Lutjanus bohar		
Sca	Scarus schlegeli	Pom	Chromis iomelas	Lut	Macolor niger		
Sig	Siganus doliatus	Pom	Chromis margaritifer	Mic	Ptereleotris evides		

Sig	Siganus vulpinus	Pom	Chrysiptera rollandi	Mul	Parupeneus barberinoides
		Pom	Chrysiptera taupou	Mul	Parupeneus multifasciatus
		66	Chrysiptera unimaculata	Nem	Scolopsis bilineatus
		Pom	Dascyllus reticulatus	Pin	Parapercis hexophthalma
		Pom	Plectroglyphidodon lacrymatus	Poc	Centropyge bicolor
		Pom	Pomacentrus bankanensis	Poc	Centropyge tibicen
		Pom	Pomacentrus chrysurus	Poc	Pomacanthus semicirculatus
		Pom	Pomacentrus imitator	Poc	Pomacanthus semicirculatus
		Pom	Pomacentrus moluccensis	Pom	Amblyglyphidodon curacao
		Pom	Pomacentrus nagasakiensis	Pom	Amphiprion chrysopterus
		Sca	Chlorurus sordidus	Pom	Chromis fumea
		Sca	Scarus rubroviolaceus	Pom	Chromis iomelas
		Sca	Scarus schlegeli	Pom	Chromis leucura
		Sig	Siganus corallinus	Pom	Chromis margaritifer
		Syn	Saurida gracilis	Pom	Chromis margaritifer
		Syn	Synodus variegatus	Pom	Dascyllus aruanus
				Pom	Dascyllus reticulatus
				81	Dascyllus trimaculatus
				Pom	plectroglyphidodon johnstonianus
				Pom	Pomacentrus bankanensis
				Pom	Pomacentrus chrysurus
				Pom	Pomacentrus moluccensis
				Sca	Chlorurus microrhinos
				Sca	Chlorurus sordidus
				Sca	Scarus flavipectoralis
				Sca	Scarus forsteni
				Sca	Scarus ghobban
				Sca	Scarus rubroviolaceus
				Sca	Scarus schlegeli
				Scom	Scomberomorus commerson

95

Tableau n°0177 : Annexe 06 : Liste poissons (totale) (ST09 à ST12)

Banc Kie		Ilot KIE		TOEMO		HUGO	
fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces	fam	espèces
Aca	Acanthurus albipectoralis	Aca	Acanthurus achilles	Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus blochii
Aca	Acanthurus blochii	Aca	Acanthurus albipectoralis	Aca	Acanthurus lineatus	Aca	Ctenochaetus striatus
Aca	Acanthurus mata	Aca	Acanthurus mata	Aca	Acanthurus mata	Aca	Zebrasoma scopas
Aca	Acanthurus nigricans	Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Acanthurus xanthopterus	Apo	Apogon doederleini
Aca	Ctenochaetus striatus	Aca	Ctenochaetus tominiensis	Aca	Ctenochaetus striatus	Apo	Apogon fuscus
Aca	Naso tonganus	Aca	Naso brachycentron	Aca	Naso brevirostris	Apo	Apogon indicus
Aca	Naso unicornis	Aca	Naso tonganus	Aca	Naso unicornis	Aul	Aulostomus chinensis
Aca	Zebrasoma veliferum	Aca	Naso unicornis	Aca	Zebrasoma scopas	Bal	Sufflamen fraenatus
Ant	Pseudanthias dispar	Aca	Naso unicornis	Aca	Zebrasoma veliferum	Ble	Esenius bicolor
Ant	Pseudanthias pascalus	Aca	Zebrasoma scopas	Ant	Pseudanthias pictilis	Cae	Caesio caeruleaurea
Ant	Pseudanthias pictilis	Ant	Pseudanthias pascalus	Aul	Aulostomus chinensis	Cha	Chaetodon kleinii
Ant	Pseudanthias pleurotaenia	Apo	Apogon aureus	Bal	Sufflamen fraenatus	Epi	Epinephelus howlandi
Ant	Pseudanthias squamipinnis	Apo	Archamia sp1	Cae	Caesio caeruleaurea	Epi	Epinephelus merra
Apo	Cheilodipterus macrodon	Apo	Archamia sp2	Can	Canthigaster valentini	Hae	Apogon fuscus
Aul	Aulostomus chinensis	Apo	Ostorhinchus angustatus	Cha	Chaetodon baronessa	Lab	Bodianus axillaris
Bal	Sufflamen chrysopterus	Apo	Ostorhinchus aureus	Cha	Chaetodon flavirostris	Lab	Cheilinus chlorourus
Bal	Sufflamen fraenatus	Bal	Sufflamen fraenatus	Cha	Chaetodon kleinii	Lab	Choerodon fasciatus
Can	Canthigaster valentini	Ble	Esenius bicolor	Cha	Chaetodon mertensii	Lab	Halichoeres melanurus
Cha	Chaetodon auriga	Cae	Caesio caeruleaurea	Cha	Chaetodon plebeius	Lab	Halichoeres prosopoeion
Cha	Chaetodon citrinellus	Can	Canthigaster valentini	Cha	Chaetodon speculum	Lab	Hemigymnus fasciatus
Cha	Chaetodon kleinii	Can	Canthigaster valentini	Cha	Chaetodon trifascialis	Lab	Labroides dimidiatus
Cha	Chaetodon mertensii	Car	Gnathanodon speciosus	Cha	Chaetodon unimaculatus	Lab	Thalassoma lunare
Cha	Chaetodon plebeius	Car	Pseudocaranx dentex	Cha	Chaetodon vagabundus	Lab	Cirrhilabrus punctatus
Cha	Chaetodon unimaculatus	Cha	Chaetodon ephippium	Cha	Heniochus acuminatus	Lab	Oxycheilinus celebicus
Cha	Chaetodon vagabundus	Cha	Chaetodon lunulatus	Cha	Heniochus monoceros	Lut	Lutjanus fulvus
Cir	Cirrhitichthys falco	Cha	Chaetodon mertensii	Cha	Heniochus varius	Mul	Parupeneus indicus
Cir	Paracirrhitichthys arcatus	Cha	Chaetodon ornatissimus	Cir	Cirrhitichthys falco	Nem	Scolopsis bilineatus
Cir	Paracirrhitichthys forsteri	Cha	Chaetodon pelewenis	Cir	Paracirrhitichthys arcatus	Poc	Centropyge bicolor
Epi	Cephalopholis urodeta	Cha	Chaetodon plebeius	Epi	Anyperodon leucogrammicus	Poc	Centropyge bispinosa
Epi	Epinephelus fasciatus	Cha	Forcipiger longirostris	Epi	Cephalopholis urodeta	Poc	Centropyge tibicen
Epi	Plectropomus leopardus	Cha	Heniochus acuminatus	Epi	Epinephelus fasciatus	Poc	Pomacanthus sexstriatus
Epi	Variola louti	Cha	Heniochus chrysostomus	Epi	Plectropomus leopardus	Pom	Amblyglyphidodon aureus
Lab	Anampses femininus	Cha	Heniochus varius	Gra	Diploprion bifasciatum	Pom	Amblyglyphidodon curacao
Lab	Anampses neoguinaicus	Cir	Cirrhitichthys falco	Hae	Plectorhinchus chaetodonoides	Pom	Amblyglyphidodon orbicularis
Lab	Bodianus perditio	Epi	Cephalopholis miniata	Hol	Myripristis murdjan	Pom	Chromis amboinensis
Lab	Cheilinus chlorourus	Epi	Cephalopholis sonnerati	Hol	Sargocentron spiniferum	Pom	Chromis atripectoralis
Lab	Cheilinus fasciatus	Epi	Cephalopholis urodeta	Lab	Anampses femininus	Pom	Chromis fumea
Lab	Cheilinus undulatus	Epi	Cromileptes altivelis	Lab	Bodianus loxozonus	Pom	Chromis margaritifer
Lab	Cheilinus chlorourus	Epi	Epinephelus merra	Lab	Bodianus perditio	Pom	Chromis retrofasciata
Lab	Cirrhilabrus laboutei	Epi	Plectropomus areolatus	Lab	Cheilinus chlorourus	Pom	Chromis viridis
Lab	Coris batuensis	Epi	Plectropomus laevis	Lab	Coris batuensis	Pom	Chrysiptera rollandi
Lab	Gomphosius varius	Epi	Plectropomus leopardus	Lab	Epibulus insidiator	Pom	Dascyllus aruanus
Lab	Halichoeres hortulanus	Gob	Valenciennesa parva	Lab	Gomphosius varius	Pom	Dascyllus trimaculatus
Lab	Halichoeres prosopoeion	Hae	Plectorhinchus chaetodonoides	Lab	Halichoeres hortulanus	Pom	Neoglyphidodon polyacanthus
Lab	Labroides dimidiatus	Kyp	Kyphosius sydneyanus	Lab	Halichoeres prosopoeion	Pom	Pomacentrus coelestis
Lab	Macropharyngodon meleagris	Lab	Anampses femininus	Lab	Hemigymnus fasciatus	Pri	Priacanthus hamrur
Lab	Oxycheilinus diagrammus	Lab	Anampses neoguinaicus	Lab	Hemigymnus melapterus	Sca	Scarus bleekeri
Lab	Thalassoma lunare	Lab	Bodianus loxozonus	Lab	Labroides bicolor	Sca	Scarus flavipectoralis
Lab	Thalassoma lutescens	Lab	Bodianus perditio	Lab	Labroides dimidiatus	Sca	Scarus globiceps



Lab	Thalassoma nigrofasciatum	Lab	Cheilinus fasciatus	Lab	Labropsis australis	Syn	Saurida gracilis	
Mic	Ptereleotris evides	Lab	Cheilinus undulatus	Lab	Oxycheilinus lineatus			
Mul	Parupeneus barberinoides	Lab	Coris batuensis	Lab	Oxycheilinus unifasciatus			50
Mul	Parupeneus multifasciatus	Lab	Coris centralis	Lab	Thalassoma lunare			
Nem	Pentapodus aureofasciatus	Lab	Epibulus insidiator	Lab	Thalassoma lutescens			
Pin	Parapercis hexophtalma	Lab	Halichoeres ornatissimus	Lab	Thalassoma nigrofasciatum			
Poc	Centropyge bicolor	Lab	Halichoeres prosopoeion	Lut	Lutjanus bohar			
Poc	Centropyge bispinosa	Lab	Hemigymnus fasciatus	Mic	Gunnellichthys curiosus			
Poc	Centropyge flavissimus	Lab	Hemigymnus melapterus	Mic	Ptereleotris evides			
Poc	Centropyge tibicen	Lab	Labroides bicolor	Mul	Parupeneus barberinoides			
Poc	Pomacanthus semicirculatus	Lab	Labroides dimidiatus	Mul	Parupeneus barberinus			
Pom	Amphiprion clarkii	Lab	Labropsis australis	Nem	Scolopsis bilineatus			
Pom	Chromis fumea	Lab	Oxycheilinus diagrammus	Pin	Parapercis hexophtalma			
Pom	Chromis iomelas	Lab	Thalassoma lunare	Poc	Centropyge bicolor			
Pom	Chrysiptera biocellata	Lab	Thalassoma lutescens	Poc	Centropyge bispinosa			
Pom	Chrysiptera taupou	Let	Lethrinus miniatu	Poc	Centropyge flavissima			
Pom	Dascyllus reticulatus	Let	Monotaxis grandoculis	Poc	Centropyge tibicen			
Pom	Pomacentrus bankanensis	Lut	Aprion virescens	Poc	Pomacanthus imperator			
Pom	Pomacentrus nagasakiensis	Lut	Lutjanus fulvus	Poc	Pomacanthus semicirculatus			
Sca	Chlorurus microrhinos	Lut	Lutjanus gibbus	Poc	Pomacanthus sexstriatus			
Sca	Chlorurus sordidus	Lut	Lutjanus quinqueleatus	Pom	Abudefduf sexfasciatus			
Sca	Scarus altipinnis	Lut	Macolor niger	Pom	Abudefduf whiteleyi			
Sca	Scarus ghobban	Lut	Lutjanus bohar	Pom	Chromis iomelas			
Sca	Scarus schlegeli	Lut	Lutjanus fulviflamma	Pom	Chromis margaritifer			
Sig	Siganus argenteus	Lut	Lutjanus kasmira	Pom	Chrysiptera rollandi			
Sig	Siganus spinus	Mic	Gunnellichthys curiosus	Pom	Chrysiptera taupou			
		75	Parupeneus barberinoides	Pom	Dascyllus aruanus			
			Parupeneus multifasciatus	Pom	Dascyllus reticulatus			
		Nem	Scolopsis bilineatus	Pom	Neoglyphidodon nigroris			
		Pin	Parapercis hexophtalma	Pom	plectroglyphidodon johnstonianus			
		Poc	Centropyge bicolor	Pom	plectroglyphidodon lacrymatus			
		Poc	Centropyge bispinosus	Pom	Pomacentrus amboinensis			
		Poc	Centropyge tibicen	Pom	Pomacentrus moluccensis			
		Pom	Amblyglyphidodon aureus	Pom	Pomacentrus nagasakiensis			
		Pom	Chromis analis	Sca	Scarus bleekeri			
		Pom	Chromis atripes	Sca	Scarus rubroviolaceus			
		Pom	Chromis chrysur	Sca	Scarus schlegeli			
		Pom	Chromis fumea	Syn	Synodus variegatus			
		Pom	Chromis iomelas	Zan	Zanclus cornutus			
		Pom	Chromis margaritifer					
		Pom	Chromis retrofasciata			88		
		Pom	Chromis viridis					
		Pom	Chrysiptera notialis					
		Pom	Chrysiptera rollandi					
		Pom	Chrysiptera starcki					
		Pom	Chrysiptera taupou					
		Pom	Dascyllus aruanus					
		Pom	Dascyllus reticulatus					
		Pom	plectroglyphidodon johnstonianus					
		Pom	Pomacentrus aurifrons					
		Pom	Pomacentrus bankanensis					
		Pom	Pomacentrus chrysurus					
		Pom	Pomacentrus moluccensis					
		Pom	Pomacentrus philippinus					
		Sca	Chlorurus microrhinos					
		Sca	Chlorurus sordidus					
		Sca	Hipposcarus longipes					
		Sca	Scarus bleekeri					
		Sca	Scarus chameleon					
		Sca	Scarus flavipectoralis					
		Sca	Scarus schlegeli					
		Sca	Scarus sordidus					
		Sco	Scomberomorus commerson					
		Sig	Siganus corallinus					
		Sph	Sphyræna jello					

**Aqua**



**Terra**

**Mission terrain** : campagne courantologique, mesures de bruits, prélèvements eaux et sédiments, ...

**Indices biotiques** : IBNC, IBS

**Etats initiaux** : inventaire floristique et faunistique (milieux marins, littoral, miniers...), hydrologie, géologie, zones dégradées

**Etudes de Faisabilité technique et environnementale** : projets agricoles, aquacoles, carrière et mine

**Etudes d'impact sur l'Environnement**

**Dossier d'Autorisation d'Occupation du Domaine Public Maritime (DAODPM)**

**Dossier Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)** : déclaration et autorisation

**Plans de restauration et de réhabilitation** : carrière, mine, milieu marin (récifs), mangroves et rivières

**Conception pour les aménagements touristiques** : jardins paysagers sous-marins

**Maîtrise d'œuvre / suivi de chantier** en terrassement, gestion des eaux et revégétalisation

**Consulting en revégétalisation de sites miniers**

**Formation, sensibilisation** : environnement, normes, réglementations, audits internes

**Management qualité** – Norme ISO 9001

**Management environnemental** – Norme ISO 14001

## **ANNEXE IV**

# **SUIVI DE LA QUALITE ECO-TOXICOLOGIQUE (METAUX) DES EAUX DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE PAR TRANSPLANTATION D'ESPECES BIO-INDICATRICES (BIO-ACCUMULATION) Année 2010**



**SUIVI DE LA QUALITE ECOTOXICOLOGIQUE (METAUX) DES EAUX DE LA ZONE  
SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE PAR TRANSPLANTATION  
D'ESPECES BIOINDICATRICES (BIOACCUMULATION)**

**RAPPORT FINAL**

**Octobre 2010**



## CONTRAT DE CONSULTANCE AEL-LEA/VALE-NC

### **Convention n°C2466**

SUIVI DE LA QUALITE ECOTOXICOLOGIQUE (METAUX) DES EAUX DE LA  
ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE PAR TRANSPLANTATION  
D'ESPECES BIOINDICATRICES (BIOACCUMULATEURS)

**Ludovic BREAU**

**Adeline GOYAUD**

**Hélène LEGRAND**

**Mathieu DOLBECQ**

AEL-LEA, Nouvelle-Calédonie, Octobre 2010



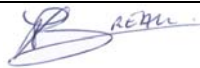




Nombre de pages : 37

	<b>N/Réf</b>	<b>V/Réf</b>
<b>Identification</b>	100217-VI-05	C2466

<b>Titre</b>	SUIVI DE LA QUALITE ECOTOXICOLOGIQUE (METAUX) DES EAUX DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE PAR TRANSPLANTATION D'ESPECES BIOINDICATRICES (BIOACCUMULATEURS)
--------------	---

<b>Auteurs</b>	Ludovic BREAU, Adeline GOYAUD, Hélène LEGRAND, Mathieu DOLBECQ
----------------	--

APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Ludovic Breau		15/10/2010
Vérificateur	Jean-Michel Fernandez		18/10/2010
Approbateur	Jean-Michel Fernandez		18/10/2010

EVOLUTION		
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
1.0	Rapport final	18/10/2010

COPIE - DIFFUSION	
NOM	ORGANISME
Casalis C	VALE NC, Département Environnement



## SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	- 9 -
<b>Objectifs</b> .....	- 9 -
<b>Méthodologie</b> .....	- 9 -
Récolte et sélection des spécimens à transplanter .....	- 10 -
Immersion, contrôle et récupération des cages .....	- 11 -
Conditions météorologiques.....	- 12 -
Traitement et analyse des échantillons .....	- 14 -
<b>Résultats - Discussion</b> .....	- 16 -
Croissance des bivalves transplantés .....	- 16 -
Condition physiologique des bivalves transplantés.....	- 17 -
Concentrations en métaux dans les bivalves .....	- 19 -
<i>Niveaux de concentration</i> .....	- 19 -
<i>Variabilité temporelle des concentrations</i> .....	- 21 -
Concentrations en métaux dans les algues .....	- 23 -
<i>Niveaux de concentration</i> .....	- 23 -
<i>Variabilité temporelle des concentrations</i> .....	- 25 -
<b>Conclusion</b> .....	- 27 -
<b>Remerciements</b> .....	- 28 -
<b>Références bibliographiques</b> .....	- 29 -
<b>Liste des figures</b> .....	- 30 -
<b>Liste des tableaux</b> .....	- 30 -
<b>Annexes</b> .....	- 31 -



## Introduction

L'étude présentée ici a été conduite par le Laboratoire AEL-LEA à la demande de l'industriel Vale NC afin de répondre au cahier des charges établi par la Province Sud de Nouvelle Calédonie en matière d'environnement. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la surveillance écotoxicologique du milieu marin et de l'évaluation des risques environnementaux et sanitaires associés aux rejets liquides du complexe minier de Vale NC dans le Canal de la Havannah.

Sur la base des précédents travaux de recherche réalisés dans ce domaine par notre équipe et nos partenaires, la méthode de transplantation en stations artificielles d'espèces marines bioindicatrices capables de bioaccumuler certains métaux a été proposée à Vale NC pour effectuer un suivi à long terme des apports en métaux biodisponibles d'origines naturelle et industrielle dans cette zone.

Ce rapport présente les résultats obtenus dans le cadre de la mise en œuvre de la seconde campagne de transplantation.

## Objectifs

La méthode de transplantation d'espèces bioindicatrices en stations artificielles consiste à immerger pendant trois mois deux espèces bioindicatrices accumulatrices de métaux (une algue et un bivalve) dans des cages en plastique disposées à une profondeur et des localisations géographiques prédéfinies. A l'issue de cette période d'immersion des spécimens dans le milieu récepteur à surveiller, les concentrations en différents métaux accumulés dans les tissus des deux espèces sont mesurées par analyse chimique ; divers paramètres physiologiques (taux de croissance et condition physiologique globale) sont également étudiés chez les bivalves. Les données ainsi obtenues avant le début des rejets liquides dans le milieu marin puis chaque année à la même période pendant toute la durée d'exploitation du complexe minier permettront d'évaluer quantitativement l'évolution des apports en métaux biodisponibles dans le milieu marin côtier sur le long terme.

## Méthodologie

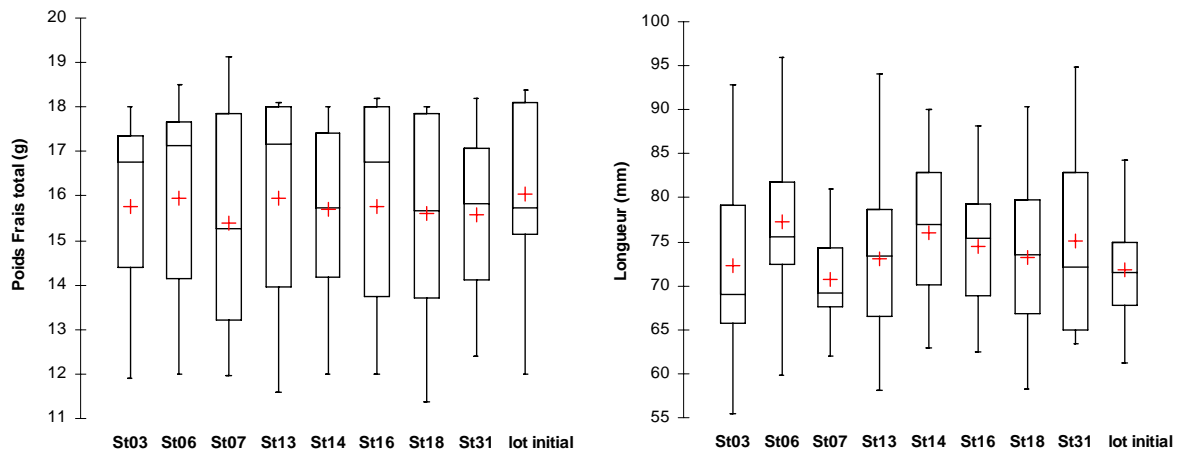
Le principe, les avantages, la mise au point et les aspects techniques de la méthode de transplantation sont présentés de manière détaillée dans le rapport [Breau et al., 2009b](#) ; cette méthode suit en outre étroitement les recommandations formulées dans le protocole international standardisé [ASTM E2122-02](#).

## Récolte et sélection des spécimens à transplanter

Les bivalves *Isognomon isognomon* Linnaeus et les macroalgues brunes *Lobophora variegata* (Lamouroux) Womersley ont été récoltés les 19 et 20 mai 2010 dans la Baie Maa, précédemment identifiée comme un site de référence pour l'étude de la plupart des métaux étudiés (Breau, 2003 ; Breau *et al.*, 2003).

Après tri et brossage des coquilles à l'aide d'une brosse, les bivalves (n = 394) ont été mis en dépuration pendant 48 h dans de l'eau de mer décantée (Aquarium des Lagons) afin d'éliminer les matières ingérées. Après dépuration, les spécimens ont été épongés et pesés (poids frais total de l'animal vivant) puis mesurés au dixième de millimètre à l'aide d'un pied à coulisse (longueur linéaire de la coquille à partir de la pointe de la charnière, près du byssus).

L'âge et la croissance des bivalves étant susceptibles d'exercer une influence sur les processus de bioaccumulation, une sélection des spécimens à transplanter a été réalisée d'après des critères biométriques, en particulier le poids frais total de l'animal vivant (Breau *et al.*, 2009b). Sur la base de l'étude de la structure biométrique de la population récoltée en Baie Maa puis de la campagne de transplantation réalisée en 2009 (Breau *et al.*, 2009c), une sélection des spécimens ayant un poids frais total compris entre 12 et 18 g a été réalisée. Neuf lots de quinze bivalves chacun ont ensuite été constitués par tirage aléatoire au sein des individus sélectionnés précédemment. Les poids frais moyens varient de  $15,38 \pm 2,48$  g à  $16,03 \pm 2,04$  g, soit une moyenne globale de  $15,74 \pm 2,19$  g. Ces neuf lots ne présentent aucune différence significative de poids frais total ( $p=0,983$ , test de Kruskal-Wallis) (Figure 1). Les longueurs moyennes des coquilles varient de  $70,7 \pm 5,3$  mm à  $77,3 \pm 9,6$  mm, soit une moyenne globale de  $73,8 \pm 8,8$  mm, et ne diffèrent pas significativement ( $p=0,527$ ).



**Figure 1** : Variabilité des poids frais moyens et des longueurs moyennes des neuf lots de bivalves *Isognomon isognomon* vivants sélectionnés pour l'étude. Les rectangles représentent la distribution de 50 % des spécimens ; à l'intérieur de ces « boîtes de Tuckey », la croix représente la moyenne des valeurs et le trait horizontal la médiane (valeur centrale du lot). Les traits verticaux entourant les boîtes représentent la distribution des autres spécimens.

Les algues *Lobophora variegata* récoltées ont été triées afin de sélectionner les frondes de taille supérieure à la maille des cages de transplantation. Celles-ci ont ensuite été brossées puis distribuées de façon à constituer neuf lots de vingt algues chacun. Contrairement aux bivalves, aucune mesure individuelle n'a été réalisée sur les algues.

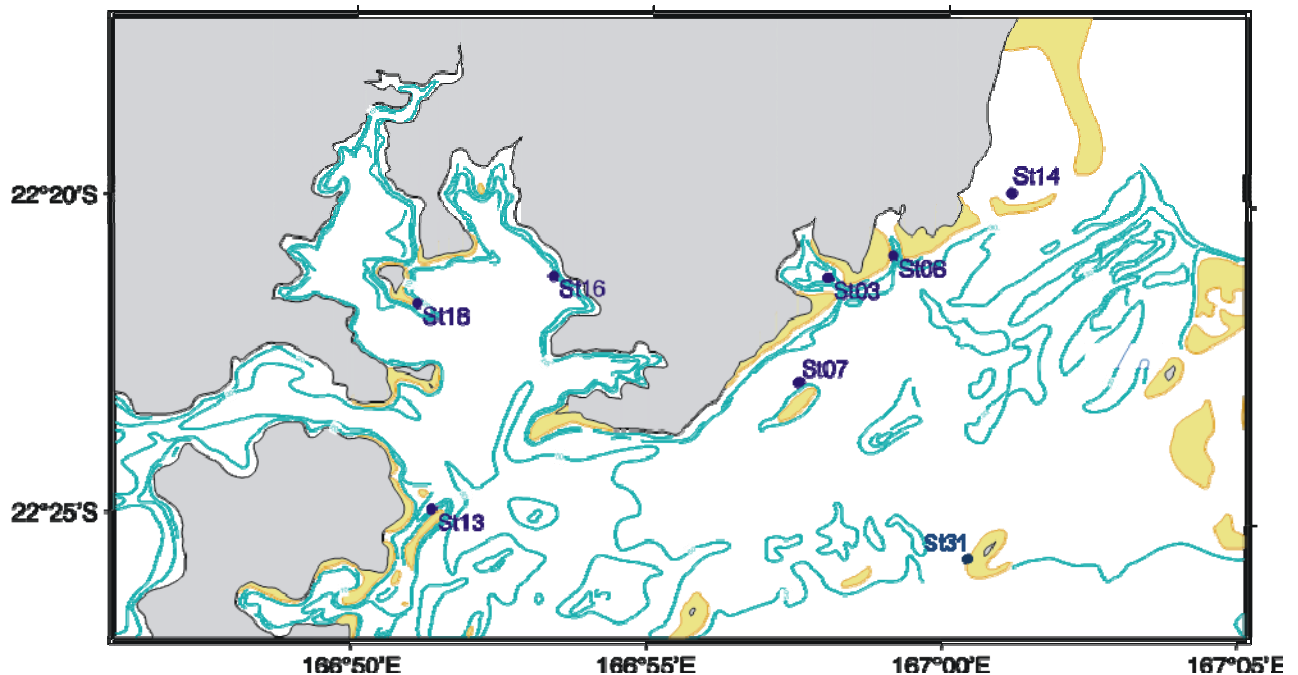
Pour chacune des deux espèces, huit des neuf lots ont été transférés dans des glacières compartimentées remplies d'eau de mer jusqu'à leur immersion en cages dans les jours suivants ;

le neuvième lot a été congelé à -25°C dans l'attente de son traitement pour la détermination des concentrations initiales en métaux avant transplantation.

### **Immersion, contrôle et récupération des cages**

Sept des huit stations de transplantation ont été sélectionnées parmi les quatorze stations du plan de suivi du milieu marin mentionnées dans la Convention Province Sud/Vale Inco NC (Tableau 1 et Figure 2). Suite à la réalisation de la première campagne de 2009 (Etat de référence), des propositions de déplacement de certaines stations, notamment St 05 (îlot Kié), St 07 (Récif Ioro), et St 14 (Baie de Goro) ont été formulées afin de soustraire les cages aux forts courants observés dans ces zones (Breau *et al.*, 2009c). En outre, la station St 16 (Port commercial) étant localisée dans la zone de manœuvres des navires, il a été proposé de la déplacer hors de cette zone. Ces propositions n'ayant à ce jour pas été intégrées officiellement dans le plan de suivi du milieu marin, sept des huit cages ont à nouveau été déployées sur les positions fixées par la Convention provinciale précédemment citée afin de rester en conformité avec celle-ci. En revanche, les courants trop puissants régnant à la station St 05 (îlot Kié) ayant entraîné une perte du dispositif de suivi et un risque non négligeable pour les plongeurs lors de la première campagne de 2009, cette station a été remplacée par une nouvelle station « St 31 » non référencée dans la Convention, créée sous le vent de l'îlot Nouaré, sur le bord sud-est du Canal de la Havannah (Figure 2). Cette station est supposée pouvoir être utilisée comme station de référence, ce que les résultats de la présente étude permettront d'établir.

La campagne d'immersion des cages a été réalisée les 25 et 26 mai 2010. A chaque station, un lot de bivalves et un lot d'algues, stockés dans les glacières compartimentées remplies d'eau de mer, ont été transférés dans une cage en plastique rigide surmontée d'un flotteur et reliée par un bout à une gueuse. Les cages ont été immergées entre 10 et 12,5 m de profondeur.



**Figure 2 :** Localisation géographique des huit stations de suivi écotoxicologique du milieu marin par transplantation d'espèces bioaccumulatrices.



Après un mois et demi d'immersion, les dispositifs de transplantation immergés à sept des huit stations (St 03, St 06, St 13, St 14, St 16, St 18 et St 31) ont été contrôlés en plongée puis brossés afin d'éliminer le biofouling déposé sur les cages et les flotteurs. En revanche la cage de la station St 07 (Ioro) n'a pas été retrouvée.

**Tableau 1** : Description et localisation des stations de suivi écotoxicologique par transplantation d'espèces bioaccumulatrices.

Station	Localisation	Position GPS cage		Prof. (m)	Prof. Cage
St 03	Chenal de la Baie de Port Boisé	22°21,19	166°58,01	28,4	10,5
St 06	Chenal de la Baie Kwé	22°20,83	166°59,11	27,2	10,0
St 07	Récif Ioro (pointe nord)	22°22,83	166°57,90	38,5	12,5
St 13	Récif Ma (pointe nord), Ile Ouen	22°24,91	166°51,36	32,4	10
St 14	Baie de Goro	22°19,35	167°01,15	35,2	12,5
St 16	Port commercial de l'usine Vale NC	22°21,42	166°53,30	42,6	12,5
St 18	Îlot Casy (pointe du platier sud-est)	22°21,67	166°51,06	22,0	10,0
St 31	Îlot Nouaré (bord ouest)	22°25,46	167°00,45	35,0	11,5

Les 17 et 18 août 2010, soit après trois mois d'immersion, sept des huit dispositifs de transplantation ont été récupérés en plongée sous-marine. Seule la cage St 16 (Port commercial) a été retrouvée posée sur le fond, son flotteur ayant été coupé (vraisemblablement par une hélice de navire) ; la cage St 07 (Récif Ioro), située dans une zone de forts courants, n'a en revanche pas été retrouvée.

Une fois les cages remontées à bord, les spécimens des deux espèces ont immédiatement été transférés et stockés dans des glacières compartimentées référencées contenant de l'eau de mer du site jusqu'à leur retour au laboratoire. Comme l'année précédente, une diminution parfois importante du nombre d'algues dans les cages en fin de transplantation a été notée sans que la raison précise ait pu être identifiée (mortalité et/ou broutage et passage des morceaux à travers les mailles des cages ?).

### **Conditions météorologiques**

Les conditions météorologiques régnant dans la zone pendant les trois mois d'immersion des cages, notamment la force et la direction des vents ainsi que les précipitations, sont susceptibles d'influer sur la nature et la quantité des apports en métaux à chaque station de suivi (lixiviation plus ou moins marquée des sols selon l'intensité des précipitations, puis variation de la dispersion des apports en mer selon la direction et la force des vents). La température de l'eau peut également influencer sur le métabolisme des organismes transplantés, donc potentiellement sur la croissance et la bioaccumulation des contaminants chimiques.

La pluviométrie est mesurée par la station météo de Vale NC, située à l'ancienne usine pilote en bordure de la baie de Prony. Les données de vents et de température sont obtenues grâce à la station météo d'AEL/IRD installée sur la balise du récif Ioro, dans le Canal de la Havannah.

Lors de la campagne de 2010, la pluviométrie totale sur toute la période d'immersion (du 25 mai au 18 août) était de 315 mm sur 85 jours de mesures disponibles. Plus d'un tiers de ce total (soit 123,4 mm) est tombé lors de la seule journée du 13 août (Figure 3). En 2009, la pluviométrie mesurée sur toute la période de transplantation (soit 83 jours de mesures effectives) était sensiblement inférieure, soit 245,4 mm (Figure 3).

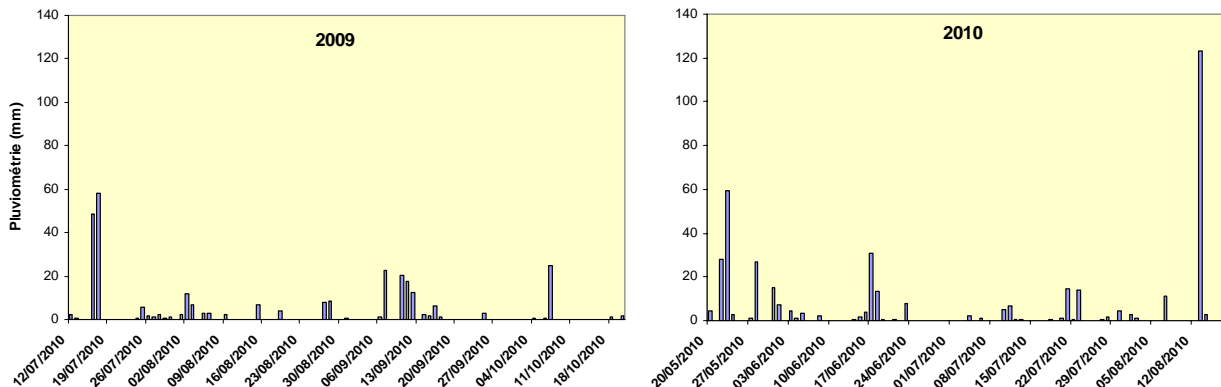


Figure 3 : Pluviométrie journalière mesurée au niveau de l'ancienne usine pilote de Goro Nickel pendant toute la durée des campagnes de transplantation 2009 et 2010.

La force des vents pendant les deux campagnes est généralement comprise entre 3 et 9 m/s, et peut ponctuellement atteindre 10 à 11 m/s en moyenne journalière (Figure 4). Les vents sont très majoritairement de secteur Sud à Est, et basculent occasionnellement à l'ouest, notamment en 2010 (Figure 4).

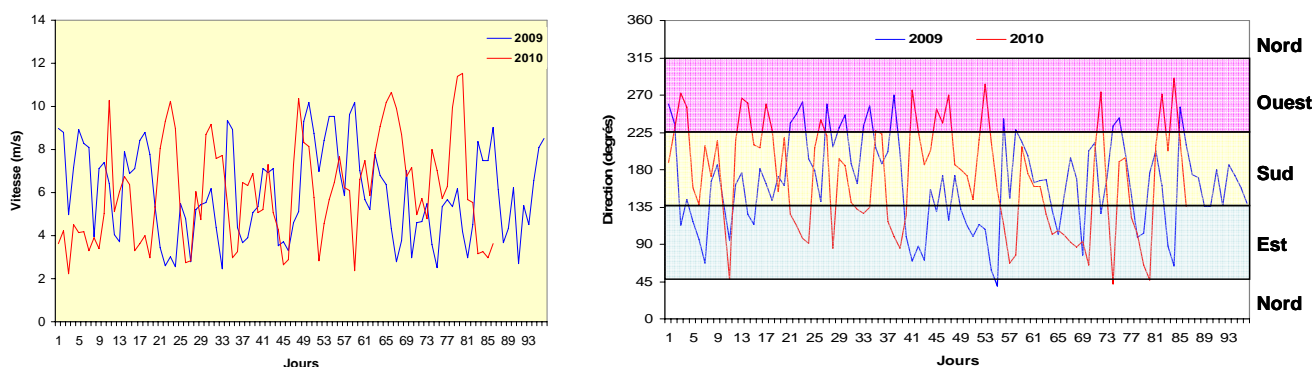


Figure 4 : Force (à gauche) et direction (à droite) des vents (moyennes journalières) mesurées en continu à la station de Ioro pendant toute la durée de transplantation.

Les températures de l'eau (mesurées au pied de la balise de Ioro) montrent en revanche une différence marquée entre les deux campagnes, les températures de 2010 étant nettement supérieures à celles de 2009 pendant la plus grande partie de la période d'immersion (Figure 5).



**Figure 5 :** Température de l'air (à gauche) et de l'eau (à droite) (moyennes journalières) mesurées en continu à la station de Ioro pendant toute la durée de transplantation.

### Traitement et analyse des échantillons

Après récupération des cages, les bivalves transplantés ont été placés 48 h en dépuración puis brossés afin d'éliminer les matières ingérées ainsi que les sédiments et l'épibiose adhérents. Après dépuración, chaque spécimen a été mesuré au pied à coulisse, épongé et pesé pour l'obtention du poids frais total, puis disséqué. Les tissus mous ont été pesés pour l'obtention du poids frais des chairs, puis congelés, lyophilisés et repesés pour l'obtention du poids sec individuel. Les valves sèches ont également été pesées. A partir des variables biométriques obtenues, différents paramètres physiologiques ont été calculés :

- **la croissance relative et le taux de croissance journalière (TCJ) en longueur et en poids frais total :**

$$\text{TCJ (\%)} = ((\text{Ln Vf} - \text{Ln Vi}) \times 100) / (\text{Tf} - \text{Ti})$$

Avec **Ln V** : logarithme népérien de la variable biométrique V (longueur ou poids frais total) mesurée à **Ti** (**Vi**) et à **Tf** (**Vf**) ; **Ti** : début de transplantation ; **Tf** : fin de transplantation.

- **L'indice de condition physiologique (IC) :**

Cet indice reflète l'importance du remplissage de l'intérieur de la coquille du bivalve par la chair, donc son l'état physiologique global ; celui-ci dépend principalement de la quantité et de la qualité de la nourriture phytoplanctonique disponible ainsi que des conditions physico-chimiques du milieu ambiant. Plusieurs auteurs ont proposé différentes formules pour le calcul de cet indice ; trois d'entre elles (les plus couramment utilisées) ont été retenues dans le cadre de cette étude : l'indice (**IC 1**) de [Lucas & Beninger \(1985\)](#), l'indice (**IC 2**) de [Lawrence & Scott \(1982\)](#), et l'indice AFNOR ou indice de qualité (**IC 3**) (norme AFNOR NF V45056, 1985) obtenus selon les formules suivantes :

$$\text{IC 1} = (\text{PS} / \text{PC}) \times 1000$$

$$\text{IC 2} = (\text{PS} / [\text{PF tot} - \text{PS}]) \times 1000$$

$$\text{IC 3} = (\text{PF chairs} / \text{PF tot}) \times 100$$

avec : **PS** : poids sec des chairs entières lyophilisées ; **PC** : poids sec de la coquille ; **PF tot** : poids frais total de l'animal vivant ; **PF chairs** : poids frais des chairs.

L'étude de ces paramètres a pour but d'estimer l'état physiologique global des spécimens transplantés, lequel reflète en particulier les conditions trophiques ambiantes ainsi que l'état de maturité sexuelle. Des travaux conduits sur la moule *Mytilus galloprovincialis* transplantée dans

des zones de conditions trophiques hétérogènes en Méditerranée ont permis de mettre en évidence l'existence de relations de proportionnalité inverse entre l'indice de condition de Lucas et Beninger (1985) (IC1 dans notre étude) et les concentrations en métaux (Andral *et al.*, 2004). Ces résultats suggèrent qu'un bivalve vivant dans de bonnes conditions trophiques bioaccumule moins de métaux qu'un bivalve soumis à des conditions trophiques moins favorables, ou bien que des concentrations en métaux significatives dans les tissus induisent une toxicité pouvant altérer cet état physiologique global. L'identification de telles relations chez *Isognomon isognomon* nécessite d'obtenir un nombre significatif de données au niveau géographique et temporel, d'où l'intérêt de cette étude.

Les chairs lyophilisées des quinze bivalves de chaque station ont été combinées trois par trois de manière aléatoire pour constituer cinq pools par station. Cette méthode du « pooling » permet de réduire significativement le nombre total d'échantillons à analyser.

De même, les algues ont été brossées et rincées à l'eau de mer, puis combinées pour former cinq lots par station. Les lots d'algues ont été congelés dans des sachets référencés puis lyophilisés.

Chaque lot de bivalves et d'algues a ensuite été minéralisé en conditions hyperbares (four micro-ondes) avec un mélange d'acide nitrique et de peroxyde d'hydrogène (qualité analytique) afin de solubiliser les métaux accumulés dans les tissus selon la méthode décrite dans Breau (2003) et Breau *et al.* (2009b). Un contrôle qualité des méthodes de minéralisation et d'analyse a été effectué en insérant du matériel biologique de référence certifié d'origine marine (TORT-2) entre les séries d'échantillons.

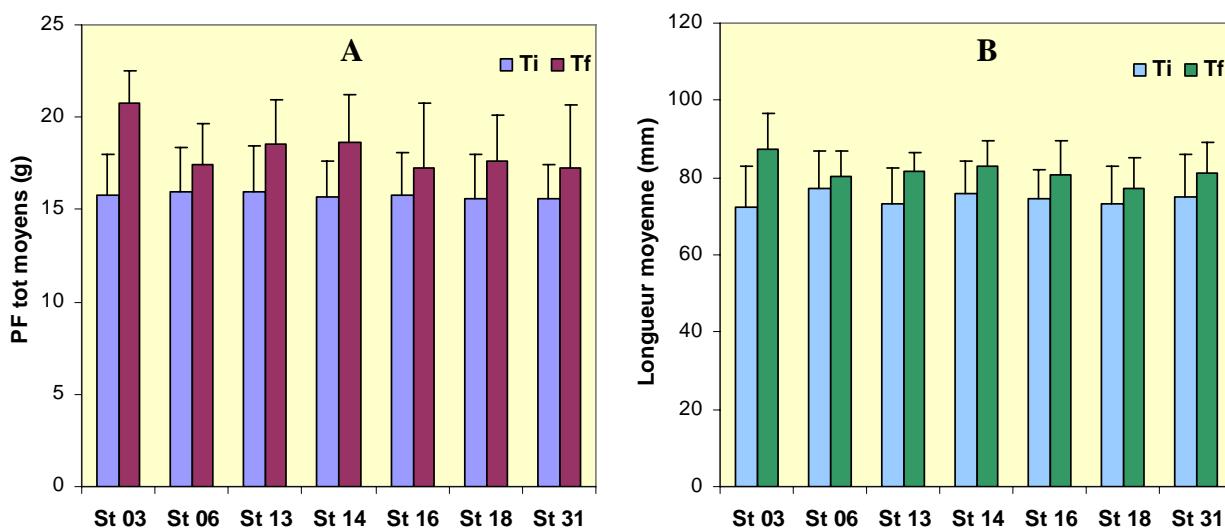
Les solutions obtenues ont été diluées puis analysées par ICP-OES (Varian, Modèle 730 ES) afin de déterminer les concentrations en As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn). La justesse obtenue avec ces séries d'échantillons est de 100 % pour As, 76 % pour Co, 92 % pour Cr, 81 % pour Cu, 88 % pour Fe, 85 % pour Mn, 102 % pour Ni et 100 % pour Zn. Les limites de détection moyennes suivantes ont été obtenues (en µg/g de poids sec) : As : 6,3 µg/g ; Co : 0,14 µg/g ; Cr : 0,05 µg/g ; Cu : 0,08 µg/g ; Fe : 1,2 µg/g ; Mn : 0,17 µg/g ; Ni : 1,3 µg/g ; Zn : 8,0 µg/g.

## Résultats - Discussion

### Croissance des bivalves transplantés

En fin d'expérience, les poids frais totaux moyens s'échelonnent entre  $17,24 \pm 3,44$  g (station St 31-Nouaré) et  $20,76 \pm 1,71$  g (station St 03-Port Boisé), soit une moyenne globale de  $18,22 \pm 2,61$  g toutes stations confondues. A chacune des sept stations, le poids frais total moyen est supérieur à celui mesuré en début d'expérience (Figure 6A), soit une croissance moyenne relative allant de 9,6-9,8 % (St 06-Kwé et St 16-Port) à 31,7 % (St 03-Port Boisé) ; cette différence observée est statistiquement significative (test de Wilcoxon pour échantillons appariés,  $p < 0,05$ ) pour toutes les stations à l'exception de St 06-Kwé ( $p = 0,208$ ), St 16-Port ( $p = 0,169$ ) et St 31-Nouaré ( $p = 0,188$ ). Après trois mois de transplantation, les poids frais totaux présentent une différence significative ( $p < 0,01$ ) entre les stations, due à la croissance nettement plus forte des bivalves de la station St 03-Port Boisé.

De même, les longueurs des coquilles ont sensiblement augmenté pendant la période de transplantation, pour atteindre  $77,2 \pm 7,8$  mm (St 18-Casy) à  $87,2 \pm 9,6$  mm (St 03-Port Boisé), soit une moyenne globale de  $81,6 \pm 7,5$  mm (Figure 6B). Les croissances relatives moyennes sont de 4,0 et 5,4 % aux stations St 06-Kwé et St 18-Casy, respectivement, de 8,0 à 9,2 % aux stations St 31-Nouaré, St 16-Port et St 14-Goro, de 11,7 % à la station St 13-Ouen, et de 20,7 % à la station St 03-Port Boisé. Cette augmentation en longueur est significative (test pour échantillons appariés,  $p < 0,05$ ) à toutes les stations sauf St 06-Kwé ( $p = 0,151$ ), St 18-Casy ( $p = 0,229$ ) et St 31-Nouaré ( $p = 0,169$ ).



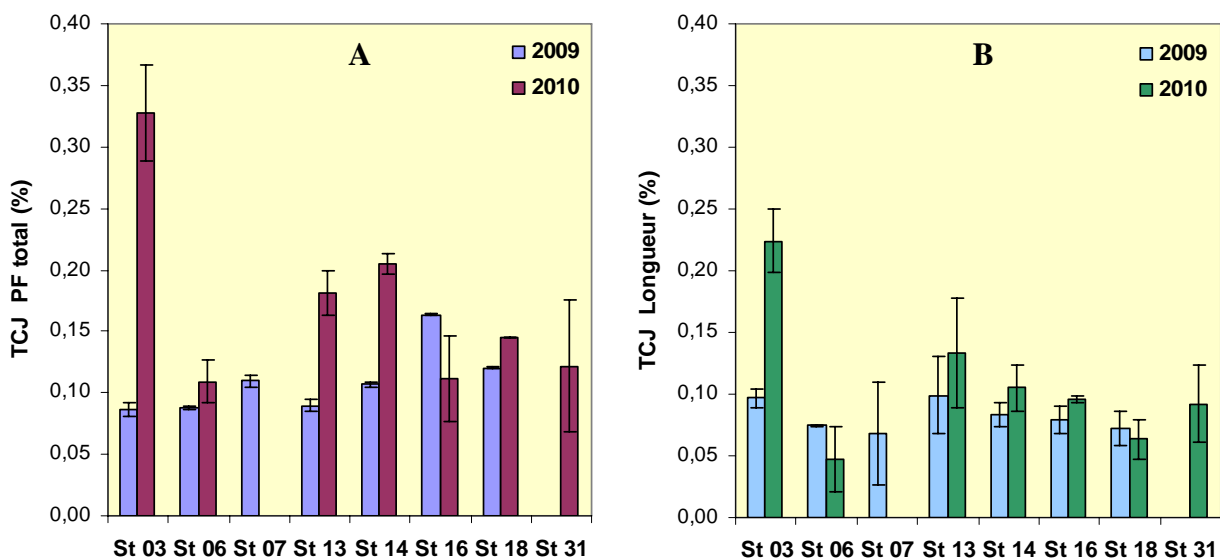
**Figure 6 :** Comparaison des poids frais totaux moyens (A) et des longueurs des coquilles (B) avant (Ti) et après (Tf) transplantation chez le bivalve *Isognomon isognomon* (n=15/station).

Les taux moyens de croissance journalière correspondants sont de 0,11 % (St 06-Kwé et St 16-Port usine), 0,12-0,14 % (St 31-Nouaré et St 18-Casy), 0,18-0,21 % (St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro) et 0,33 % (St 03-Port Boisé) pour le poids frais total (Figure 7A). Pour la longueur des coquilles, les taux moyens de croissance journalière sont de 0,05-0,06 % pour St 06 et St 18, 0,09-0,10 % pour St 31, St 14 et St 16, de 0,13 % pour St 13, et de 0,22 % pour St 03 (Figure 7B).

Les taux de croissance journalière du poids frais total sont supérieurs à ceux obtenus lors de la première campagne de 2009 (Figure 7A) à toutes les stations sauf à la station St 16-Port, à laquelle une diminution d'environ 30 % est observée. En fin de transplantation, la cage de cette dernière station a été retrouvée posée au fond suite à la destruction de son flotteur ; la différence de croissance observée s'explique donc probablement par la diminution des apports trophiques (microalgues planctoniques) à 42 m de fond par rapport à ceux précédemment rencontrés à 16 m de profondeur (correspondant à la position de cage St 16 lors de la première campagne).

L'importance de l'augmentation des taux de croissance pondérale varie selon les stations et est de 20-25 % aux stations St 18-Casy et St 06-Kwé, de 92-103 % aux stations St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro, et atteignent 279 % à la station St 03-Port Boisé. En ce qui concerne la longueur des coquilles, les taux de croissance obtenus en 2010 sont supérieurs de 21-26 % aux stations St 16 et St 14, de 35 % à St 13, et de 132 % à St 03 ; les taux ont en revanche diminué de 12 % à St 18, et de 37 % à St 06.

En l'absence actuelle de rejets industriels, ces différences reflètent la variabilité naturelle de la croissance de ces bivalves en relation avec les conditions du milieu. Parmi ces conditions, l'augmentation de la température de l'eau par rapport à celle mesurée lors de la campagne de 2009 pourrait en partie expliquer cette hausse de croissance.



**Figure 7** : Taux moyens de croissance journalière (en %,  $\pm$  intervalle de confiance à 95 %) chez les bivalves transplantés (A : poids frais total ; B : longueur coquille) (n=15/station).

### **Condition physiologique des bivalves transplantés**

Les différents indices de condition physiologique (IC) médians varient de 11,2 (St 03-Port Boisé) à 13,0 (St 18-Casy) pour IC1 (valeur médiane avant transplantation (Ti) : 12,9), de 41,5 (St 03-Port Boisé) à 51,1 (St 06-Kwé) pour IC2 (Ti : 45,8), et de 10,2 (St 06-Kwé) à 11,0 (St 03-Port Boisé) pour IC3 (Ti : 11,3) (Figure 8). Le classement des stations par ordre d'indice de condition diffère selon l'IC considéré et aucune tendance commune nette ne se dégage de l'étude comparative de ces trois indices.

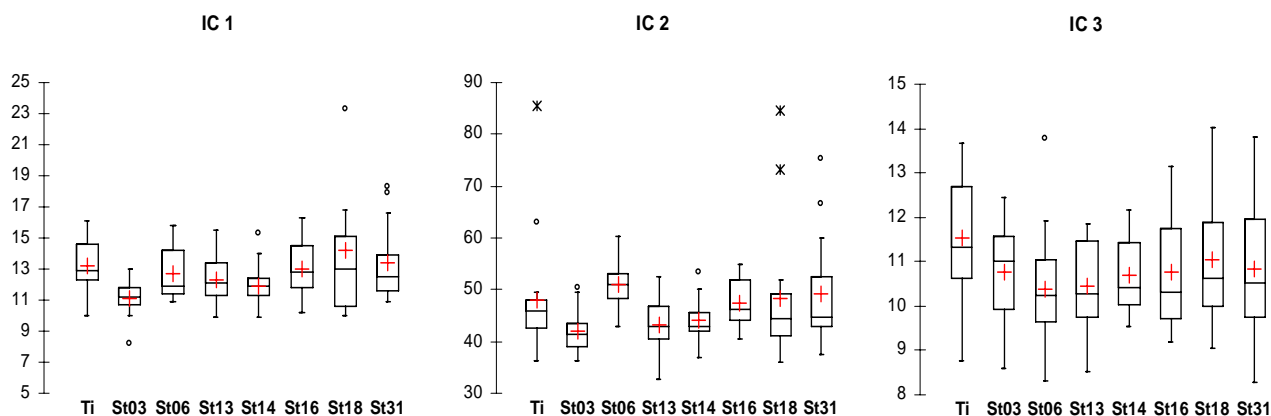
Comme en 2009, la variabilité des IC entre stations est globalement peu marquée. Cette relative homogénéité des indices implique que si des relations de proportionnalité sont

ultérieurement mises en évidence entre certains IC et les concentrations en divers métaux chez *I. isognomon*, la correction des concentrations en métaux en prenant en compte un indice de condition standard (Andral *et al.*, 2004) affecterait peu les niveaux de concentrations en métaux présentés dans la suite de notre étude.

Pour IC1, la valeur médiane la plus basse s'observe à la station St 03-Port boisé et est significativement inférieure à la valeur initiale avant transplantation et à celles de la plupart des autres stations ( $p=0,020$ ) hormis St 13 et St 14. Les IC1 des autres stations ne diffèrent en revanche pas statistiquement.

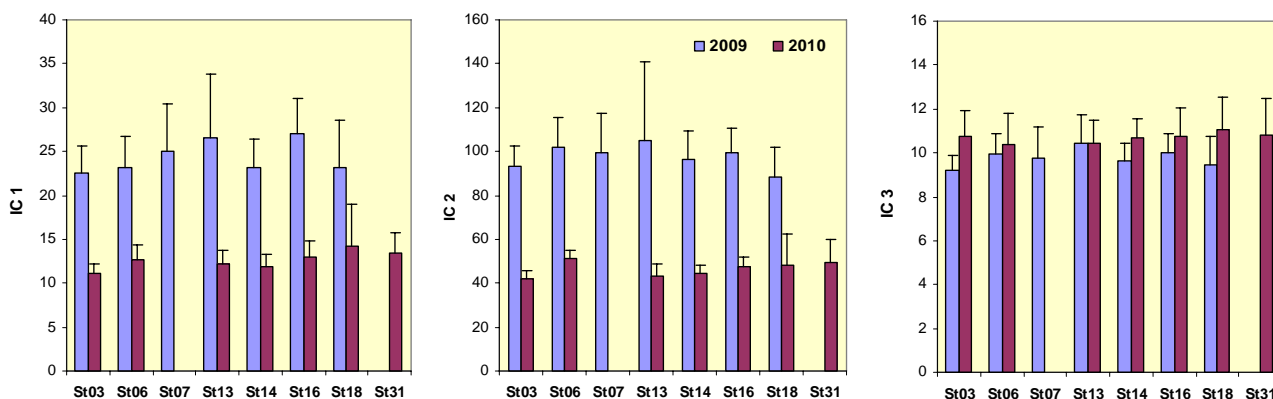
Pour IC2, la valeur médiane la plus faible (St 03) est significativement inférieure à la valeur initiale avant transplantation (Ti) ainsi qu'aux médianes des stations St 06, St 16 et St 31, tandis que la valeur maximale à St 06 est significativement supérieure aux médianes à Ti ainsi qu'aux autres stations, sauf St 16-Port usine. Les IC2 médians des autres stations ne diffèrent en revanche pas statistiquement de celle avant immersion et présentent des écarts peu marqués.

Pour IC3, les IC de l'ensemble des stations ne diffèrent pas significativement entre eux ( $p=0,375$ ) et sont tous sensiblement inférieurs à la valeur initiale avant transplantation ; cette différence avec Ti n'est cependant significative qu'aux stations St 06-Kwé et St 13-Ouen.



**Figure 8 :** Variabilité intra et interstations des trois indices de condition physiologique chez les bivalves sélectionnés ( $n=15$ /station) (IC1 : indice de Lucas & Beninger (1985) ; IC2 : indice de Lawrence & Scott (1982) ; IC3 : indice AFNOR (norme AFNOR NF V45056)).

La comparaison de ces résultats avec les IC calculés lors de la précédente campagne de 2009 (Figure 9) indique que les IC moyens obtenus en 2010 sont globalement deux fois plus faibles pour IC1 et IC2, alors qu'ils sont quasiment similaires voire très légèrement supérieurs pour IC3.



**Figure 9 :** Comparaison des indices de condition moyens ( $\pm$  écart-type) chez les bivalves transplantés en 2009 ( $n=20$ /station) et en 2010 ( $n=15$ /station).

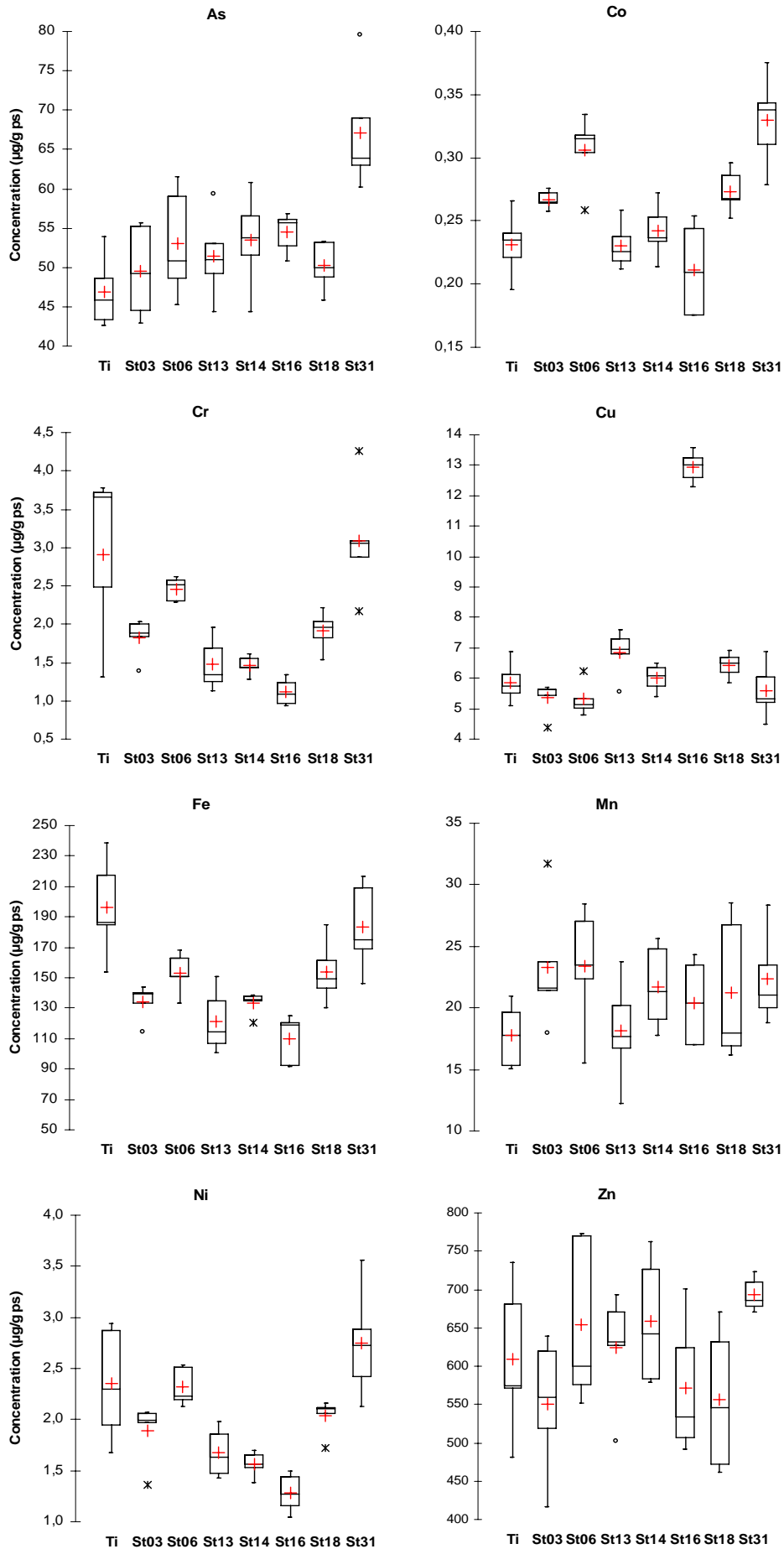
## Concentrations en métaux dans les bivalves

### Niveaux de concentration

La variabilité des concentrations en métaux mesurées dans les chairs entières des bivalves lors de la campagne de transplantation de 2010 est représentée à la [Figure 10](#).

- Arsenic (As)** : les concentrations moyennes dans les bivalves transplantés s'échelonnent de  $49,5 \pm 5,9 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé) à  $67,2 \pm 7,6 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré) ; cette dernière valeur est assez nettement supérieure à celles des autres stations. Les concentrations après transplantation sont toutes sensiblement supérieures à celle mesurée sur le lot initial avant immersion (Ti), mais la différence n'est statistiquement significative que pour St 16-Port usine et St 31-Nouaré ( $p < 0,05$ ).
- Cobalt (Co)** : la concentration moyenne minimale est mesurée à la station St 16-Port usine, soit  $0,21 \pm 0,04 \mu\text{g/g}$  ; les concentrations maximales sont observées à la station St 31-Nouaré, soit  $0,33 \pm 0,04 \mu\text{g/g}$ , puis à la station St 06-Kwé, soit  $0,31 \pm 0,03 \mu\text{g/g}$ . Les concentrations aux stations St 03-Port boisé, St 06-Kwé, St 18-Casy et St 31-Nouaré après transplantation sont supérieures à celle mesurée avant transplantation mais cette différence n'est significative que pour St 06 et St 31. Les concentrations aux autres stations sont en revanche similaires à celle à Ti.
- Chrome (Cr)** : la concentration moyenne minimale est mesurée à la station St 16-Port, soit  $1,1 \pm 0,2 \mu\text{g/g}$ , et la concentration moyenne maximale à la station St 31-Nouaré, soit  $3,1 \pm 0,8 \mu\text{g/g}$ . A l'exception de cette dernière station, les concentrations moyennes après transplantation sont toutes inférieures à celle initialement mesurée avant la mise en cage.
- Cuivre (Cu)** : à l'exception de la station St 16-Port usine, les concentrations moyennes varient relativement peu entre les différentes stations et par rapport à la concentration initiale à Ti, avec des valeurs comprises entre  $5,3 \pm 0,6 \mu\text{g/g}$  (St 06-Kwé et St 03-Port Boisé) et  $6,8 \pm 0,8 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen). La station St 16 montre en revanche une concentration moyenne environ deux fois supérieure à celles de toutes les autres stations et à celle à Ti (soit  $13,0 \pm 0,5 \mu\text{g/g}$ ), indiquant la présence d'apports significatifs.
- Fer (Fe)** : les concentrations moyennes mesurées après trois mois d'immersion sont généralement inférieures à celle du lot initial avant transplantation, et s'échelonnent de  $110 \pm 16 \mu\text{g/g}$  (St 16-Port) à  $183 \pm 29 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré).
- Manganèse (Mn)** : les concentrations moyennes varient relativement peu entre les stations, avec des valeurs allant de  $18,1 \pm 4,3 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen) à  $23,4 \pm 5,1 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé et St 06-Kwé). Ces concentrations sont similaires ou légèrement supérieures à celle mesurée avant transplantation (Ti).
- Nickel (Ni)** : la concentration moyenne la plus basse s'observe à la station St 16-Port, soit  $1,3 \pm 0,2 \mu\text{g/g}$  ; la concentration moyenne la plus haute est mesurée à la station St 31-Nouaré, soit  $2,7 \pm 0,5 \mu\text{g/g}$ . Ces concentrations sont similaires ou même inférieures à celle obtenue à Ti.
- Zinc (Zn)** : les concentrations moyennes varient de  $551 \pm 89 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé) à  $693 \pm 22 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré) et ne diffèrent pas significativement de celle du lot initial avant transplantation.





**Figure 10** : Variabilité des concentrations en métaux (en  $\mu\text{g/g}$  poids sec) chez le bivalve *Isognomon isognomon* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station).

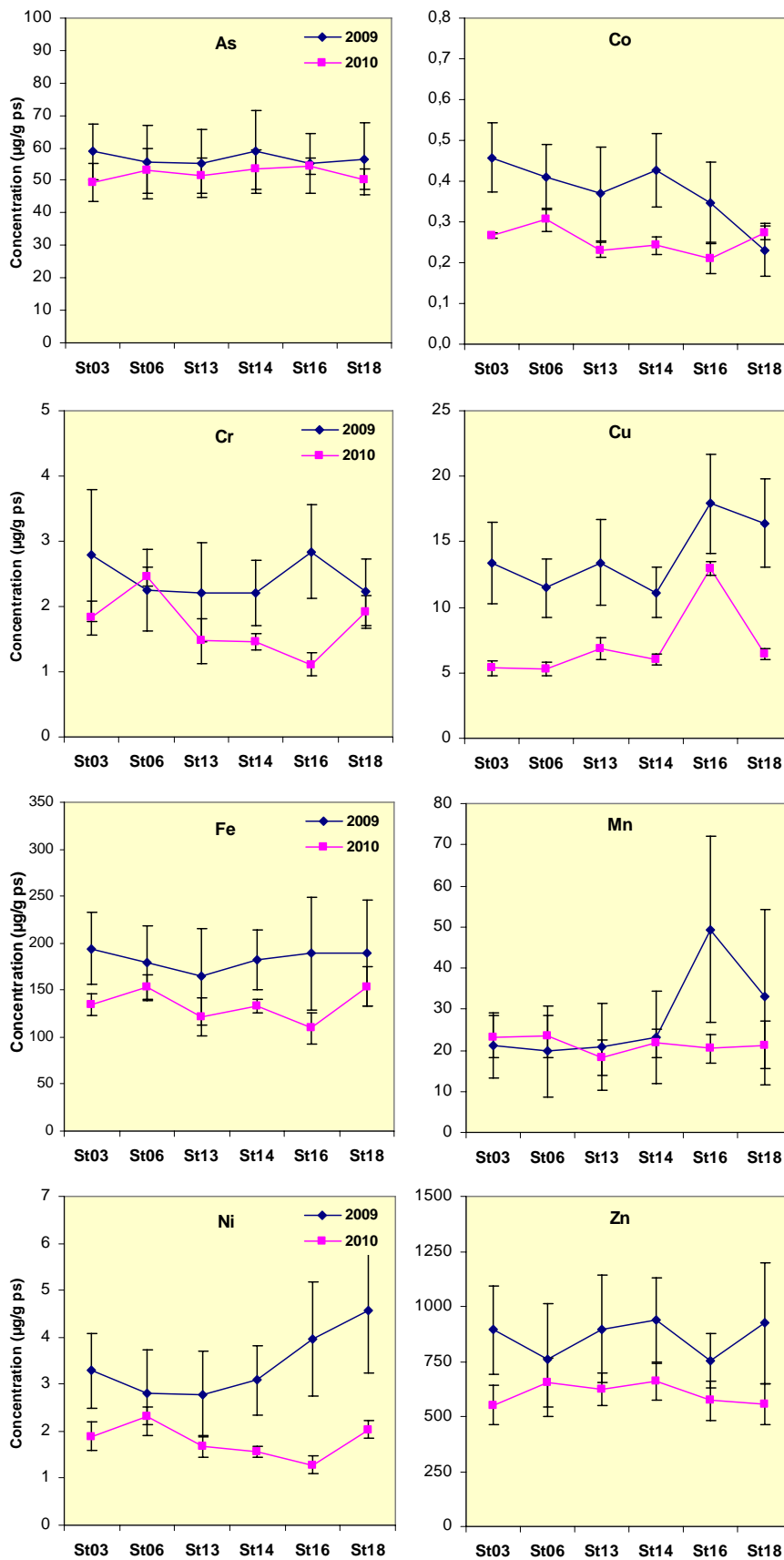
## Variabilité temporelle des concentrations

Les concentrations de chaque métal mesurées sur l'ensemble des stations ont été comparées à celles précédemment obtenues suite à la première campagne de 2009 (Figure 11). Globalement, les concentrations mesurées en 2010 sont inférieures à celles de la première campagne, à quelques exceptions près ; cette diminution est plus ou moins marquée selon le métal considéré :

- **Pour As**, cette diminution est négligeable et les concentrations de 2010 sont donc considérées comme similaires à celles de 2009.
- **Pour Co**, une diminution de 25 % (St 06-Kwé) à 42-43 % (St 03-Port Boisé et St 14-Baie de Goro) apparaît entre les deux campagnes, sauf à la station St 18-Casy, où les concentrations de 2009 et 2010 sont relativement similaires.
- **Pour Cr**, une diminution de 34 % de la concentration moyenne s'observe aux stations St 03-Port Boisé, St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro ; la station St 16-Port usine montre une diminution encore plus marquée, soit 61 %. En revanche, les concentrations moyennes mesurées lors des deux campagnes sont quasiment similaires pour les stations St 06-Kwé et St 18-Casy.
- **Pour Cu**, la diminution est marquée à toutes les stations (de 28 % à la station St 16-Port à 61 % aux stations St 03-Port Boisé et St 18-Casy). Le pic de concentration mesuré en 2009 à la station St 16-Port se retrouve également en 2010.
- **Pour Fe**, la diminution des teneurs varie de 14 et 19 % aux stations St 06-Kwé et St 18-Casy, de 26-31 % aux stations St 13-Ouen, St 14-Goro et St 03-Port Boisé, et de 42 % au niveau du port de l'usine (St 16).
- **Pour Mn**, les concentrations moyennes de 2009 et de 2010 sont similaires aux stations St 03, St 06, St 13 et St 14. En revanche, une diminution de 35 % des teneurs en Mn est observée à la station St 18-Casy ; la station St 16-Port usine montre une diminution plus marquée (59 %), le pic observé en 2009 n'ayant pas été retrouvé en 2010.
- **Pour Ni**, les concentrations mesurées à la station St 06-Kwé sont relativement proches entre les deux campagnes, avec une légère diminution de 17 % en 2010. Pour les autres stations, une diminution marquée (de 42 % à la station St 03-Port Boisé à 68 % à la station St 16-Port usine) s'observe lors de la seconde campagne.
- **Pour Zn**, la campagne de 2010 révèle une diminution de 14 % (St 06-Kwé) à 38-40 % (St 03-Port Boisé et St 18-Casy) des concentrations moyennes en zinc aux différentes stations.

La diminution de concentration observée pour certains métaux pourrait être liée aux différences d'état physiologique (taux de croissance et indice de condition) évoquées précédemment chez les bivalves transplantés en 2010 par rapport à ceux de 2009.

L'étude comparative des concentrations en métaux chez les algues entre 2009 et 2010 permettra de préciser si ces facteurs biologiques sont en jeu ou si cette diminution est due à une réelle décroissance des concentrations dans le milieu ambiant.



**Figure 11** : Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) des métaux chez les bivalves transplantés aux différentes stations en 2009 (n=20/station) et en 2010 (n=5 pools/station).

## Concentrations en métaux dans les algues

### Niveaux de concentration

La variabilité des concentrations en métaux mesurées dans les frondes des macroalgues brunes lors de la campagne de transplantation de 2010 est représentée à la [Figure 12](#). Les données n'ont pas pu être obtenues pour les stations St 06-Kwé et St 18-Casy (mortalité et disparition quasi totale des algues dans les cages) ni pour la station St 07-Ioro (cage non retrouvée).

- **As** : les concentrations moyennes en métaux mesurées dans les frondes des macroalgues transplantées varient de  $34,6 \pm 5,9 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen) à  $42,7 \pm 2,2 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé) et sont significativement supérieures à celle du lot initial avant transplantation.
- **Co** : les concentrations moyennes sont comprises entre  $1,9 \pm 0,4 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro) et  $3,0 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé). Ces valeurs sont toutes supérieures à celle mesurée à Ti.
- **Cr** : les concentrations moyennes des algues transplantées s'échelonnent de  $3,6 \pm 0,7 \mu\text{g/g}$  (St 14-Baie de Goro) à  $8,9 \pm 2,2 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé) et  $11,1 \pm 3,8 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré) et sont supérieures à celle mesurée avant l'immersion des cages.
- **Cu** : les concentrations moyennes varient de  $2,7 \pm 0,6 \mu\text{g/g}$  (St 03- Port Boisé) à  $5,2 \pm 0,8 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré), puis à  $14,9 \pm 2,5 \mu\text{g/g}$  à la station St 16-Port usine. A l'exception de cette dernière valeur, les concentrations après transplantation sont proches de celle avant immersion.
- **Fe** : les concentrations moyennes vont de  $202 \pm 50 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen) à  $508 \pm 145 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré). Seule cette dernière valeur est supérieure à la concentration initiale avant transplantation ; la concentration moyenne en St 03-Port Boisé est similaire à celle à Ti, tandis que les valeurs moyennes aux stations St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro sont significativement inférieures à la concentration moyenne avant immersion.
- **Mn** : les concentrations moyennes s'échelonnent de  $15,7 \pm 3,3 \mu\text{g/g}$  (St 16-Port usine et St 14-Baie de Goro) à  $27,5 \pm 5,0 \mu\text{g/g}$  (St 03-Port Boisé). Les concentrations moyennes mesurées dans les algues transplantées sont toutes inférieures à celle du lot initial avant immersion.
- **Ni** : les concentrations moyennes varient de  $3,5 \pm 0,8 \mu\text{g/g}$  (St 13-Ouen) à  $8,4 \pm 2,4 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré) et sont similaires (St 13 et St 14) ou supérieures (St 03, St 16 et St 31) à la concentration à Ti.
- **Zn** : les concentrations moyennes s'échelonnent entre  $8,2 \pm 1,1 \mu\text{g/g}$  (St 31-Nouaré) et  $21,3 \pm 7,0 \mu\text{g/g}$  (St 14-Baie de Goro). Toutes les concentrations mesurées après transplantation sont supérieures à celle avant immersion.

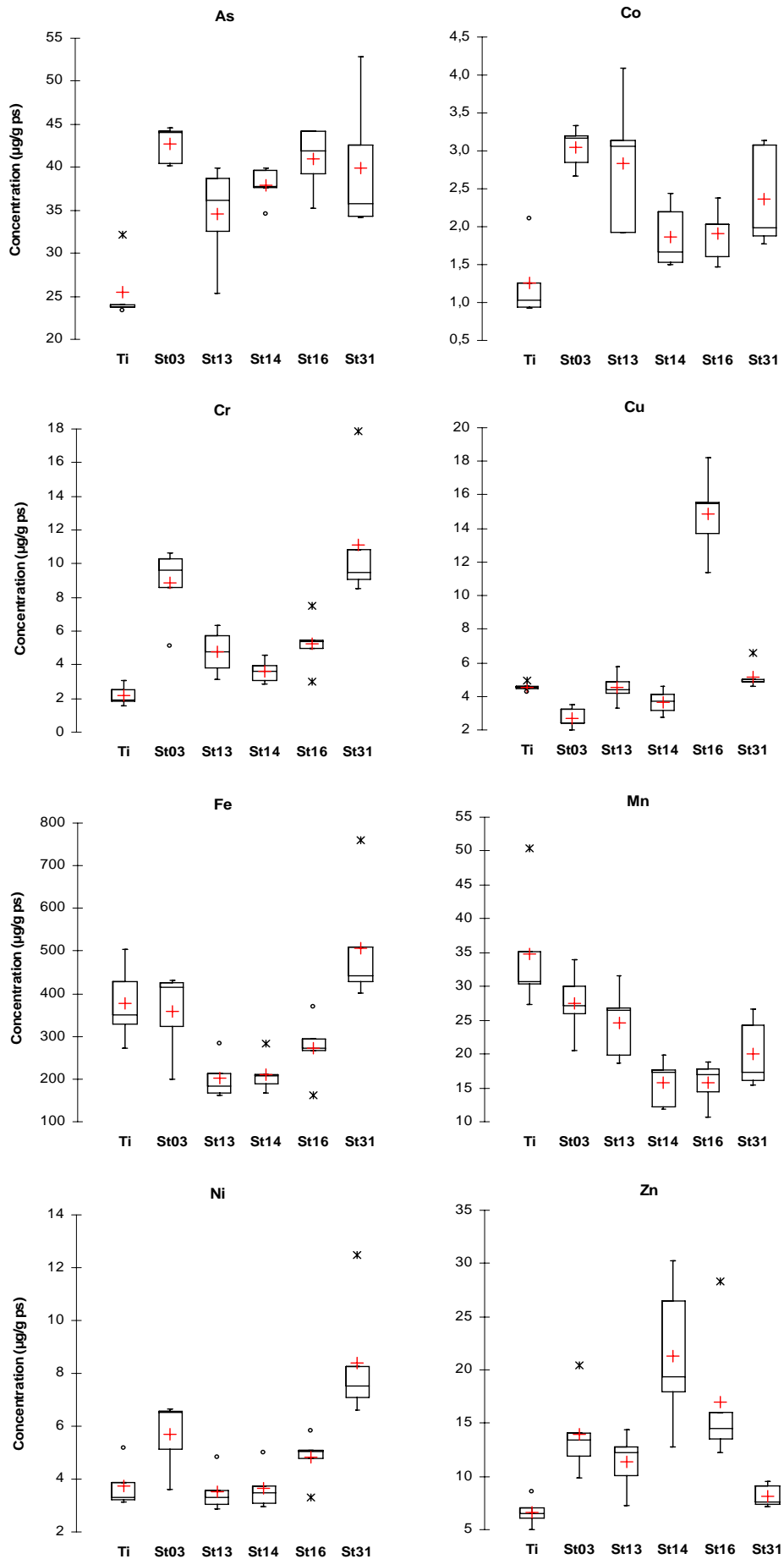


Figure 12 : Variabilité des concentrations en métaux (en µg/g poids sec) chez la macroalgue brune *Lobophora variegata* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station).

## Variabilité temporelle des concentrations

Les concentrations mesurées dans les frondes macroalgales ont été comparées entre les deux campagnes à chaque station pour lesquelles des données sont disponibles pour ces deux périodes (Figure 13). Comme chez les bivalves, les concentrations mesurées lors de la campagne de 2010 sont dans la plupart des cas inférieures à celles obtenues en 2009, à l'exception notable du zinc. Ces variations interannuelles sont étudiées pour chaque métal :

- **Pour As**, aucune diminution significative n'est observable. A l'exception de la station St 16-Port usine, à laquelle la concentration moyenne en 2010 est supérieure à celle de 2009, les concentrations obtenues lors des deux campagnes sont quasi similaires.
- **Pour Co**, une légère diminution des concentrations apparaît aux stations St 13-Ouen et St 16-Port usine ; cette diminution est un peu plus marquée à la station St 14-Baie de Goro, et l'est davantage encore à la station St 03-Port Boisé.
- **Pour Cr**, les concentrations mesurées aux stations St 13-Ouen, St 14-Baie de Goro et dans une moindre mesure St 03-Port Boisé sont identiques entre les deux campagnes ; en 2010, on note cependant une diminution de la concentration moyenne à la station St 16-Port usine.
- **Pour Cu**, les concentrations moyennes en 2010 sont nettement inférieures à celles de 2009 aux stations St 03-Port boisé, St 13-Ouen et St 14-Goro ; les concentrations moyennes des deux campagnes sont en revanche très proches à la station St 16-Port usine.
- **Pour Fe**, la tendance observée est similaire à celle du chrome, avec des concentrations moyennes similaires ou proches aux stations St 13, St 14 et St 03, et une diminution à la station St 16.
- **Pour Mn**, aucune différence de concentration moyenne n'apparaît à la station St 16-Port usine ; une diminution de plus en plus marquée s'observe en revanche en 2010 aux stations St 14-Goro, St 13-Ouen et St 03-Port Boisé, respectivement.
- **Pour Ni**, l'évolution des concentrations moyennes suit une tendance similaire à celles du chrome et du fer.
- **Pour Zn**, une tendance opposée à celle de tous les autres métaux s'observe à chacune des stations ; celle-ci se caractérise par une augmentation significative des concentrations moyennes aux quatre stations pour lesquelles des données communes sont disponibles.

Cette étude comparative chez les algues transplantées révèle des tendances relativement proches de celles précédemment observées chez les bivalves (à l'exception toutefois du manganèse et du zinc), et permet donc d'établir que la diminution globale de la plupart des concentrations chez *Isognomon* correspond bien à une décroissance temporelle des concentrations dans le milieu ambiant plutôt qu'à un effet lié à la variabilité des paramètres physiologiques.

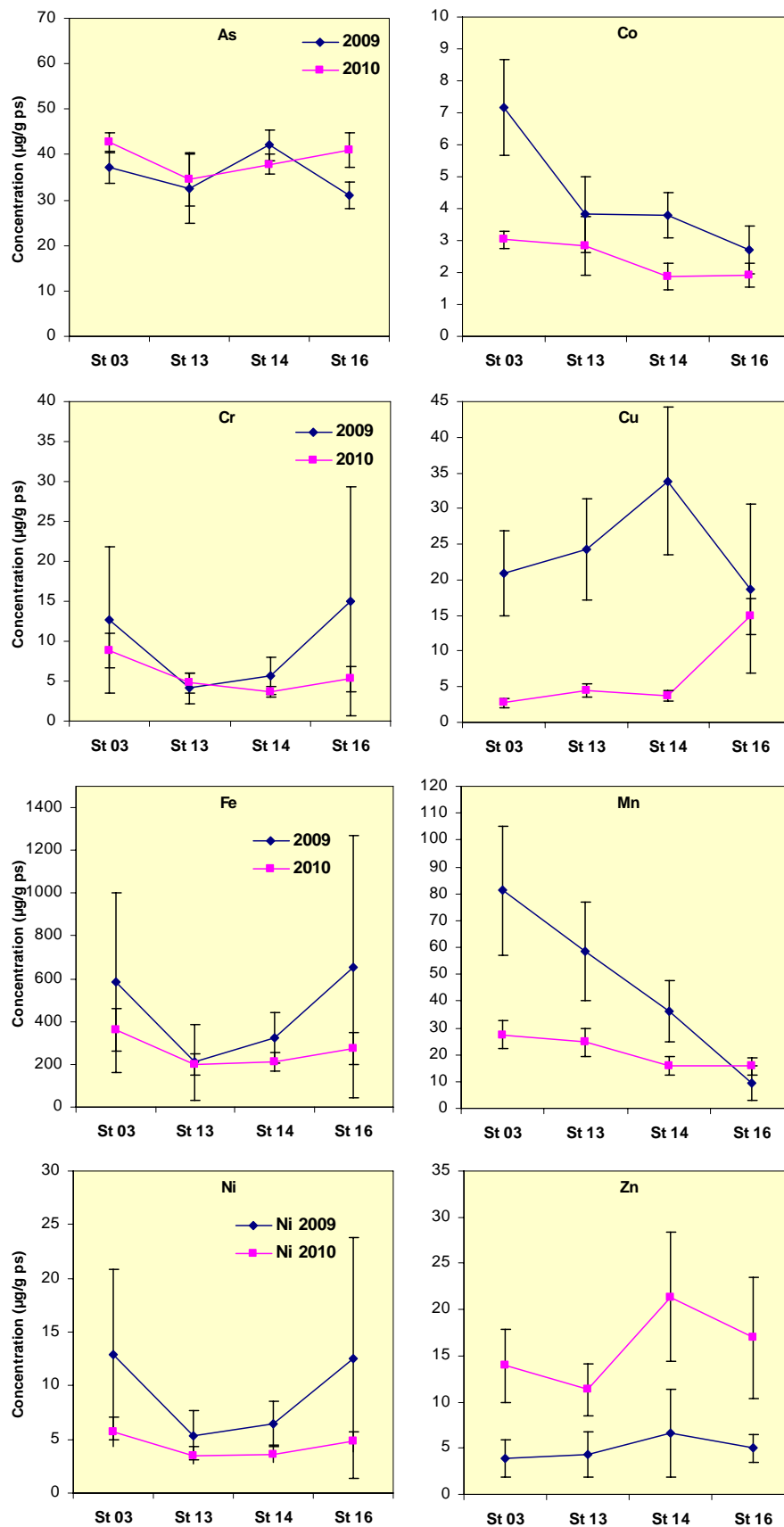


Figure 13 : Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) en métaux chez les algues transplantées aux différentes stations en 2009 (n=20) et en 2010 (n=5 pools/station).

## Conclusion

Cette seconde campagne de transplantation de bioindicateurs quantitatifs dans la zone d'influence potentielle du complexe minier confirme que les conditions environnementales naturelles rencontrées au niveau des stations du suivi écotoxicologique sont favorables à la vie et à la croissance des bivalves *Isognomon isognomon* transplantés. En revanche, une perte du nombre de macroalgues introduites dans les cages a été une nouvelle fois constatée après les trois mois de transplantation, vraisemblablement consécutive à une mortalité ou un broutage par de petits poissons pouvant passer à travers les mailles des cages.

L'importance de la croissance des bivalves transplantés varie cependant entre les stations, avec une augmentation relative du poids frais total allant de 10 à 32 % et une croissance en longueur comprise entre 4,0 et 21 % sur l'ensemble des stations. Les croissances maximales lors de cette campagne 2010 ont été mesurées aux stations St 03-Port Boisé, puis St 13-Ouen et St 14-Baie de Goro ; la comparaison des taux de croissance journalière correspondants avec ceux précédemment obtenus en 2009 indique que les vitesses de croissance pondérale à ces trois stations sont généralement supérieures à celles obtenues lors de la première campagne ; une nette augmentation de la température de l'eau en 2010 pendant la période d'immersion par rapport à la première campagne de 2009 pourrait expliquer en partie cette hausse de croissance.

L'étude des indices de condition physiologique des bivalves transplantés confirme que la variabilité des trois indices est globalement peu marquée entre les stations, comme en 2009, ce qui suggère une relative homogénéité des conditions trophiques entre les diverses stations de suivi. Les indices IC1 et IC2 calculés lors de cette seconde campagne sont cependant environ deux fois inférieurs à ceux de 2009 aux mêmes stations ; en revanche, les IC3 (indice AFNOR) sont similaires voire légèrement supérieurs à ceux de la première campagne. Bien que ces résultats ne soient pas directement exploitables actuellement, leur suivi interannuel s'avère nécessaire pour mieux comprendre les éventuelles relations entre l'état physiologique, les concentrations tissulaires en métaux et une possible toxicité chez cette espèce.

Les concentrations en métaux dans les tissus des bioindicateurs utilisés varient selon l'élément et l'espèce considérés. Dans les chairs entières des bivalves *Isognomon isognomon* après transplantation, les métaux les plus bioaccumulés (quelle que soit la station) sont le zinc (concentrations des pools allant de 417 à 773 µg/g de poids sec) et le fer (de 91 à 217 µg/g). Viennent ensuite l'arsenic (43 à 80 µg/g), le manganèse (12 à 32 µg/g), le cuivre (4 à 14 µg/g), le nickel et le chrome (1 à 4 µg/g), et enfin le cobalt (0,2 à 0,4 µg/g). Chez les algues *Lobophora variegata*, le fer est le métal le plus accumulé (162 à 758 µg/g), puis l'arsenic (25 à 53 µg/g), le manganèse (11 à 34 µg/g) et le zinc (7 à 30 µg/g), puis le cuivre et le chrome (2 à 18 µg/g), le nickel (3 à 13 µg/g) et le cobalt (1,5 à 4,1 µg/g).

Les concentrations en métaux bioaccumulés varient également selon la station. Chez les bivalves, la station St 31-Nouaré (pourtant initialement choisie comme une station de référence alternative à la station St 05-Kié) montre les concentrations en As, Co, Cr, Fe, Ni et Zn les plus fortes. Cette tendance se retrouve également chez les algues pour Cr, Fe et Ni uniquement. Sur la base de ces résultats, cette station ne peut donc pas être utilisée comme une station de référence océanique.

Les concentrations de la plupart de ces métaux mesurées chez les bivalves à la station St 06 (située dans l'estuaire de la Kwé, donc soumise à des apports terrigène fluviaux) sont également parmi les plus élevées pour cette campagne. Aucune donnée n'est cependant disponible pour les algues à cette station suite à la forte mortalité observée. Les concentrations



en As, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées chez les *Lobophora* à la station St 03 (située dans la baie estuarienne de Port Boisé) sont également parmi les plus élevées chez les algues. Comparativement aux autres stations, les concentrations en zinc mesurées dans les deux espèces à la station St 14-Baie de Goro sont assez élevées.

La station St 16-Port se caractérise par ses concentrations en cuivre nettement plus fortes chez les deux espèces par rapport aux autres stations. Ces fortes concentrations sont très probablement dues à une contamination provenant des anti-fouling recouvrant les coques de certains navires (en remplacement du TBT) et/ou de certaines activités portuaires. Les premiers éléments de modélisation obtenus dans le cadre d'un récent programme de recherche conduit par l'équipe à l'IRD (Convention IRD/Vale Inco NC n°1124) ont révélé que le renouvellement des masses d'eau est relativement faible dans cette zone littorale enclavée : les apports en cuivre au niveau du port sont donc faiblement dispersés et enrichissent progressivement la masse d'eau. L'amélioration du modèle (par réduction de la taille de la maille dans la Rade du Nord) envisagée par notre équipe permettrait d'évaluer avec plus de précision le temps de résidence des masses d'eau dans la zone portuaire.

L'étude comparative des concentrations en métaux mesurées lors des deux campagnes de 2009 et de 2010 chez les deux espèces révèle une diminution globale des concentrations moyennes de la plupart des métaux en 2010. Selon les métaux, cette diminution ne s'observe cependant pas à toutes les stations et est plus ou moins marquée selon la station et l'espèce considérée. Cette tendance étant observée chez les deux espèces, ces résultats semblent refléter une réelle diminution des concentrations dans le milieu ambiant plutôt qu'un éventuel effet lié à la variabilité physiologique observée chez les bivalves entre 2009 et 2010. Pour l'arsenic en revanche, aucune différence significative de concentration n'est observée chez les deux espèces quelle que soit la station, sauf chez les algues à la station St 16-Port. En outre, une tendance inverse s'observe pour le zinc, dont les concentrations chez les algues transplantées en 2010 sont supérieures à celles de la campagne de 2009.

Cette seconde campagne de transplantation a été réalisée avant le début des rejets liquides du complexe industriel dans le milieu marin. Celle-ci peut donc être considérée comme une deuxième caractérisation de l'état initial écotoxicologique du milieu marin consécutive à la campagne de 2009. La variabilité des résultats relatifs à la croissance, à la condition physiologique et aux concentrations des divers métaux dans les tissus des deux espèces obtenus entre ces deux campagnes reflète donc en partie la variabilité naturelle de ces variables ou paramètres en fonction des conditions environnementales ambiantes. Cette meilleure connaissance de la variabilité naturelle permettra de mieux comprendre et interpréter les résultats du futur suivi environnemental réalisé selon cette méthodologie.

Les fortes concentrations mesurées à la station St 31-Nouaré, la destruction du flotteur de la cage St 16-Port ainsi que la perte de la cage de la station St 07-Ioro lors de cette seconde campagne confortent nos propositions de relocalisation de ces stations mentionnées dans le rapport relatif à la première campagne (Breau *et al.*, 2009c).

## Remerciements

Cette étude n'aurait pas été possible sans l'aide d'intervenants extérieurs pour la réalisation des opérations de terrain. Un grand merci, donc, à Jérémy Simonnot et Claude Mathieu pour leurs interventions en plongée sous-marine dans des conditions parfois difficiles, ainsi qu'à Sandy Morano pour la précision de son pilotage permettant de se positionner sur les stations de transplantation malgré les conditions de houle et de vent.

## Références bibliographiques

- Andral B, Stanisière JY, Sauzade D, Damier E, Thébault H, Galgani F, Boissery P, 2004.** Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Marine Pollution Bulletin*, 49:704-712.
- ASTM, 2002.** E2122-02 : Standard Guide for conducting *in-situ* field bioassays with caged bivalves. *American Society for Testing and Material – International*, West Conshohocken, PA, United States, 30 p.
- Boyden C.R., 1977.** Effect of size upon metal content of shellfish. *Journal of Marine Biology Assessment* UK, 57 : 675-714.
- Breau L., 2003.** Etude de la bioaccumulation des métaux dans quelques espèces marines tropicales : Recherche de bioindicateurs de contamination et application à la surveillance de l'environnement côtier dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. *Thèse de Doctorat de l'Université de La Rochelle*, Spécialité « Océanologie Biologique et Environnement Marin », La Rochelle, France, 318 p. + Annexes.
- Breau L., Miramand P., Fichez R., 2003.** Identification of two tropical bivalves (*Isognomon isognomon* and *Gafrarium tumidum*) as potential biomonitors of metal contamination in the SW lagoon of New Caledonia. In: G. Richard (Editeur), *III<sup>ème</sup> Congrès des Sociétés Européennes de Malacologie*, Les Mollusques dans la Recherche actuelle, La Rochelle, 24-27 juin 2003, p. 46.
- Breau L., Moreton B., Gérard P., 2009b.** Evaluation des apports en métaux dans l'environnement marin tropical par transplantation d'organismes bioaccumulateurs. *Rapport Final du Volet 2 « Ecotoxicologie », 2<sup>ème</sup> Partie, Programme « Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon sud de la Nouvelle Calédonie, Convention de Recherche IRD/Goro Nickel n°1124, 17/08/09, IRD-Nouméa*, 60 p.
- Breau L., Goyaud A., Legrand H., Moreton B., 2009c.** Etat de Référence de la Zone Sud du Lagon de Nouvelle-Calédonie : Détermination de la qualité écotoxicologique initiale des eaux par transplantation d'espèces bioindicatrices (Bioaccumulation). *Rapport de la Convention de Recherche IRD/Vale Inco NC n°2535, 01/12/2009, IRD-Nouméa*, 30 p.
- Lawrence D.R., Scott G.I., 1982.** The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, 5: 23-27.
- Lucas A., Beninger P.G., 1985.** The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44: 187-200.

## Liste des figures

**Figure 1 :** Variabilité des poids frais moyens et des longueurs moyennes des neufs lots de bivalves *Isognomon isognomon* vivants sélectionnés pour l'étude. Les rectangles représentent la distribution de 50 % des spécimens ; à l'intérieur de ces « boîtes de Tuckey », la croix représente la moyenne des valeurs et le trait horizontal la médiane (valeur centrale du lot). Les traits verticaux entourant les boîtes représentent la distribution des autres spécimens. ....- 10 -

**Figure 2 :** Localisation géographique des huit stations de suivi écotoxicologique du milieu marin par transplantation d'espèces bioaccumulatrices.....- 11 -

**Figure 3 :** Pluviométrie journalière mesurée au niveau de l'ancienne usine pilote de Goro Nickel pendant toute la durée des campagnes de transplantation 2009 et 2010. ....- 13 -

**Figure 4 :** Force (à gauche) et direction (à droite) des vents (moyennes journalières) mesurées en continu à la station de Ioro pendant toute la durée de transplantation. ....- 13 -

**Figure 5 :** Température de l'air (à gauche) et de l'eau (à droite) (moyennes journalières) mesurées en continu à la station de Ioro pendant toute la durée de transplantation.....- 14 -

**Figure 6 :** Comparaison des poids frais totaux moyens (A) et des longueurs des coquilles (B) avant (Ti) et après (Tf) transplantation chez le bivalve *Isognomon isognomon* (n=15/station).....- 16 -

**Figure 7 :** Taux moyens de croissance journalière (en %,  $\pm$  intervalle de confiance à 95 %) chez les bivalves transplantés (A : poids frais total ; B : longueur coquille) (n=15/station).....- 17 -

**Figure 8 :** Variabilité intra et interstations des trois indices de condition physiologique chez les bivalves sélectionnés (n=15/station) (IC1 : indice de Lucas & Beninger (1985) ; IC2 : indice de Lawrence & Scott (1982) ; IC3 : indice AFNOR (norme AFNOR NF V45056)).....- 18 -

**Figure 9 :** Comparaison des indices de condition moyens ( $\pm$  écart-type) chez les bivalves transplantés en 2009 (n=20/station) et en 2010 (n=15/station). ....- 18 -

**Figure 10 :** Variabilité des concentrations en métaux (en  $\mu\text{g/g}$  poids sec) chez le bivalve *Isognomon isognomon* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station). ....- 20 -

**Figure 11 :** Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) des métaux chez les bivalves transplantés aux différentes stations en 2009 (n=20/station) et en 2010 (n=5 pools/station). ....- 22 -

**Figure 12 :** Variabilité des concentrations en métaux (en  $\mu\text{g/g}$  poids sec) chez la macroalgue brune *Lobophora variegata* lors de la campagne de transplantation de 2010 (n=5 pools/station).....- 24 -

**Figure 13 :** Evolution temporelle (interannuelle) des concentrations moyennes ( $\pm$  écart-type) en métaux chez les algues transplantées aux différentes stations en 2009 (n=20) et en 2010 (n=5 pools/station).....- 26 -

## Liste des tableaux

**Tableau 1 :** Description et localisation des stations de suivi écotoxicologique par transplantation d'espèces bioaccumulatrices. ....- 12 -

## **Annexes**

**ANNEXE 1 : Biométrie des bivalves *Isognomon isognomon* avant transplantation**

**ANNEXE 2 : Biométrie des bivalves *Isognomon isognomon* après transplantation**

**ANNEXE 3 : Concentrations en métaux chez les bivalves *I. isognomon* après transplantation**

**ANNEXE 4 : Concentrations en métaux chez les algues brunes *Lobophora variegata* après transplantation**



## ANNEXE 1 : Biométrie des bivalves *Isognomon isognomon* avant transplantation

### Poids frais total (en g) :

St 03	St 06	St 07	St 13	St 14	St 16	St 18	St 31	lot initial
16,94	17,62	19,13	11,99	15,92	18,20	15,43	16,10	17,84
17,29	11,99	12,82	18,10	14,26	18,04	18,02	17,12	18,11
14,83	13,07	13,43	18,01	13,30	14,55	11,36	13,84	15,43
12,00	17,56	15,27	11,60	15,48	15,07	13,46	12,40	13,95
17,08	17,14	11,97	17,37	15,67	18,10	13,33	17,00	18,39
17,89	17,50	12,98	17,73	18,00	17,52	15,67	16,02	18,10
18,00	16,87	14,98	16,31	18,00	13,73	18,00	15,05	12,00
16,76	18,50	11,97	13,72	17,03	16,77	13,96	15,82	16,05
17,82	17,70	18,00	17,16	16,80	12,80	17,20	13,21	14,91
17,41	18,00	18,01	18,00	17,79	12,70	14,52	14,36	12,99
16,20	17,76	13,81	18,01	18,00	18,10	17,99	15,41	18,10
12,11	16,25	17,68	18,10	13,49	11,99	17,48	17,64	15,72
13,95	15,23	17,06	14,20	14,08	13,74	17,70	13,30	15,42
16,34	12,00	15,42	16,67	15,72	16,95	17,98	18,01	15,36
11,90	12,01	18,20	12,26	12,01	18,00	11,99	18,20	18,11

### Longueur de la coquille (en mm)

St 03	St 06	St 07	St 13	St 14	St 16	St 18	St 31	lot initial
80,57	87,23	76,38	63,99	83,67	75,53	73,51	78,79	71,90
88,98	75,41	69,06	78,84	66,60	80,09	90,33	91,67	70,20
68,95	68,38	67,70	79,62	75,74	78,56	79,28	89,37	75,14
65,31	80,50	77,90	70,05	74,12	88,17	58,27	63,68	74,61
71,10	83,18	61,99	78,37	63,98	86,46	60,85	81,15	84,32
66,11	93,12	80,96	77,42	83,28	65,38	69,70	68,07	73,87
77,71	72,53	67,45	94,08	84,80	69,86	81,22	73,62	66,89
92,90	75,59	72,80	62,83	78,18	75,69	88,80	72,04	68,64
85,82	74,92	68,35	68,97	82,41	75,36	67,16	63,46	80,90
55,51	95,95	74,34	73,40	90,04	72,96	69,94	64,21	62,20
68,02	76,72	69,75	72,83	72,28	72,14	80,22	72,12	69,83
67,50	72,20	66,36	80,99	77,25	63,87	74,36	84,62	71,52
69,84	59,79	74,22	58,18	62,93	62,48	75,10	64,13	83,50
63,71	76,14	63,71	75,13	76,91	82,30	63,20	94,86	63,50
61,41	67,89	69,18	61,33	67,80	67,80	66,38	65,57	61,23

**ANNEXE 2 : BIOMETRIE DES BIVALVES *ISOGNOMON ISOGNOMON* APRES TRANSPLANTATION**

<b>Station</b>	<b>PF tot (g)</b>	<b>Long (mm)</b>	<b>PF chairs (g)</b>	<b>PS chairs (g)</b>	<b>PS valves</b>
<b>St03</b>	24,61	95,4	2,319	0,219	20,184
	19,62	99,6	2,195	0,179	15,391
	18,13	69,1	1,997	0,160	14,237
	20,36	78,2	1,896	0,136	16,62
	17,97	80,7	2,191	0,180	13,858
	21,02	88,5	2,155	0,203	16,981
	22,96	91,7	2,706	0,194	18,076
	20,45	93,4	2,456	0,200	15,96
	20,02	74,0	2,253	0,180	15,862
	19,82	85,1	1,908	0,157	15,731
	21,49	103,4	2,437	0,200	16,662
	20,68	86,9	1,781	0,168	16,321
	20,53	95,7	2,555	0,183	16,064
	22,24	82,1	2,335	0,190	17,68
	21,56	83,9	2,273	0,182	16,543
<b>St06</b>	17,94	83,8	2,470	0,217	13,77
	17,00	74,1	1,679	0,162	13,695
	20,47	83,2	1,767	0,188	17,059
	15,16	84,7	1,462	0,134	12,29
	18,53	93,2	1,899	0,208	15,079
	19,51	80,4	2,147	0,189	15,816
	15,61	75,2	1,554	0,137	12,428
	18,33	83,9	2,182	0,200	14,175
	15,59	72,8	1,807	0,175	12,205
	20,35	78,6	1,961	0,190	16,395
	13,54	83,3	1,126	0,123	10,995
	18,01	80,9	1,905	0,203	14,21
	14,17	65,6	1,575	0,167	11,11
	18,26	78,5	1,912	0,176	14,802
	19,72	87,9	1,738	0,190	16,13
<b>St13</b>	21,61	86,0	2,559	0,189	17,076
	20,02	79,2	2,038	0,184	15,308
	19,59	75,9	1,786	0,185	15,265
	16,09	78,1	1,687	0,170	12,655
	19,45	77,3	1,931	0,175	15,305
	19,60	81,5	2,265	0,204	15,176
	18,92	93,5	1,808	0,183	15,027
	20,47	87,9	2,340	0,173	15,485
	20,18	83,2	2,328	0,242	15,559
	15,81	79,1	1,814	0,165	12,269
	20,48	82,5	2,103	0,156	15,722
	19,00	76,5	1,922	0,174	14,557
	15,02	81,6	1,715	0,155	11,401
	13,32	76,9	1,231	0,128	10,348
	18,52	85,3	1,581	0,160	15,355
<b>St14</b>	19,50	82,9	1,965	0,157	15,255
	21,78	82,6	2,570	0,238	17,03
	22,81	82,4	2,251	0,184	18,509
	15,65	78,4	1,746	0,150	12,061
	17,24	76,9	1,670	0,166	13,842
	18,33	75,4	1,835	0,150	14,901
	19,12	95,3	2,163	0,177	14,958
	17,97	87,7	2,080	0,166	14,017
	20,04	88,7	2,177	0,187	15,43
	23,21	91,3	2,373	0,204	18,355
	17,71	88,9	1,692	0,168	14,564
	16,89	75,1	1,762	0,163	13,225
	18,92	84,5	2,304	0,184	14,592
	16,33	73,7	1,896	0,188	12,311
	14,34	81,2	1,448	0,134	11,326

Station	PF tot (g)	Long (mm)	PF chairs (g)	PS chairs (g)	PS valves
<b>St16</b>	18,36	70,4	1,806	0,178	14,321
	17,59	85,2	2,166	0,201	13,85
	19,93	84,3	2,315	0,225	15,619
	21,13	98,4	2,150	0,212	16,566
	14,39	78,2	1,375	0,118	11,609
	9,94	68,0	1,177	0,116	7,74
	18,89	75,8	1,739	0,169	14,773
	16,66	94,7	1,716	0,169	13,39
	15,99	77,9	1,797	0,167	12,262
	24,19	84,5	2,328	0,200	19,265
	18,69	83,1	2,000	0,197	14,711
	13,29	70,9	1,315	0,128	10,535
	14,61	71,1	1,862	0,183	11,272
	19,13	85,4	1,785	0,166	15,407
	16,56	82,0	2,178	0,187	12,509
	<b>St18</b>	21,72	88,7	2,161	0,178
21,23		80,4	2,686	0,213	16,115
14,15		62,0	1,280	0,124	11,356
15,83		71,9	1,624	0,145	12,382
16,07		78,0	1,602	0,284	12,187
18,67		78,2	2,620	0,234	13,958
18,28		79,1	2,095	0,172	13,557
18,31		77,6	1,712	0,153	14,592
20,00		82,5	2,382	0,230	15,165
18,06		79,2	1,816	0,144	14,072
16,40		90,5	2,155	0,177	12,536
19,34		75,5	1,939	0,154	15,368
13,37		72,2	1,468	0,261	10,296
14,95		64,7	1,768	0,171	11,654
<b>St31</b>	14,71	75,9	1,290	0,128	11,68
	10,69	65,2	0,884	0,120	8,682
	19,55	88,5	1,780	0,179	15,688
	12,75	75,0	1,450	0,125	10,033
	17,45	81,2	2,106	0,151	13,42
	19,79	83,7	2,625	0,189	15,291
	18,64	72,4	1,819	0,248	14,92
	20,69	80,6	2,444	0,211	15,937
	16,50	96,2	1,738	0,174	12,583
	19,17	79,2	1,861	0,187	14,989
	20,08	85,9	2,536	0,182	15,447
	22,29	91,1	2,258	0,195	17,804
	18,08	80,9	1,901	0,188	14,056
	11,65	74,7	1,262	0,172	9,369
16,62	87,5	2,295	0,227	12,7	

(**PF tot** : Poids Frais total de l'animal vivant ; **Long** : Longueur de la coquille ; **PF chairs** : Poids frais des tissus mous ; **PS chairs** : Poids sec des tissus mous après lyophilisation ; **PS valves** : Poids sec des deux valves de la coquille).



**ANNEXE 3 : Concentrations en métaux (en µg/g de poids sec) chez les bivalves *I. isognomon* après transplantation**

Station	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
<b>St 03</b>	49,2	0,26	2,0	5,7	140	23,8	2,0	559
	42,9	0,26	1,4	5,5	114	21,6	1,4	640
	44,6	0,27	1,9	5,6	133	21,5	2,0	619
	55,7	0,27	2,0	4,4	139	18,0	2,1	518
	55,2	0,28	1,8	5,6	144	31,7	2,1	417
<b>St 06</b>	50,9	0,30	2,6	5,1	151	27,0	2,2	576
	59,0	0,32	2,5	6,2	163	22,3	2,5	770
	45,3	0,26	2,3	5,0	150	15,5	2,2	600
	48,6	0,31	2,3	4,8	133	23,4	2,1	552
	61,6	0,33	2,6	5,3	168	28,5	2,5	773
<b>St 13</b>	51,0	0,26	2,0	7,0	135	23,8	2,0	693
	53,0	0,23	1,3	7,6	114	12,2	1,6	627
	44,4	0,21	1,2	6,8	106	20,2	1,5	502
	49,3	0,24	1,7	7,3	150	16,8	1,9	671
	59,3	0,22	1,1	5,5	101	17,6	1,4	631
<b>St 14</b>	44,5	0,27	1,6	6,4	138	21,3	1,5	727
	51,6	0,24	1,4	5,4	138	17,8	1,7	579
	56,6	0,23	1,5	6,1	135	24,8	1,7	583
	53,7	0,25	1,3	5,7	120	19,1	1,4	643
	60,8	0,21	1,4	6,5	135	25,6	1,6	763
<b>St 16</b>	56,9	0,18	0,9	12,3	91	24,4	1,2	507
	55,6	0,25	1,2	13,0	119	17,0	1,4	624
	56,1	0,18	1,0	12,6	92	23,5	1,0	491
	52,8	0,21	1,3	13,6	125	20,3	1,5	701
	50,9	0,24	1,1	13,3	120	17,0	1,3	534
<b>St 18</b>	49,9	0,27	2,0	6,5	149	16,2	2,1	462
	53,3	0,29	2,0	6,2	162	28,5	2,1	671
	53,2	0,30	2,2	6,7	185	26,8	2,2	631
	48,9	0,25	1,5	6,9	130	16,9	1,7	546
	45,8	0,27	1,8	5,9	143	18,0	2,1	472
<b>St 31</b>	69,0	0,38	4,3	5,2	209	23,5	3,6	709
	79,6	0,31	3,1	4,5	175	28,4	2,7	686
	63,1	0,34	3,1	5,3	217	18,8	2,9	678
	60,2	0,34	2,9	6,1	169	20,0	2,4	723
	63,9	0,28	2,2	6,9	147	21,0	2,1	671

**ANNEXE 4 : Concentrations en métaux (en µg/g de poids sec) chez les algues brunes *Lobophora variegata* après transplantation**

Station	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
<b>St 03</b>	44,6	3,2	10,6	2,4	432	30,0	6,6	20,4
	40,2	2,7	5,1	3,5	198	20,5	3,6	11,9
	44,1	3,2	10,3	2,4	416	34,0	6,7	13,5
	40,4	2,9	9,6	3,2	425	26,0	6,5	9,8
	44,0	3,3	8,6	2,0	324	27,1	5,1	14,0
<b>St 13</b>	38,8	3,1	4,8	4,4	167	26,8	3,1	10,1
	36,2	3,1	6,4	4,8	284	26,4	4,8	14,4
	39,9	4,1	5,7	4,2	212	31,5	3,6	12,7
	25,3	1,9	3,2	3,3	162	18,7	2,9	7,2
	32,6	1,9	3,8	5,8	184	19,9	3,3	12,2
<b>St 14</b>	37,7	1,5	2,9	4,6	168	12,3	2,9	12,7
	37,7	2,4	3,6	2,8	207	17,6	3,5	26,5
	34,6	1,5	3,1	4,1	188	11,9	3,1	19,3
	39,9	2,2	4,6	3,2	284	17,3	5,0	30,2
	39,6	1,7	3,9	3,7	210	19,9	3,8	18,0
<b>St 16</b>	42,0	1,6	3,0	18,2	163	10,6	3,3	12,2
	35,2	2,0	7,5	11,4	370	17,0	5,8	14,5
	39,3	1,5	4,9	15,5	274	17,8	5,1	16,0
	44,1	2,4	5,4	13,7	294	14,5	4,8	28,4
	44,2	2,0	5,4	15,5	267	18,8	5,0	13,5
<b>St 31</b>	42,6	3,1	10,9	5,0	509	24,2	8,3	9,6
	35,7	2,0	8,5	4,6	402	17,3	6,6	7,4
	34,1	1,9	9,5	4,9	441	16,1	7,5	7,6
	34,3	1,8	9,0	4,8	429	15,4	7,1	7,2
	52,8	3,1	17,8	6,6	758	26,6	12,5	9,1

## **ANNEXE V**

### **SUIVI DES TAUX D'ACCUMULATION DES SEDIMENTS DANS LA RADE NORD, LA BAIE KWE ET A L'EST DE L'ILE OUEU ANNEE 2010**



**SUIVI DES TAUX D'ACCUMULATION DANS :  
LA RADE DU NORD (BAIE DU PRONY), LA BAIE KWE ET  
L'ÎLE OUVEN (NOUVELLE-CALÉDONIE)**



**RAPPORT FINAL**

**19 janvier 2011**



## CONTRAT DE CONSULTANCE AEL-LEA/VALE-NC

### **Convention n°E20532**

#

#

#

SUIVI DES TAUX D'ACCUMULATION DANS LA RADE DU NORD (BAIE DU PRONY),  
LA BAIE KWE ET L'ÎLE OUEN (NOUVELLE-CALEDONIE)

**Mathieu DOLBECQ**

**Hélène LE GRAND**

**Ludovic BREAU**

**Jean-Michel FERNANDEZ**

AEL-LEA, Nouvelle-Calédonie, Janvier 2011



Nombre de pages : 55

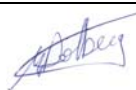


	<b>N/Réf</b>	<b>V/Réf</b>
<b>Identification</b>	N° 100216-VI-03	E20532
<b>Titre</b>	SUIVI DES TAUX D'ACCUMULATION DANS LA RADE DU NORD (BAIE DU PRONY), LA BAIE KWE ET L'ÎLE OUEN (NOUVELLE CALEDONIE)	
<b>Auteurs</b>	DOLBECQ M, LE GRAND H, BREAU L, FERNANDEZ JM	

**Résumé :**

Cette étude fait suite à la demande de définition de « l'Etat de référence » des taux d'accumulation effectué en 2007 dans la Rade du Nord (Baie du Prony) et dans la baie Kwe (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230). L'étude présentée a pour propos la surveillance des apports particuliers effectuée sur un total révisé de 3 stations réparties comme suit : St15 (Rade du Nord), St06-1 (Baie Kwe) et St13-3 (Île Ouen) ; ce suivi étant réalisé tri-annuellement. Un 4<sup>ème</sup> carottage a été effectué au droit du port de commerce de Vale-NC pour le suivi annuel des impacts géochimiques liés aux activités maritimes.

Pour la Rade du Nord (St15), les résultats mettent en évidence l'impact de la rupture des digues de rétention de mars 2006 et de la fuite d'acide d'avril 2009. Les conditions de sédimentation semblent revenir progressivement à la normale tout comme dans la Baie Kwé, où l'impact des activités d'excavation semble manifeste dans les premiers centimètres de la carotte. Face à l'Île Ouen (St 13-3), le régime sédimentaire semble avoir été modifié durant ces 20 dernières années, mais cette interprétation demande à être vérifiée.

En ce qui concerne le port de commerce de Vale-NC (St16), les profils géochimiques ne permettent, pour l'instant, que la mise en évidence d'un état de référence des éléments disponibles ou facilement labiles dont ont suivra l'évolution dans le temps.

APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Mathieu Dolbecq,		06/01/2011
Vérificateur	Ludovic Breau		07/01/2011
Approbateur	Jean-Michel Fernandez		18/01/2011

EVOLUTION		
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
1.0	Rapport final	18/01/2011

COPIE - DIFFUSION	
NOM	ORGANISME
C. Casalis	VALE NC, Département Environnement



# Sommaire

INTRODUCTION.....	7
OBJECTIFS .....	7
METHODOLOGIE.....	7
<b>Site d'étude.....</b>	<b>7</b>
<b>Echantillonnage et conditionnement .....</b>	<b>8</b>
<b>Méthodes analytiques.....</b>	<b>9</b>
RESULTATS & DISCUSSION .....	10
<b>Carotte St15 .....</b>	<b>10</b>
Caractéristiques physiques de la carotte.....	10
Granulométrie des particules.....	11
Minéralogie des sédiments .....	11
Composition chimique des sédiments .....	12
Détermination du <sup>210</sup> Pb.....	15
Discussion .....	16
<b>Carotte St06-1 .....</b>	<b>17</b>
Caractéristiques physiques de la carotte.....	17
Granulométrie des particules.....	17
Minéralogie des sédiments .....	18
Composition chimique des sédiments .....	19
Détermination du <sup>210</sup> Pb.....	22
Discussion .....	23
<b>Carotte St13-3.....</b>	<b>23</b>
Caractéristiques physiques de la carotte.....	23
Granulométrie des particules.....	24
Minéralogie des sédiments .....	25
Composition chimique des sédiments .....	25
Détermination du <sup>210</sup> Pb.....	27
Discussion .....	28
<b>Carotte St16 .....</b>	<b>29</b>
Distribution des métaux associés aux phases géochimiques des sédiments .....	29
Disponibilité du Soufre .....	34
CONCLUSION .....	35
LISTE DES FIGURES.....	36
LISTE DES TABLEAUX.....	37
LISTE DES ANNEXES .....	38

## INTRODUCTION

Le programme de travail présenté dans ce document a été défini en accord avec les arrêtés ICPE relatifs à l'autorisation d'exploitation des installations industrielles et portuaires.

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » des taux d'accumulation des sédiments au niveau de la proche embouchure des creeks de la Rade du Nord (Baie du Prony) et de la Kwé (Convention Goro-Ni n°1230, 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC demande un programme de suivi des taux d'accumulation des deux aires précédemment citées ainsi qu'un complément d'information à proximité de l'Ile Ouen et au droit de la zone portuaire.

Ce document présente la première étude de ce suivi triennal des flux sédimentaires déposés dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie.

## OBJECTIFS

Dans les trois zones décrites (Rade du Nord–St15-, Baie Kwé–St06-1- et Ile Ouen–St133-3-), l'objectif est d'estimer l'évolution des taux d'accumulation sédimentaire récents. Cette estimation permet de retracer la chronologie des événements sédimentaires dans la continuité des études de référence de 2007.

Par ailleurs, un quatrième site (St16-1) a été échantillonné par carottage afin d'étudier périodiquement (annuellement) avec la meilleure précision possible la couche centimétrique des sédiments déposés au droit du port de commerce de l'usine de Vale-NC. Cette opération est destinée à suivre précisément l'impact environnemental de son activité industrielle.

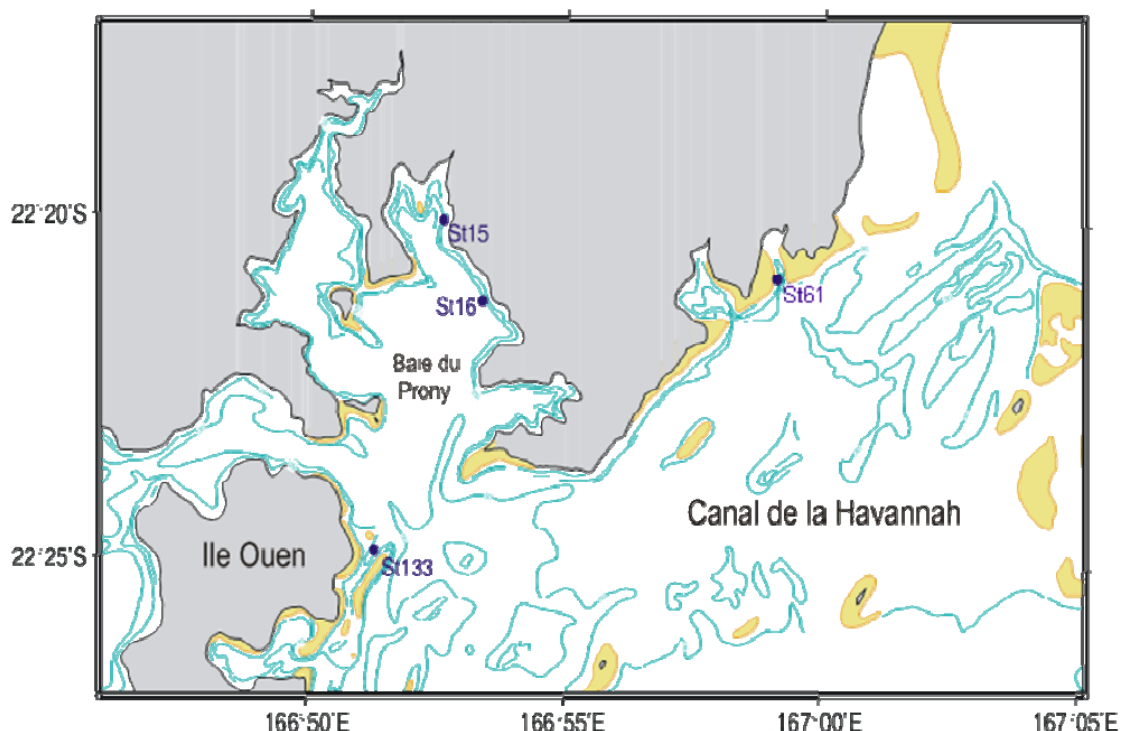
## METHODOLOGIE

### *Site d'étude*

Les opérations de terrain ont été réalisées lors de deux campagnes conduites du 16 au 17 mars 2010 et le 8 avril 2010 à bord du Manta sur les quatre stations telles que prédéfinies dans le cahier des charges (

Figure 1).

Le positionnement des stations a été effectué par GPS (Global Positioning System) et rapporté au référentiel universel WGS 84 (Tableau 1).



**Figure 1 :** Localisation des sites de carottage du suivi triennal des taux d'accumulation (Stations St06-1, St15 et St13-3). Localisation de la carotte St16 pour le suivi annuel des impacts du port de commerce de Vale-NC.

## **Echantillonnage et conditionnement**

Trois carottes ont été extraites afin de déterminer les taux d'accumulation aux stations St06-1 (Baie Kwé), St13-3 (Ile Ouen) et St15 (Rade du Nord) (Tableau 1). La carotte St15 a été prélevée exactement au même endroit que la carotte PR-1 du précédent rapport ; de même, la carotte St06-1 aurait dû reprendre la position de la carotte KW1 mais a été décalée de 350 mètres à l'intérieur de la baie car le prélèvement était rendu difficile par la présence inattendue d'une couche de sable impénétrable pour notre carottier.

Afin de réaliser le suivi de l'impact géochimique du port de commerce à la station St16, un carottage a été effectué dont seulement les cinq premiers centimètres ont été analysés pour le suivi de la qualité géochimique des sédiments.

Les prélèvements de carotte ont été effectués avec un carottier conçu pour les faibles profondeurs (< 50 m) afin que la mise en œuvre puisse s'effectuer à partir d'une embarcation à faible tirant d'eau. Le carottier est composé de tubes amovibles de 0,60 m ou 1,20 m de longueur pour un diamètre externe de 8 cm. Un tube est utilisé par site de carottage afin de conserver chaque carotte verticalement depuis son prélèvement jusqu'à son découpage. Ce carottier présente l'avantage d'assurer la conservation de l'interface eau-sédiments dans les meilleures conditions.

Les carottes des stations St15 et St06-1 ont été échantillonnées en horizons d'une épaisseur égale à 2 cm. Respectivement, 21 et 26 horizons ont ainsi été échantillonnés directement à bord du N/O Manta. Les carottes St13-3 et St16 ont été échantillonnées en 22 et 13 horizons d'épaisseur égale à 1 cm, respectivement. Une prise d'essai d'un volume exact de 5 mL de sédiment a été effectuée à l'aide d'une seringue dans chaque horizon pour les déterminations des densités et de la porosité des sédiments nécessaires au calcul des taux d'accumulation.

**Tableau 1 :** Date de prélèvement, positionnement GPS des stations (référentiel universel WGS 84), profondeur d'eau et longueur de la carotte aux quatre stations échantillonnées.

Station	Date	Longitude Est	Latitude Sud	Profondeur (m)	Longueur (cm)
St15	16/03/2010	166°52.590	22°20.037	24	42
St06-1	17/03/2010	166°59.077	22°20.643	27	44
St13-3	08/04/2010	166°52.421	22°24.533	60	13
St16	16/03/2010	166°53.300	22°21.455	42	26

Les échantillons de carottes ont ensuite été conditionnés dans des sachets en vinyle à usage unique (Whirl-pack), congelés puis lyophilisés.

La détermination des taux d'accumulation sédimentaire a été réalisée après analyse des deux radionucléides naturels ( $^{210}\text{Pb}$  et  $^{226}\text{Ra}$ ) par spectrométrie gamma basse énergie dans chaque horizon.

Tous les échantillons de sédiments destinés à l'analyse des métaux ont ensuite été tamisés par voie humide afin de récupérer les fractions pélitiques (particules de diamètre inférieur à 40  $\mu\text{m}$ ) sur lesquelles diverses analyses géochimiques et minéralogiques ont été effectuées.

Les analyses réalisées sur chaque fraction pélitique des carottes St15, St06-1 et St13-3 sont les suivantes :

- Analyse granulométrique des carottes par granulométrie laser ;
- Détermination de la composition minéralogique par diffraction de rayons X (DRX) ;
- Détermination de la concentration totale des métaux après attaque des carottes par fusion alcaline et analyse par ICP-OES.

Pour la station St16, les analyses suivantes ont été effectuées :

- Détermination de la concentration des métaux associés aux différentes phases géochimiques composant les horizons par extraction séquentielle puis analyse par ICP-OES. Ces analyses ont été effectuées sur la fraction pélitique des sédiments.
- Analyse du soufre, dont le suivi reflètera le niveau d'impact des activités portuaires sur le milieu marin. Ces analyses ont été réalisées à partir de l'échantillon global non tamisé.

## **Méthodes analytiques**

Les méthodes analytiques utilisées dans ce rapport sont décrites en Annexe 1.

## RESULTATS & DISCUSSION

### Carotte St15

#### Caractéristiques physiques de la carotte

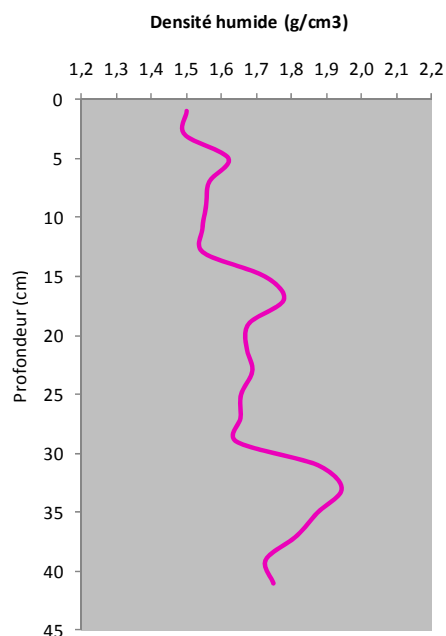
Les résultats des paramètres physiques des sédiments sont regroupés dans l'Annexe 5.

L'examen visuel de cette carotte montre clairement une évolution d'une vase très fluide en surface vers un sédiment plus compact vers le fond. Sa couleur brun-orangé sombre est caractéristique d'un contenu important en oxydes de fer latéritiques (Figure 2).

La densité humide des sédiments de chaque horizon augmente globalement avec la profondeur, ce qui traduit la compaction progressive des sédiments (Figure 3). Cette tendance générale s'effectue par paliers entrecoupés de brusques augmentations significatives de modifications dans le régime des apports. Les valeurs les plus faibles s'observent dans les deux premiers horizons, soit  $1,50 \text{ g/cm}^3$ . Après une augmentation sensible ( $1,62 \text{ g/cm}^3$ ) à l'horizon 5 cm, les valeurs se stabilisent vers  $1,56 \text{ g/cm}^3$  entre 7 et 13 cm de profondeur avant d'augmenter à nouveau nettement jusqu'à  $1,78 \text{ g/cm}^3$  à l'horizon 17 cm. Un nouveau palier s'observe ensuite entre 19 et 29 cm de profondeur avec une densité humide moyenne de  $1,67 \text{ g/cm}^3$ . Le bas de la carotte se caractérise par une augmentation très marquée des valeurs jusqu'à  $1,94 \text{ g/cm}^3$  ; ces valeurs décroissent ensuite jusqu'à  $1,75 \text{ g/cm}^3$  dans l'horizon le plus profond.



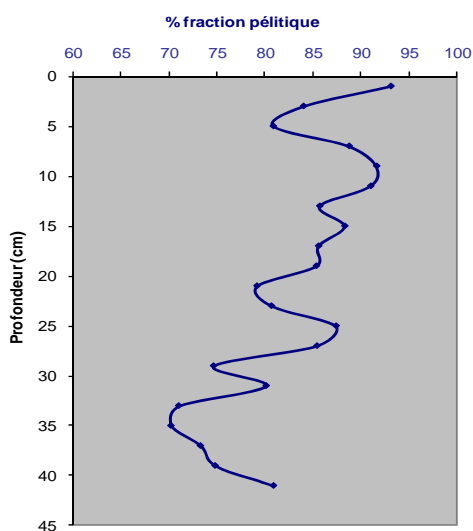
**Figure 2** : Photographie de la carotte St15.



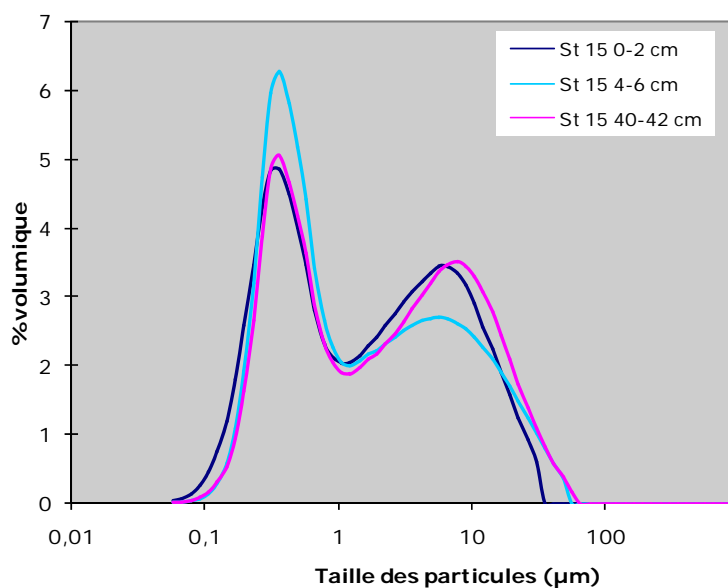
**Figure 3** : Profil vertical de la densité humide de la carotte St15.

## Granulométrie des particules

Comme le souligne la Figure 4 ci-dessous, même si le taux de pélites montre une hétérogénéité relative dans sa distribution verticale ( $82,5 \pm 6,7 \%$ ) celui-ci tend à l'augmentation depuis les horizons les plus anciens vers les plus récents. Les niveaux plus anciens situés au dessous de 28-30 cm présentent un taux de pélites compris entre 70 et 80 % ; ce taux croît progressivement jusqu'à 93,1 % vers la surface de la carotte. Cette augmentation traduit donc un enrichissement en particules fines au cours du temps. Cet enrichissement est entrecoupé d'une diminution marquée entre les horizons 7 et 5 cm avant de reprendre jusqu'à la surface.



**Figure 4 :** Evolution verticale du taux de pélites (< 40 µm) dans la carotte St15.



**Figure 5 :** Distribution granulométrique des pélites de la carotte St15.

L'analyse granulométrique de la fraction fine, réalisée par diffraction laser sur les horizons 0-2 cm, 4-6 cm et 40-42 cm, révèle l'existence de populations de particules caractérisées par deux modes principaux dans les trois horizons étudiés (Figure 5). Les trois spectres présentent un mode à 0,3 µm identique et un deuxième mode qui diffère selon les horizons. En effet, le spectre de l'horizon 40-42 cm présente un mode à 7,7 µm alors que les horizons 0-2 cm et 4-6 cm présentent tous les deux un mode à 5,7 µm mais dont la population est mieux représentée en proportion dans l'horizon supérieur. La taille moyenne des pélites a diminué au cours du temps.

## Minéralogie des sédiments

Les résultats de l'analyse minéralogique sont présentés en Annexe 3.

Chacun des trois horizons contient les minéraux suivants : la calcite et l'aragonite (minéraux carbonatés d'origine marine), ainsi que la gibbsite, la kaolinite, la goethite et l'augite qui sont des minéraux issus de l'altération des roches péridotiques.

Les horizons de surface (0-2 cm et 4-6 cm) contiennent en outre de la lizardite (orthoantigorite, un minéral issu de l'altération des roches ultrabasiqes) que l'on ne retrouve pas dans l'horizon le plus ancien (base de la carotte). Par ailleurs, en particulier l'horizon 4-6 cm (et 40-42 cm dans une moindre mesure) contient un minéral d'origine latéritique riche en oxydes de fer, l'hématite, qui est absent dans l'horizon supérieur. L'horizon 40-42 cm est le seul à contenir des traces de talc issu du métamorphisme.

## Composition chimique des sédiments

L'ensemble des résultats sont regroupés dans l'annexe 2. Les profils verticaux des concentrations totales en Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn déterminées dans les sédiments sont présentés à la Figure 6.

### *Calcium :*

Les concentrations en calcium sont relativement faibles dans ces sédiments, avec une valeur moyenne de  $33,2 \pm 6,6$  mg/g. Trois tendances successives s'observent le long du profil de concentrations. De la surface de la carotte jusqu'à la cote 19 cm de profondeur, une légère augmentation globale s'observe mais celle-ci est marquée par une succession de fortes variations de la concentration qui oscille entre 25 et plus de 40 mg/g. Les concentrations diminuent ensuite régulièrement jusqu'à 23 mg/g entre 19 et 30 cm de profondeur, puis augmentent à nouveau régulièrement dans la couche la plus profonde jusqu'à 39 mg/g au fond (couche contenant les débris coquillés).

### *Cobalt :*

Les concentrations en cobalt présentent de grandes variations allant de 233  $\mu\text{g/g}$  à 514  $\mu\text{g/g}$  avec une valeur moyenne de  $369 \pm 85$   $\mu\text{g/g}$ . Des horizons les plus anciens vers les plus récents, la concentration augmente d'abord légèrement de 469  $\mu\text{g/g}$  au bas de la carotte à 514  $\mu\text{g/g}$  au niveau 28-30 cm. Au dessus de ce niveau la concentration tend nettement à une diminution jusqu'au niveau 2-4 cm, de 513 à 233  $\mu\text{g/g}$ . Le niveau supérieur montre quant à lui une concentration de 359  $\mu\text{g/g}$ . L'écart entre ces deux niveaux correspond avec l'augmentation de concentration la plus nette de cette série.

### *Chrome :*

Les concentrations en chrome ne présentent pas de tendance nette le long de cette carotte. La concentration moyenne est de  $15,8 \pm 1,9$  mg/g.

### *Cuivre :*

La concentration en cuivre est faible avec une valeur moyenne de  $17,3 \pm 2,2$   $\mu\text{g/g}$ . Du bas de la carotte jusqu'à 5 cm de la surface, la concentration diminue de manière régulière de 20,2 à 13,8  $\mu\text{g/g}$ . Dans les premiers 5 cm, on note qu'elle augmente brusquement jusqu'à 21,7  $\mu\text{g/g}$ .

### *Fer :*

Le fer présente une distribution différente de part et d'autre de l'horizon 20-22 cm. En

dessous de cette limite, sa valeur est quasi-constante, soit  $355 \pm 10$  mg/g. Au dessus, cette concentration tend à diminuer mais fluctue beaucoup avec une valeur moyenne de  $277 \pm 31$  mg/g. Comme pour le cobalt, on observe une augmentation importante de la concentration dans l'horizon le plus récent.

### ***Manganèse :***

La concentration moyenne en manganèse le long de la carotte est de  $2,8 \pm 0,5$  mg/g. Elle décroît progressivement de 3,9 mg/g dans l'horizon le plus bas jusqu'à 2,0 mg/g au niveau 2-4 cm. Le niveau supérieur affiche une concentration à 2,8 mg/g ce qui représente, comme pour le fer, 50% d'augmentation dans l'horizon centimétrique de surface.

### ***Nickel :***

Comme pour le fer (et le Mn ?), Du bas de la carotte jusqu'à l'horizon 24-26 cm, la concentration en nickel est presque constante avec une valeur de  $4,9 \pm 0,2$  mg/g. De l'horizon 24-26 cm à l'horizon 2-4 cm, la concentration décroît progressivement jusqu'à 2,8 mg/g. Une concentration plus élevée (4,2 mg/g) s'observe aussi dans l'horizon de surface.

### ***Zinc :***

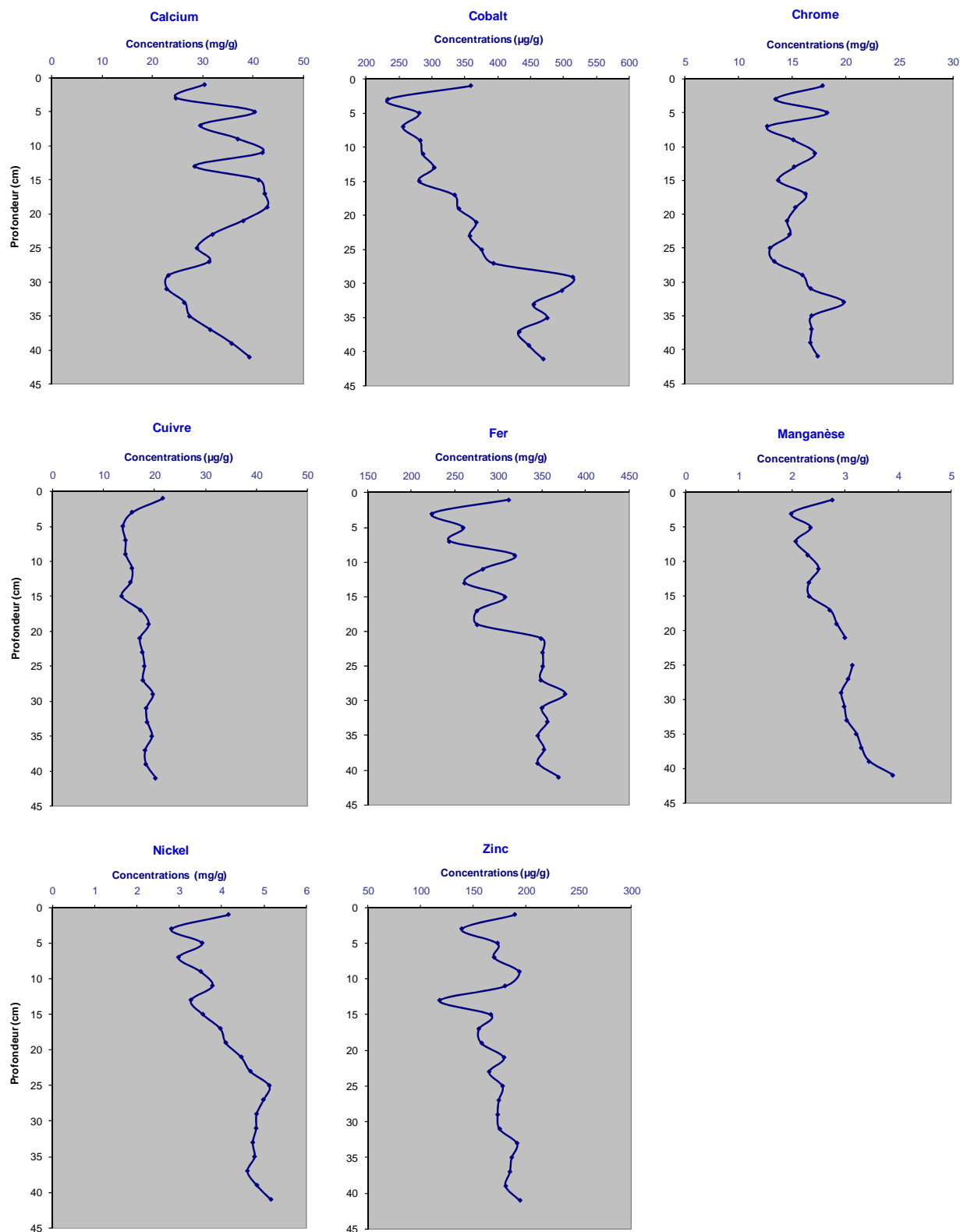
Du bas de la carotte à l'horizon 14-16 cm, la concentration en zinc diminue de manière progressive de 195 à 167  $\mu$ g/g. Au dessus de 14 cm, la distribution verticale ne suit pas une tendance nette mais fluctue entre 118 et 195  $\mu$ g/g jusqu'à la surface.

### **En résumé**

Globalement pour tous les métaux, on observe les évolutions suivantes :

- une diminution nette des concentrations entre la surface (0-2 cm) et l'horizon sous-jacent (2-4 cm) ;
- des concentrations variables entre les horizons 2-4 cm et 14-16 cm environ autour d'une valeur moyenne ;
- une tendance générale à l'augmentation des concentrations (exception faite de Ca) entre les horizons 14-16 cm et 27-29 cm ;
- une certaine stabilisation des concentrations jusqu'au bas de la colonne sédimentaire, exception faite de Ca (voir de Mn) qui augmentent considérablement.





**Figure 6 :** Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Cu, Co, Fe, Mn, Ni et Zn) dans la carotte de la station St15.

## Détermination du $^{210}\text{Pb}$

Les résultats de l'analyse de la radioactivité par spectrométrie gamma sont présentés en annexe 4.

La radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  décroît de 40,9 mBq/g dans les sédiments de surface à 9,3 mBq/g à 35 cm de profondeur. La radioactivité du  $^{226}\text{Ra}$  est normalement constante dans tous les échantillons, soit  $2,5 \pm 0,3$  mBq/g. Pour le  $^{137}\text{Cs}$ , elle est toujours inférieure à 1 Bq/g voire inférieure à la limite de détection ; compte tenu de son très faible niveau de radioactivité, ce radionucléide artificiel n'est donc pas utilisable pour la datation.

La courbe semi-logarithmique représentant l'évolution de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  avec la profondeur (Figure 7) permet de distinguer chronologiquement trois épisodes radiologiques distincts :

- Le premier, entre les cotes 13 à 35 cm, montre une diminution régulière de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$ . Elle est le reflet du régime sédimentaire relativement constant qui a prévalu pendant la mise en place du dépôt. Une droite de régression semi-logarithmique ( $R^2 = 0,959$ ) a permis de calculer le taux d'accumulation :  $0,36 \text{ g/cm}^2/\text{an}$  ;
- Le deuxième se caractérise par une augmentation anormale de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  avec la profondeur (entre les cotes 5 et 13 cm) ;
- Le troisième épisode concerne les 5 premiers centimètres où la distribution du radio-traceur revient progressivement à une distribution normale, c'est-à-dire à une décroissance en fonction de la profondeur.

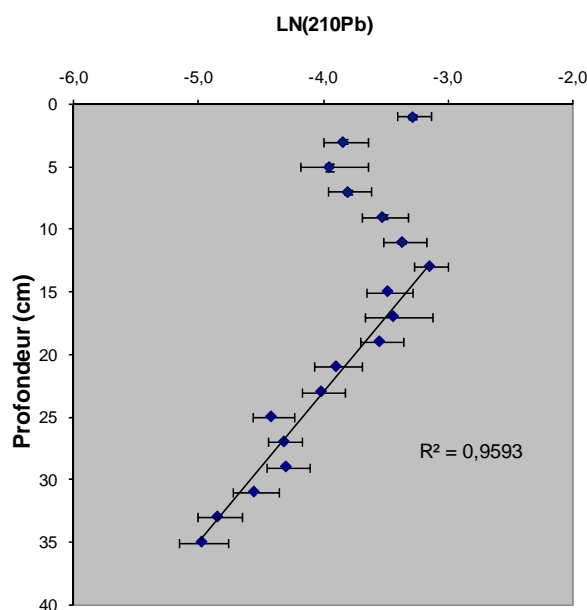


Figure 7 : Profil vertical de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  dans la carotte St15.

## Discussion

La variabilité importante des taux de pélites et des concentrations en métaux montre que le dépôt sédimentaire résulte d'événements brusques, à répétition. Cependant malgré ces fluctuations, du bas de la carotte jusqu'à l'horizon 12-14 cm, s'observe une tendance nette à l'accroissement de la teneur en particules fines au cours du temps. Cet accroissement s'accompagne d'une modification dans la nature du matériel particulaire comme l'indique l'évolution minéralogique : présence d'hématite dans les couches les plus anciennes, substituée progressivement par de la lizardite dans les horizons récents). Globalement, ces apports reflètent l'évolution du lessivage des sols plus ou moins remaniés qui mobilise des particules de tailles variées, phénomène qui va en s'épuisant dans le temps pour ne transporter majoritairement que le matériel de faible diamètre.

Globalement pour la carotte St15, l'ensemble des paramètres géochimiques permet de dégager la chronologie suivante :

- Du bas de la carotte jusqu'à la cote 28 cm environ, la diminution des concentrations en calcium biogène ( $\text{CaCO}_3$ ) reflète une nette décroissance de l'influence marine au cours du temps. Cette atténuation s'accompagne d'une augmentation des concentrations de certains métaux marqueurs des apports terrigènes, comme le cobalt, le fer (hématite), voire le chrome.
- Des cotes 28 cm à 15 cm, on observe une phase d'inversion complète des influences marines. Cette augmentation s'accompagne d'une diminution des apports en métaux terrigènes comme le cobalt, le nickel, le fer ou le manganèse. L'augmentation de la fraction pélitique des sédiments est dans ce cas attribuable aux altérations de carbonates biogènes.
- Des cotes 15 cm à 5 cm environ, les sédiments sont caractérisés par une radioactivité anormalement décroissante vers les couches les plus récentes. Cette décroissance est à relier à des phénomènes de dilution isotopique générés par des apports en matériel particulaire pauvre en  $^{210}\text{Pb}$  atmosphérique. Cet apport peut correspondre avec la mise en place brusque d'une grande quantité de matériel particulaire appauvri en  $^{210}\text{Pb}$ , comme les remblais qui constituaient les bassins de rétention des eaux pluviales et de drainage (accident de mars 2006). Cette hypothèse est confortée par la brusque diminution du taux de pélites et par les variations conséquentes de la densité humide.
- De la cote 5 cm jusqu'à la surface, la remontée du taux de pélites suggère un retour progressif aux conditions normales de dépôt. Par ailleurs, les concentrations en métaux, systématiquement beaucoup plus élevées dans l'horizon de surface (0-2 cm), suggèrent que l'enrichissement en métaux puisse provenir d'un événement particulier ; les sols attaqués par le déversement de la solution d'acide sulfurique d'avril 2009 (Convention IRD/Goro-Ni, n° 2284) pourraient être la cause.

Pour les deux épisodes les plus anciens, un taux moyen d'accumulation a pu être évalué à  $0,36 \text{ g/cm}^2/\text{an}$ . Cette valeur est en parfaite correspondance avec la moyenne calculée en 2007

(contrat de consultance IRD/GoroNi, Convention n°1230). Cependant, dans l'étude 2010, il n'a pas été possible de décomposer les profils semi-logarithmiques pour distinguer deux épisodes sédimentaires ; l'observation d'anomalies radioactives du <sup>210</sup>Pb au niveau d'horizons sédimentaires équivalents entre les deux carottes conforte cependant la probabilité de l'existence réelle de deux phénomènes sédimentaires dans les deux carottes. Une étude plus détaillée permettrait de relier ces épisodes sédimentaires avec les activités humaines passées (édification du bagne à l'embouchure du Creek de la Rade Nord, déforestation, ouverture des pistes,...) en effectuant un second carottage dans une aire plus profonde de la rade.

## Carotte St06-1

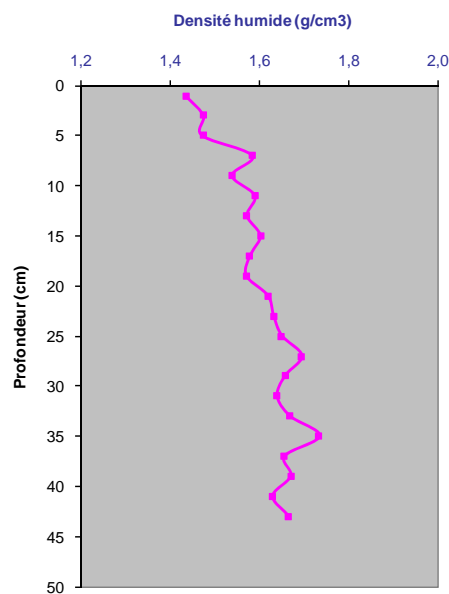
### Caractéristiques physiques de la carotte

Les résultats des paramètres physiques des sédiments sont regroupés dans l'Annexe 5.

L'examen visuel montre une colonne sédimentaire de couleur brune, fluide en surface et de densité humide élevée au dessous de 20 cm (Figure 8). Globalement, une augmentation graduelle de la densité humide s'observe avec la profondeur. Les valeurs oscillent de 1,44 à 1,48 g/cm<sup>3</sup> dans les trois premiers horizons, puis passent à 1,59 g/cm<sup>3</sup> à l'horizon 7 cm. Les valeurs augmentent ensuite progressivement jusqu'à la cote 30 cm de profondeur où elles oscillent entre 1,63 et 1,74 g/cm<sup>3</sup> jusqu'au bas de la carotte (Figure 9).



**Figure 8** : Photographie de la carotte St06-1.



**Figure 9** : Profil vertical de la densité humide de la carotte St06-1.

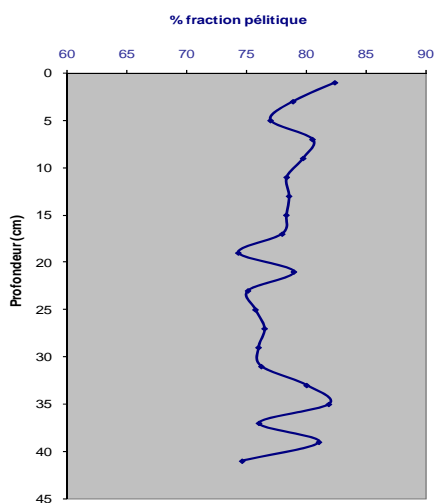
### Granulométrie des particules

La proportion de particules fines du sédiment total ne montre pas d'évolution très nette au cours du temps bien que, dans l'horizon de surface une légère augmentation semble se

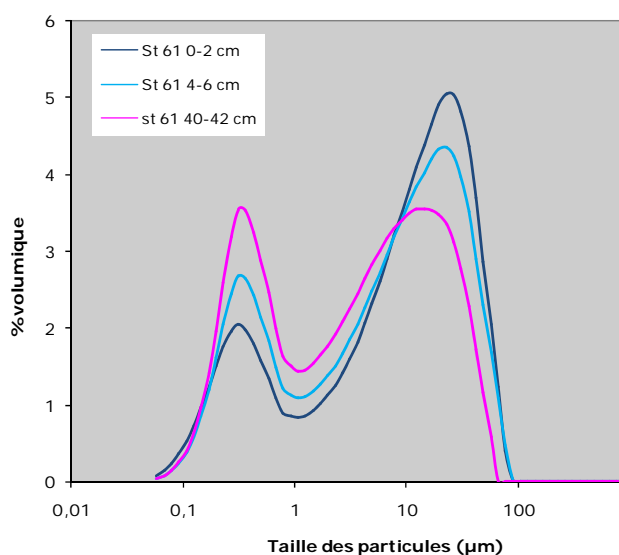
dessiner. Les teneurs en pélites s'échelonnent entre 74,3 et 82,4 % sur l'ensemble de la carotte (Figure 10).

L'étude détaillée de la distribution des populations granulométriques met en évidence la présence de deux modes, dont le principal présente des différences entre les trois horizons étudiés. Le mode secondaire est relativement similaire entre les trois horizons étudiés (Figure 11) ; comme pour la carotte St15 ce mode secondaire est de 0,3  $\mu\text{m}$ .

Respectivement, pour les horizons 0-2 cm, 4-6 cm et 40-42 cm, le mode principal est de 26,2  $\mu\text{m}$ , 22,5  $\mu\text{m}$  et 14,2  $\mu\text{m}$  ; dans l'horizon le plus ancien, la distribution est plus étalée et proportionnellement, les fines tailles de particules sont plus nombreuses que dans les niveaux supérieurs. Au cours du temps la taille moyenne des pélites augmente alors que parallèlement la distribution granulométrique se resserre autour des modes principaux respectifs.



**Figure 10** : Evolution verticale du taux de pélites (fraction fine, < 40  $\mu\text{m}$ ) dans la carotte St06-1.



**Figure 11** : Distribution granulométrique des pélites de la carotte St06-1.

## Minéralogie des sédiments

Les résultats de l'analyse minéralogique sont présentés en Annexe 3.

Les trois horizons contiennent tous les minéraux suivants : la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite (minéraux carbonatés d'origine marine), ainsi que la donathite (spinel chromo-ferrugineuse), la goethite, le talc et le quartz d'origine terrigène.

Dans les horizons 0-2 cm et 4-6 cm on décèle un minéral issu de l'altération des roches ultrabasiques, la lizardite, que l'on ne trouve pas dans l'horizon le plus ancien (base de la carotte). L'horizon 4-6 cm contient des traces d'un minéral, l'hématite qui constitue la cuirasse des séries latéritiques.

## Composition chimique des sédiments

L'ensemble des résultats sont regroupés dans l'annexe 2 et la Figure 12 illustre graphiquement les concentrations mesurées en fonction de la profondeur pour Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn.

### *Calcium :*

Cet élément majeur est un traceur de l'influence marine et sa concentration diminue fortement dans l'horizon de surface (0-2 cm). En-dessous, bien que peu marquées, deux tendances peuvent être observées : de l'horizon de subsurface (2-4 cm) jusqu'à la cote 21 cm, les concentrations diminuent très légèrement de 242 à 213 mg/g. Au dessous de 21 cm, les concentrations montrent une tendance à l'augmentation à nouveau (230 mg/g) à 35 cm de profondeur. La base de la carotte ne montre en revanche aucune tendance mais, les valeurs varient fortement d'un horizon à l'autre.

### *Cobalt :*

Le cobalt montre dans l'ensemble un profil inverse à celui observé pour le calcium, exception faite pour l'horizon de surface où la concentration diminue également. En-dessous, les valeurs augmentent globalement de 137 µg/g en subsurface à 161 µg/g à 21 cm de profondeur selon deux phases successives : de la subsurface jusqu'à 11 cm de profondeur, les concentrations augmentent jusqu'à 156 µg/g puis diminuent brusquement à la cote 13 cm (137 µg/g). Une nouvelle phase d'augmentation est observée jusqu'à la cote 21 cm, où les valeurs atteignent 161 µg/g. Entre 21 cm et 29 cm, les concentrations diminuent jusqu'à 139 µg/g puis se stabilisent jusqu'à la base de la carotte malgré des fluctuations répétées.

### *Chrome :*

Les concentrations en chrome ne montrent aucune tendance particulière dans la moitié supérieure de la colonne sédimentaire. Une très légère augmentation s'observe entre la base de la carotte et la cote 21 cm. Les concentrations n'oscillent que très légèrement autour de 7,3 mg/g. Cette constance dans les concentrations est à relier à la présence des spinels dont l'altérabilité est quasi-nulle dans le temps.

### *Cuivre :*

Le profil vertical des concentrations se caractérise par une diminution globale d'un facteur 3 des valeurs entre la base de la carotte et la cote 5 cm. Cette diminution connaît de fortes variations pour passer de 16,3 à 7,3 µg/g respectivement entre les cotes 43 et 21 cm puis devient quasiment constante entre les cotes 21 et 3 cm. Dans les sédiments les plus récents (0-2 cm), la concentration augmente sensiblement à environ 10 µg/g.

### *Fer :*

L'évolution des concentrations en fer le long de la colonne sédimentaire est identique à celle du cobalt ; une relativement forte diminution de la concentration dans l'horizon de surface (0-

2 cm) caractérise la carotte. En dessous, les concentrations subissent une augmentation en deux étapes : entre 5 et 11 cm de profondeur, puis entre 13 et 21 cm où elles atteignent 173 mg/g. Les concentrations diminuent ensuite légèrement jusqu'à 152 mg/g à 29 cm puis fluctuent dans les sédiments les plus anciens.

#### ***Manganèse :***

Le profil du manganèse est identique à celui du chrome puisqu'il présente des variations de concentrations très peu marquées, toutes les valeurs étant comprises entre 1,1 et 1,4 mg/g sur l'ensemble de la colonne sédimentaire. Un très léger enrichissement en Mn est noté dans l'horizon de surface.

#### ***Nickel :***

Le profil vertical des concentrations en nickel est proche de ceux de Cr et Mn. En effet, comme pour le manganèse, les variations observées sont très faibles : les concentrations sont comprises dans une fourchette allant de 2,4 à 3,2 mg/g entre le haut et le bas de la colonne sédimentaire. Toutefois, on note une très légère tendance progressive à la diminution des concentrations dans les sédiments les plus récents.

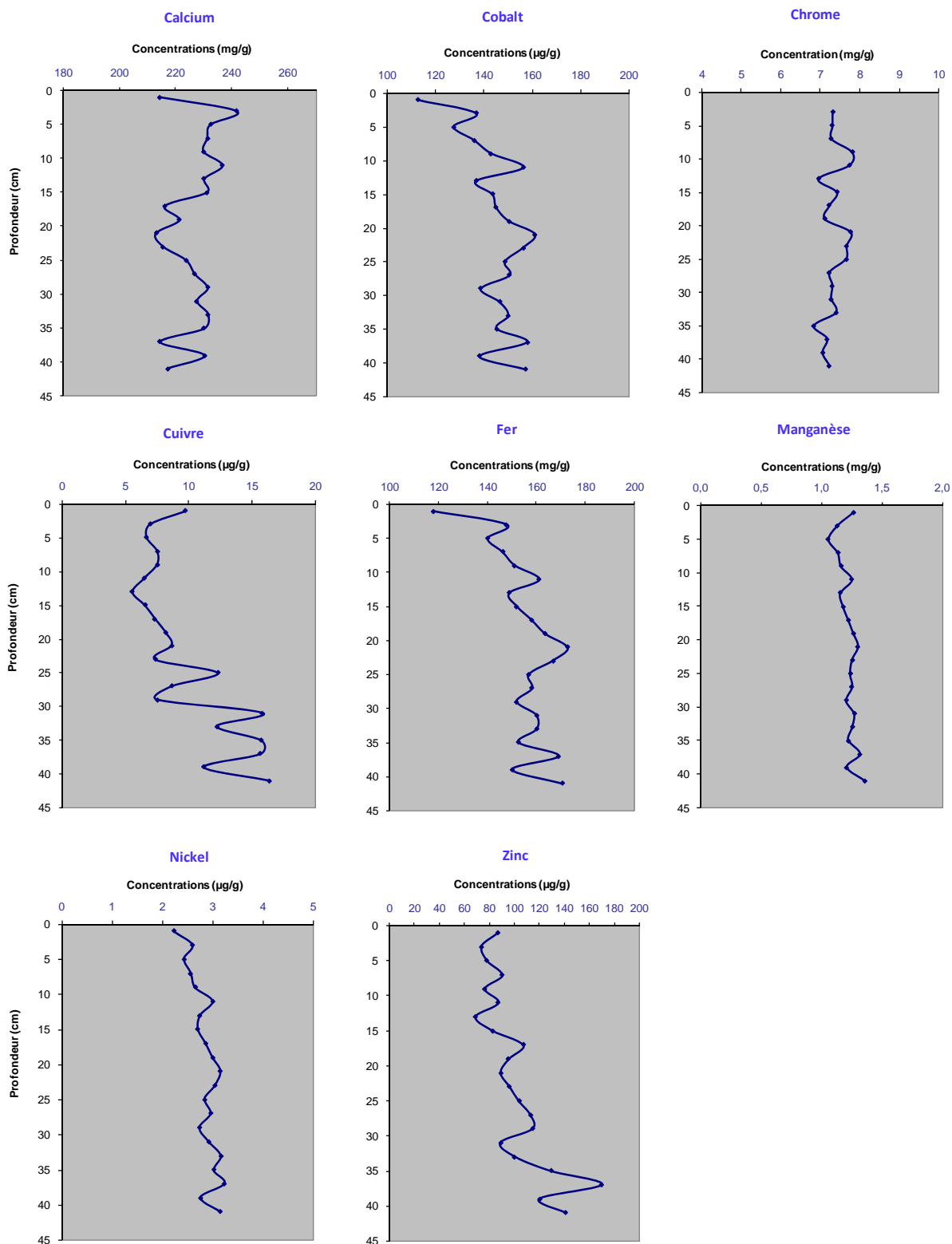
#### ***Zinc :***

L'évolution verticale des concentrations en zinc se rapproche davantage de celle du cuivre que de celle des autres métaux. Celle-ci correspond à une diminution globale des valeurs dans les horizons les plus récents, soit de 170 à 69 µg/g. La plus forte diminution s'observe entre les horizons 37 cm (170 µg/g) et 31 cm (89 µg/g).

### **En résumé**

Globalement, on observe les évolutions suivantes :

- une diminution nette des concentrations dans l'horizon de surface (0-2 cm) par rapport aux dépôts sous-jacents, pour Ca, Co, Fe (voire Ni). A l'inverse, les éléments Cu, Mn et dans une toute moindre mesure Zn (voire Cr) y sont plus concentrés en surface ;
- des tendances soit à l'augmentation des concentrations avec la profondeur pour (Co, Fe, Ni, voire Zn), soit, inversement à la diminution (Ca Cr, voire Cu) jusqu'à la cote 23 cm environ ;
- de fortes variations dans les sédiments les plus anciens mais, aucune sans tendance particulière n'est observable.



**Figure 12** : Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn) dans la carotte de la station St06-1.



## Détermination du $^{210}\text{Pb}$

Les résultats de l'analyse de la radioactivité par spectrométrie gamma sont présentés en annexe 4.

La radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  s'échelonne de 114 mBq/g en surface à 65 mBq/g en bas de carotte avec une radioactivité constante attribuée au  $^{226}\text{Ra}$  égale à  $2,0 \pm 0,1$  mBq/g. Les valeurs de  $^{137}\text{Cs}$  sont systématiquement inférieures à 3,2 mBq/g ce qui ne permet pas de disposer de ce radio-traceur artificiel pour la datation des événements sédimentaires.

La courbe semi-logarithmique (Figure 13) représentant l'évolution de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  avec la profondeur permet de distinguer chronologiquement deux (voire trois) épisodes sédimentaires distincts :

- Le premier, entre les cotes 13 à 37 cm, montre une diminution régulière de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$ . Elle est le reflet d'un régime sédimentaire relativement constant qui a prévalu pendant la mise en place du dépôt. Une droite de régression semi-logarithmique ( $R^2 = 0,807$ ) a permis de calculer le taux d'accumulation qui est relativement élevé :  $1,83 \text{ g/cm}^2/\text{an}$  ;
- Le deuxième se caractériserait par une faible augmentation anormale de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  avec la profondeur (entre 5 à 13 cm) ;
- Le troisième épisode concernerait les 5 premiers centimètres où la distribution du radio-traceur revient progressivement à une distribution normale.

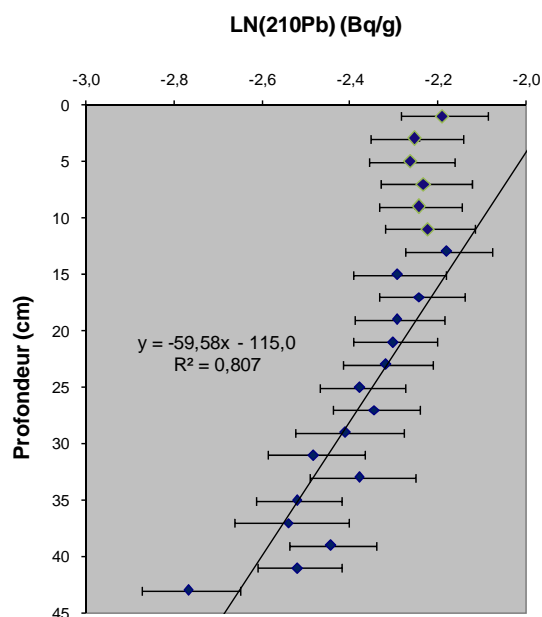


Figure 13 : Profil vertical de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  dans la carotte St06-1.

## Discussion

Cette carotte St06-1 est caractérisée par un taux de pélites qui fluctue relativement peu ( $74,3 \pm 2,4\%$ ) mais dont la mise en place s'est produite de manière pulsée. Toutefois, en particulier dans les cinq premiers centimètres de la carotte, une tendance nette à l'augmentation des teneurs en fractions pélitiques se dessine accompagnée d'une augmentation légère des modes.

Globalement, l'ensemble des paramètres permet de dégager les points suivants :

- Outre les apports carbonatés, les 13 premiers centimètres de la colonne sédimentaire peuvent être le résultat de la combinaison de deux phénomènes :
  - Le mélange de particules générées d'une part, par l'érosion naturelle de la couverture superficielle des sols (riches en  $^{210}\text{Pb}$ ) et d'autre part, par les apports de matériel terrigène issu de l'excavation des couches anciennes (appauvris en traceur) ;
  - Le remaniement partiel attribué aux mécanismes de bioturbation (activité biologique).
- L'influence marine, s'est maintenue relativement constante, hormis un fléchissement progressif entre les cotes 25 et 15 cm et une régression plus nette qui concerne en particulier l'horizon de surface (0-2 cm). Cette dernière se traduit par une claire diminution de la concentration en calcium dans les sédiments de surface ;
- Les apports en matériel particulaire généré par l'excavation des séries latéritiques anciennes (creusement de la mine) pauvres en Fe sont identifiables dans l'horizon de surface.

Le dépôt de sub-surface témoigne d'une accumulation sédimentaire intense ( $1,83 \text{ g/cm}^2/\text{an}$ ) liée d'une part à la grande extension du bassin versant de la Kwé et d'autre part, à l'érosion des constructions coralliennes qui constituent une importante partie de l'estuaire. Cette altération est mise en évidence par l'importante concentration en calcium ; les carbonates biogènes représentent  $56,6 \pm 2,0 \%$  de la masse sédimentée.

## Carotte St13-3

### Caractéristiques physiques de la carotte

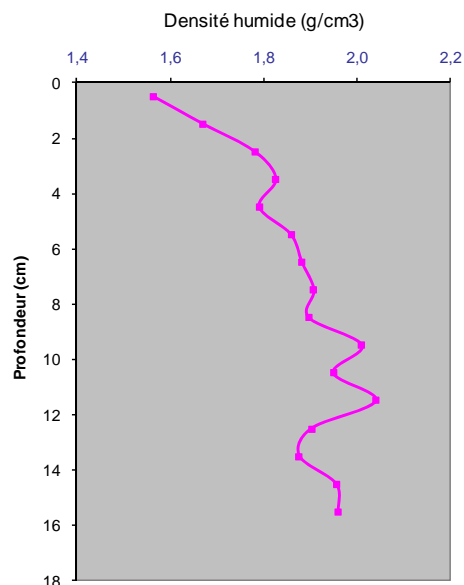
Les résultats des paramètres physiques des sédiments sont regroupés dans l'Annexe 5.

Par rapport aux deux précédentes, la carotte St13-3 présente un aspect beaucoup plus grossier et rugueux avec une présence de sable plus importante (Figure 14).

La densité humide augmente régulièrement depuis la surface ( $1,56 \text{ g/cm}^3$ ) jusqu'à la cote 12 cm ( $2,04 \text{ g/cm}^3$ ) puis diminue ensuite légèrement dans le bas de la carotte pour se stabiliser à  $1,96 \text{ g/cm}^3$  (Figure 15).



**Figure 14 :** Photographie de la carotte St13-3.



**Figure 15 :** Profil vertical de la densité humide de la carotte St13-3.

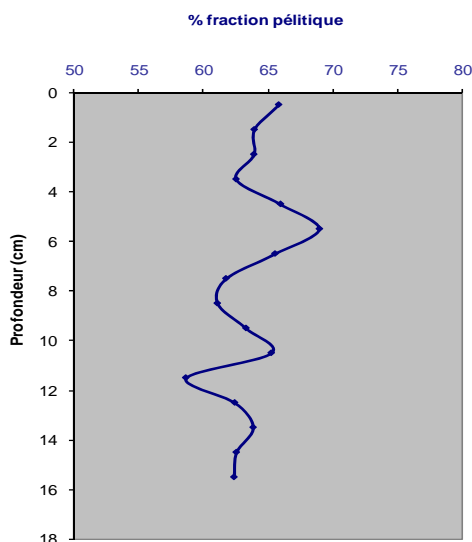
## Granulométrie des particules

Les pourcentages de fraction pélitique ( $\varnothing < 40 \mu\text{m}$ ) ne montre pas de tendance bien définie le long de la colonne sédimentaire bien qu'une très légère augmentation soit décelable du bas vers le haut de la carotte. La relative variabilité des teneurs ne s'échelonne que de 58,7 % dans l'horizon 11-12 cm à 69 % dans l'horizon 5-6 cm (Figure 16).

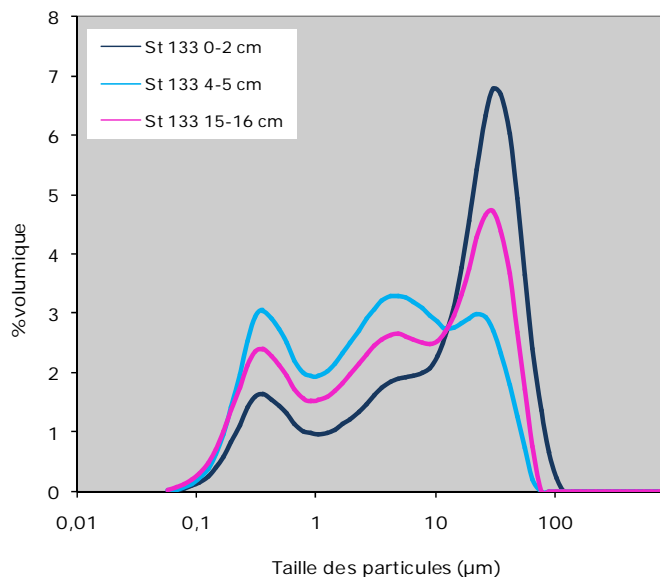
L'étude granulométrique indique que cette fraction pélitique est composée de trois populations de grains pour chacun des trois horizons étudiés (Figure 17) :

- Un premier mode à  $0,3 \mu\text{m}$  est mesuré dans les trois horizons, comme pour les deux autres carottes ;
- Une deuxième population de particules avec un mode à  $4,8 \mu\text{m}$  est observable dans les trois horizons échantillonnés mais quantitativement, la proportion diffère d'un sédiment à l'autre ;
- Pour les horizons 0-1 cm et 15-16 cm, le troisième mode est mesuré à  $30,5 \mu\text{m}$ . Dans l'horizon de surface la population de grains correspondante est amplement majoritaire. Pour l'horizon 4-5 cm, le troisième mode n'est que  $22,5 \mu\text{m}$  et la proportion de grains est faible.

De même que le taux de pélites, la distribution granulométrique au sein de cette fraction présente une variabilité relative observable.



**Figure 16 :** Evolution verticale du taux de pélites (fraction < 40 µm) dans la carotte St13-3.



**Figure 17 :** Distribution granulométrique des pélites de la carotte St13-3.

## Minéralogie des sédiments

Les résultats de l'analyse minéralogique sont présentés en Annexe 3.

Contrairement aux deux autres sites, les principaux minéraux présents dans les échantillons de cette carotte sont des minéraux calciques : calcite, calcite magnésienne et aragonite.

Toutefois, dans l'horizon supérieur (0-2 cm), on décèle des minéraux terrigènes comme le quartz, la lizardite ainsi que la goethite. Dans l'horizon 4-5 cm la lizardite (orthoantigorite) est remplacée par de la gibbsite (minéral présent dans les latérites). L'horizon 15-16 cm contient de la lizardite, du quartz, de la goethite et de la gibbsite.

## Composition chimique des sédiments

L'ensemble des résultats d'analyses sont regroupés dans l'annexe 2 et la Figure 18 illustre graphiquement les concentrations mesurées en fonction de la profondeur pour Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn.

### *Calcium :*

L'origine essentiellement carbonatée du sédiment explique les concentrations en calcium élevées par rapport aux deux autres carottes. En revanche, le profil ne présente pas de tendance nette et montre une forte variabilité verticale avec une fourchette de valeurs allant de 315 à 361 mg/g.

**Cobalt :**

De même que pour le calcium, le profil des concentrations en cobalt présente une variabilité marquée tout le long de la colonne sédimentaire (de 27 à 37 µg/g) mais, bien que modeste, on observe une tendance globale à l'augmentation des horizons les plus anciens vers les plus récents. A l'inverse du calcium, les concentrations sont bien plus faibles que pour les deux autres carottes (St15 et St06-1), comme pour tous les autres éléments métalliques ci-dessous qui composent le cortège latéritique.

**Chrome :**

Le profil de concentration en chrome est relativement régulier avec très peu de variations (concentrations comprises entre 1,2 et 1,4 mg/g). Une très légère hausse des concentrations entre le bas et le haut de la carotte est observable.

**Cuivre :**

Dans la partie supérieure de la carotte, les concentrations augmentent nettement entre 0-1 cm (2,5 mg/g) et 3-4 cm (8,1 mg/g) puis chutent à 0,6 mg/g au niveau de l'horizon 4-5 cm. En-dessous, les valeurs de la concentration oscillent entre 0,6 et 4,6 µg/g.

**Fer :**

La concentration augmente de 40,6 à 49,0 mg/g entre la surface et la cote 3 cm, puis diminue progressivement et irrégulièrement jusqu'en bas de la carotte.

**Manganèse :**

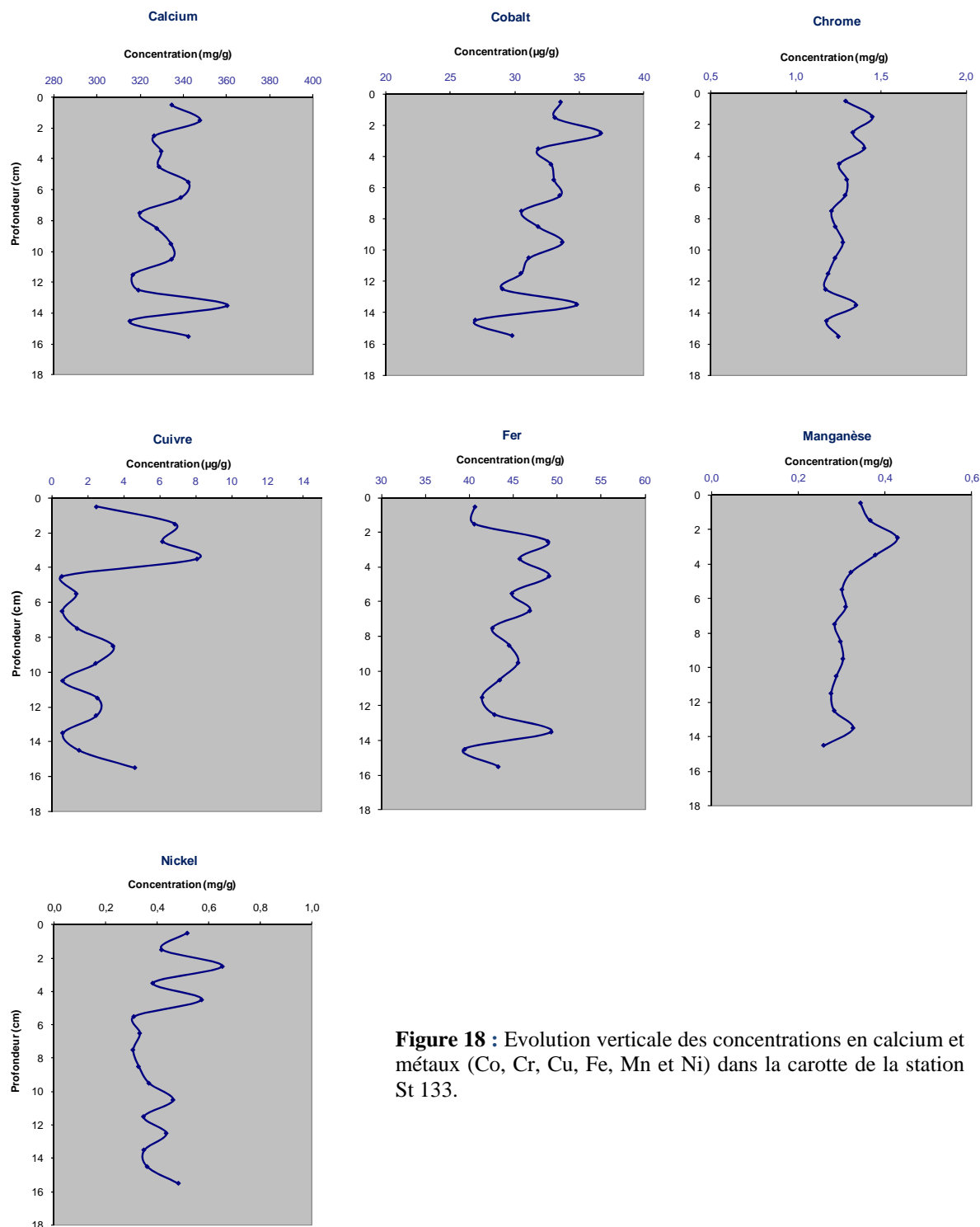
Les concentrations augmentent depuis la surface (0,35 mg/g) à l'horizon 2-3 cm (0,43 mg/g), puis diminuent à nouveau rapidement autour des 0,30 mg/g (horizon 5-6 cm) et décroît encore faiblement jusqu'en bas de carotte (0,26 mg/g).

**Nickel :**

De la surface jusqu'à 6 cm de profondeur, la concentration diminue de 0,52 à 0,31 mg/g, avec des fluctuations importantes. En dessous de 6 cm elle augmente à nouveau légèrement jusqu'à 0,48 mg/g en bas de carotte.

**Zinc :**

Les valeurs de zinc étant trop proches de la limite de détection et présentant des fluctuations excessives, celles-ci ne seront donc pas présentées.



**Figure 18 :** Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Co, Cr, Cu, Fe, Mn et Ni) dans la carotte de la station St 133.

### Détermination du <sup>210</sup>Pb

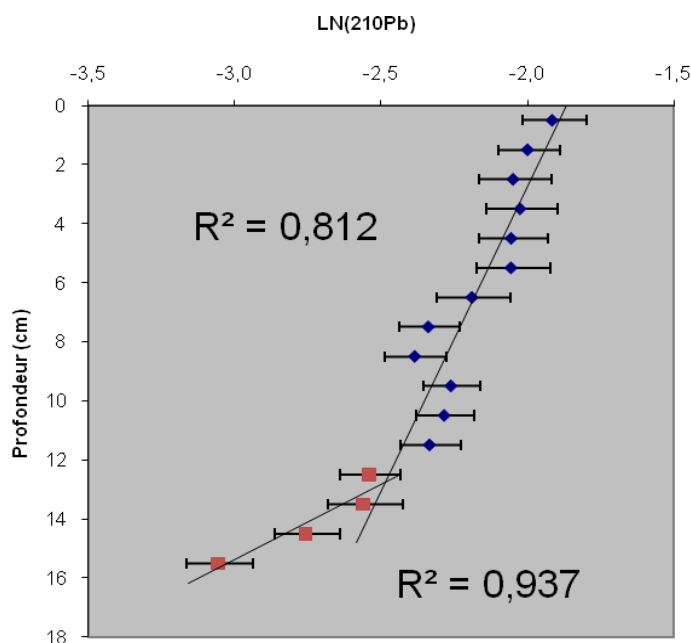
Toutes les valeurs brutes résultant de la métrologie nucléaire sont regroupées en Annexe 4.

Les niveaux de radioactivité du <sup>210</sup>Pb dans les dépôts de cette carotte sont les plus élevés mesurés : elle s'échelonne de 150 mBq/g en surface à 49 mBq/g en bas de la carotte. Celle due au <sup>226</sup>Ra demeure logiquement du même niveau que précédemment (2,1 ± 0,2 mBq/g).

Les valeurs de  $^{137}\text{Cs}$  sont systématiquement inférieures à 3 mBq/g ce qui ne permet pas non plus pour cette carotte, de disposer de ce radio-traceur artificiel pour conforter la géochronologie des événements sédimentaires.

La représentation semi-logarithmique des mesures de  $^{210}\text{Pb}$  montre une tendance globale à la décroissance de la radioactivité avec la profondeur. Deux épisodes peuvent être distingués (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**Figure 19) :

- Le premier permet de distinguer une diminution de la radioactivité depuis la surface jusqu'à la cote 13,5 cm. Sur cette station profonde (60 m), peu de perturbations, comme la bioturbation ou le remaniement, semblent affecter ce dépôt ; une droite semi-logarithmique de régression ( $R^2=0,812$ ) permet de calculer un taux de sédimentation de 0,84 g/cm<sup>2</sup>/an ;
- Une diminution de la radioactivité plus rapide dans les derniers centimètres de la carotte. Cette décroissance suit une droite semi-logarithmique dont le coefficient est hautement significatif ( $R^2=0,937$ ). Le taux de sédimentation calculé ne serait plus que de 0,17 g/cm<sup>2</sup>/an.



**Figure 19** : Profil vertical de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  dans la carotte St13-3.

## Discussion

En ce qui concerne la carotte St13-3, l'ensemble des paramètres permet de dégager les points suivants :

- Contrairement aux deux autres carottes très marquées par l'influence du substrat latéritique, les dépôts de la carotte St13-3 montrent une prédominance très nette des apports d'origine marine. Ces apports sont plus grossiers que pour les deux autres

sites, ce qui traduit un niveau d'hydrodynamisme élevé.

- Les profils de concentrations en calcium et du taux de pélites montrent que la sédimentation des particules s'est effectuée de manière relativement constante et que seuls les sédiments de la base de carotte (horizons 13-14 cm à 15-16 cm) présentent des caractéristiques quelque peu différentes.
- Les hypothèses ci-dessus présentées semblent être corroborées par les mesures de la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  qui montrent assez nettement la mise en place récente d'un processus de sédimentation rapide dont l'apparition pourrait être estimée il y a plus de 20 ans approximativement. Cependant, en l'absence d'un traceur complémentaire cette géochronologie est à considérer avec précaution.

## **Carotte St 16**

### **Distribution des métaux associés aux phases géochimiques des sédiments**

*Rappel :* Compte tenu de la précision demandée en termes d'impact des activités portuaires dans le milieu marin, l'analyse de la concentration totale des métaux contenus dans les sédiments ne fournit qu'une information globale qui ne permet ni d'évaluer les niveaux de disponibilité de ces éléments chimiques, ni d'estimer les variations dues aux apports industriels de faibles intensité. Afin de suivre et/ou de différencier les impacts des sources terrestres et/ou anthropiques, l'analyse des différentes phases géochimiques qui composent le sédiment est amplement préférable. Les deux premières phases géochimiques (Matière organique et carbonates) et les métaux associés fournissent surtout une évaluation de la fraction la plus facilement assimilable par les organismes vivants. La phase carbonatée reflète l'importance de l'influence marine. Les deux dernières phases (oxydes et résidue) représentent des fractions dans lesquelles les métaux sont de moins en moins disponibles et peuvent être assimilées à des signatures géochimiques des apports terrigènes.

Les concentrations de Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn et Ca dans les quatre phases géochimiques des pélites constitutives de chacun des cinq premiers horizons de la carotte St16 sont regroupées en Annexe 2.

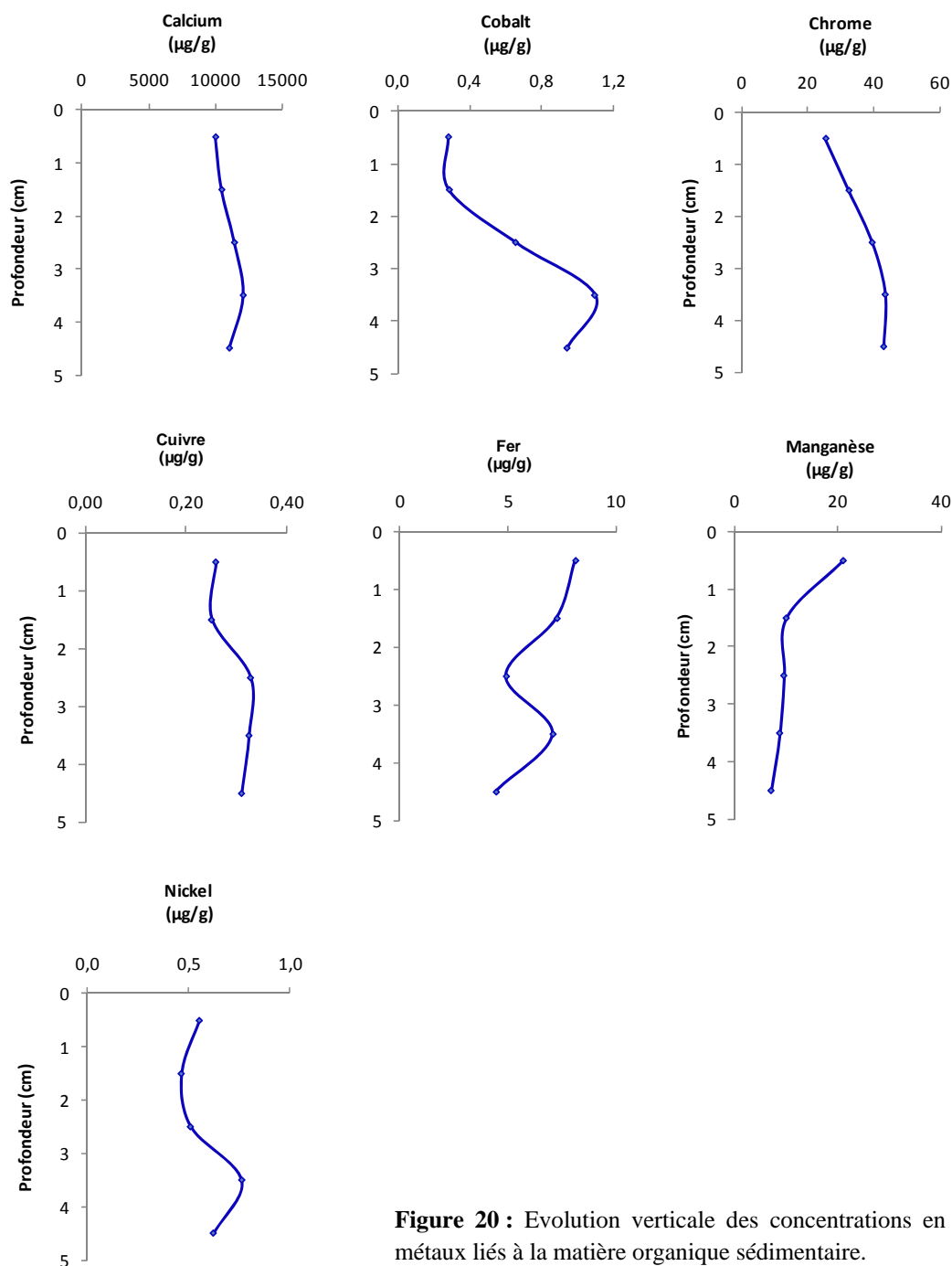
#### **Métaux liés à la matière organique**

Dans l'ensemble, les concentrations en métaux liés à cette phase sont très faibles (Figure 20), en particulier celles de Fe et Ni qui représentent moins de 0,1 % de leurs concentrations totales dans les pélites. Pour les autres métaux et le Ca, cette fraction est comprise entre 0,5 et 5,8 %.

Les concentrations de Co, Cu, Cr et Ni sont plus faibles dans les deux et trois premiers centimètres de la carotte que dans les niveaux les plus profonds. Tandis que les concentrations de Cr augmentent progressivement avec la profondeur, soit de 25 µg/g en surface à 43 µg/g



dans le dernier niveau (4-5), les concentrations de Co, Cu et Ni augmentent brusquement dans les deuxième et troisième niveaux. Cette augmentation est particulièrement marquée pour le Co dont les concentrations triplent avec la profondeur (0-1 : 0,28 µg/g ; 4-5 : 0,94 µg/g). Les concentrations de Mn sont deux fois plus élevées en surface (21 µg/g) que dans le reste de la carotte (9 µg/g). Les concentrations de Fe varient entre les différents niveaux étant presque deux fois plus élevées dans le premier (0-1), deuxième (1-2) et troisième (3-4) niveaux (7,5 µg/g) que dans les deux autres horizons (4,7 µg/g). Les concentrations de Ca sont constantes entre les différents niveaux de la carotte.

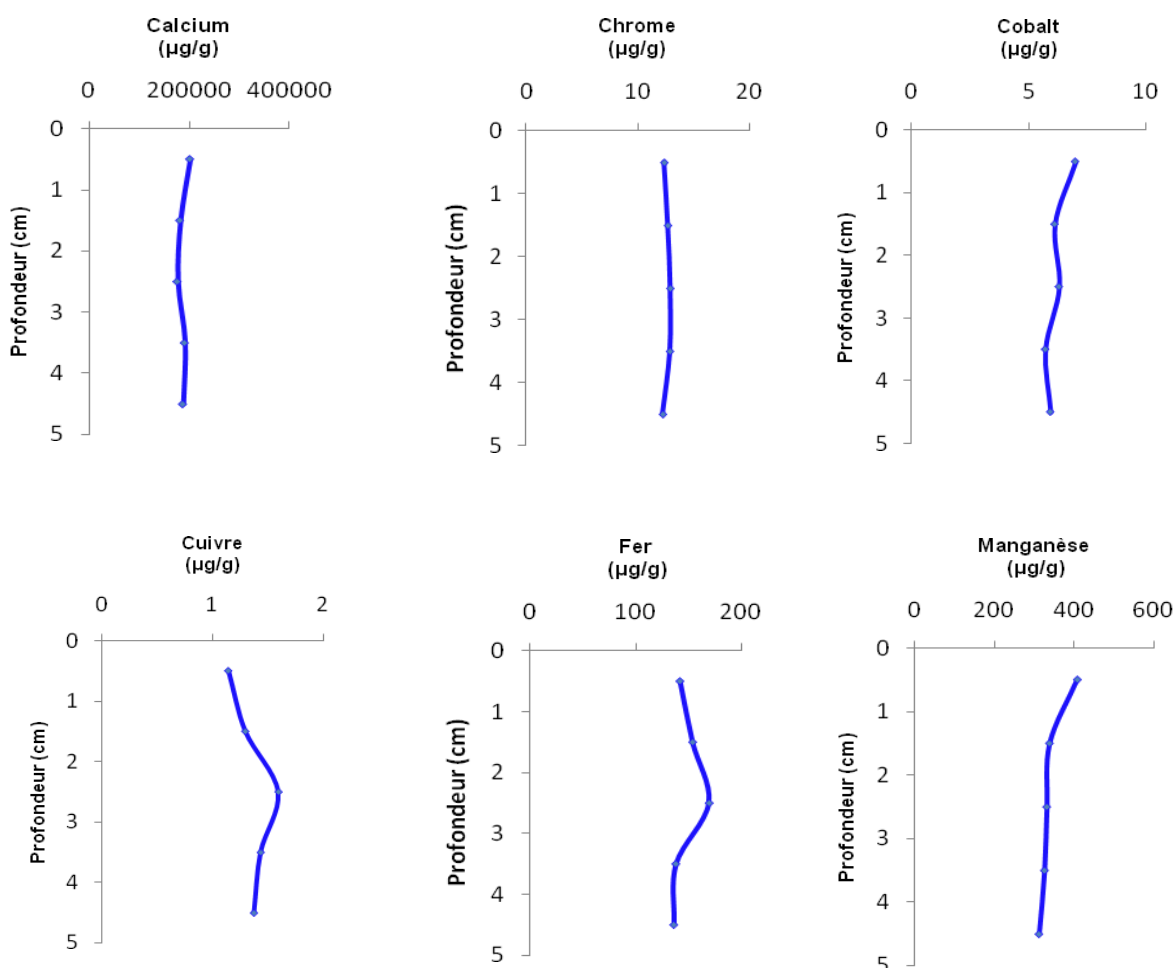


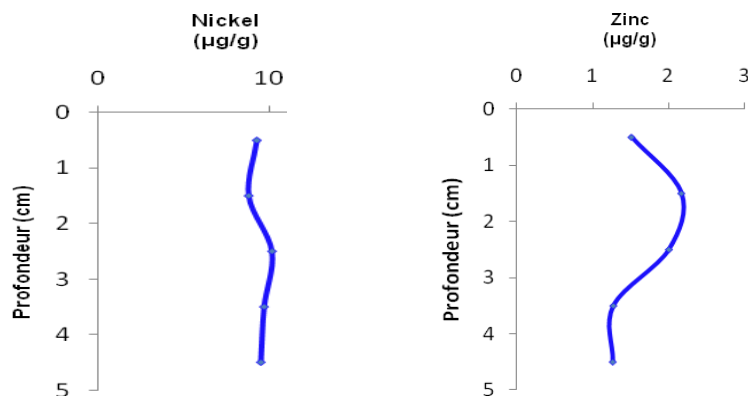
**Figure 20 :** Evolution verticale des concentrations en métaux liés à la matière organique sédimentaire.

### Métaux liés aux carbonates

Bien que supérieures à celle déterminées précédemment, les concentrations de Cr, Fe, Ni et Zn sont assez faibles dans la phase carbonatée (Figure 21) ; celles-ci représentent moins de 5 % des concentrations totales des pélites. Les concentrations de Co et Cu sont plus élevées avec des valeurs comprises entre 8 et 16 % des concentrations totales respectives. Cette phase constitue la phase dominante du Mn et (logiquement) du Ca dont leur concentration représente plus de 50 et 90 % de leurs concentrations totales.

Les profils de concentration de Ca ( $187.142 \pm 9.497 \mu\text{g/g}$ ), Cr ( $12,6 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$ ), Co ( $6,2 \pm 0,5 \mu\text{g/g}$ ), Cu ( $1,4 \pm 0,2$ ), Fe ( $147,7 \pm 14,0 \mu\text{g/g}$ ), Ni ( $9,5 \pm 0,5 \mu\text{g/g}$ ) ne varient que très légèrement entre les différents niveaux de la carotte. Les concentrations de Mn sont légèrement plus élevées en surface ( $406 \mu\text{g/g}$ ) que dans le reste de la carotte ( $326 \pm 11 \mu\text{g/g}$ ). Les concentrations de Zn sont légèrement plus élevées dans les deuxième et troisième niveaux de la carotte que dans les trois autres.





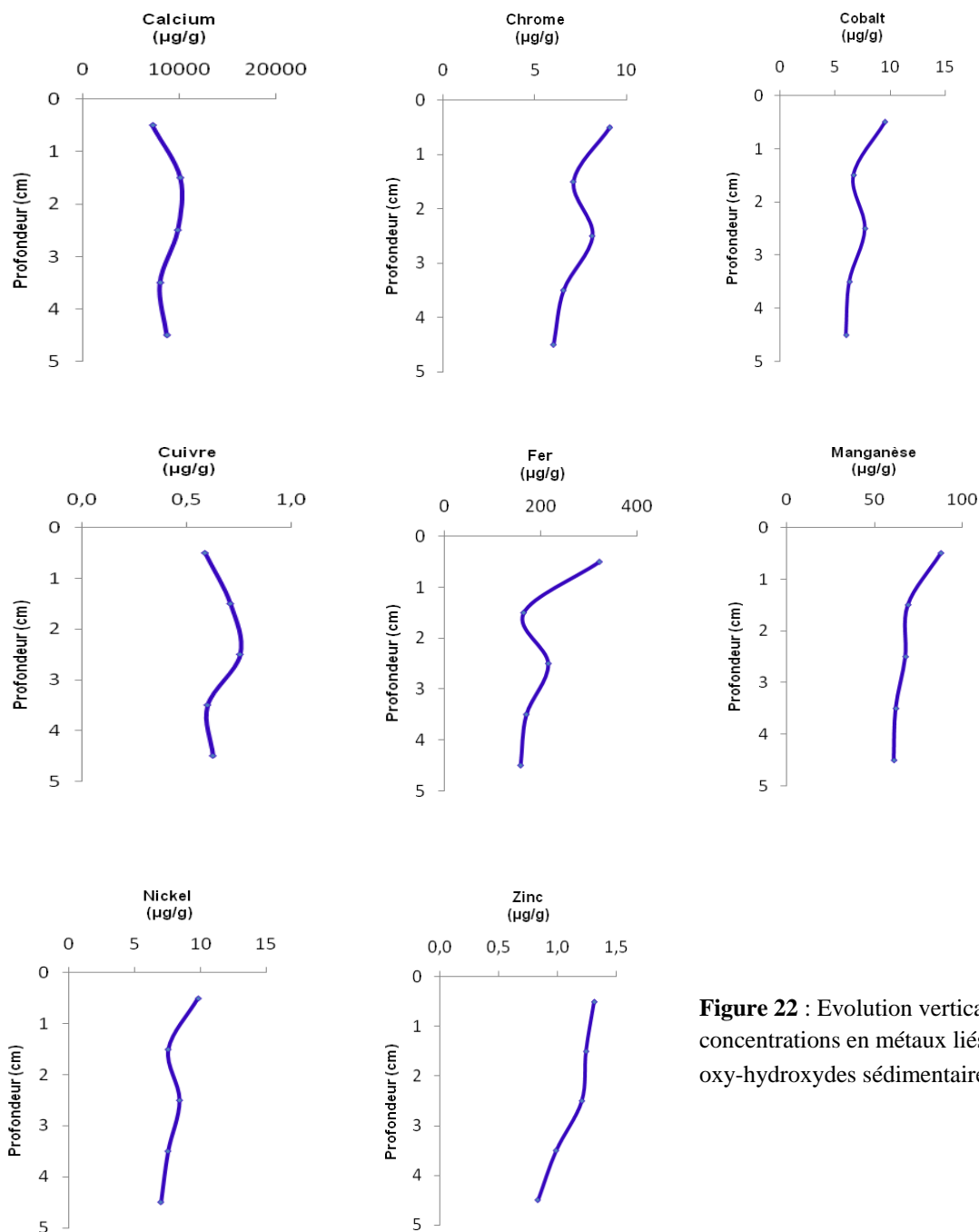
**Figure 21 :** Evolution verticale des concentrations en métaux liés aux carbonates sédimentaires.

### Métaux liés aux oxy-hydroxydes

Les métaux Cr, Fe et Ni liés aux oxy-hydroxydes ont des concentrations assez faibles comparables à celles déterminées dans les carbonates (

Figure 22) ; celles-ci sont comprises entre 0,5 à 2 % des concentrations totales, celles de Co représentant de 9 à 17 %. Les concentrations de Cu sont deux fois plus faibles que celles mesurées dans la phase carbonatée et représentent entre 6 et 8 % des concentrations totales du cuivre. Avec de 9 à 12 % de la concentration totale du manganèse total, les oxy-hydroxydes contiennent environ, 6 fois plus de Mn que la phase organique mais, 4 à 5 fois moins que la phase carbonatée. Les concentrations de Ca dans cette phase sont 20 à 30 fois plus faibles que celles mesurées dans la phase carbonatée ; celles-ci représentent moins de 5 % de sa concentration totale dans les pélites.

Les profils de Co, Cr, Cu et Fe sont similaires avec des concentrations de surface supérieures à celles mesurées dans les quatre autres niveaux. Cette variation est particulièrement notable pour le Fe dont les concentrations diminuent presque de moitié entre le premier niveau (321 µg/g) et les autres niveaux (176 ± 26 µg/g). Le Ni et Zn présentent des concentrations de surface légèrement plus élevées que les concentrations des derniers niveaux. Les deuxième et troisième niveaux des profils de Mn et Ca montrent des concentrations légèrement plus élevées qu'aux trois autres niveaux.

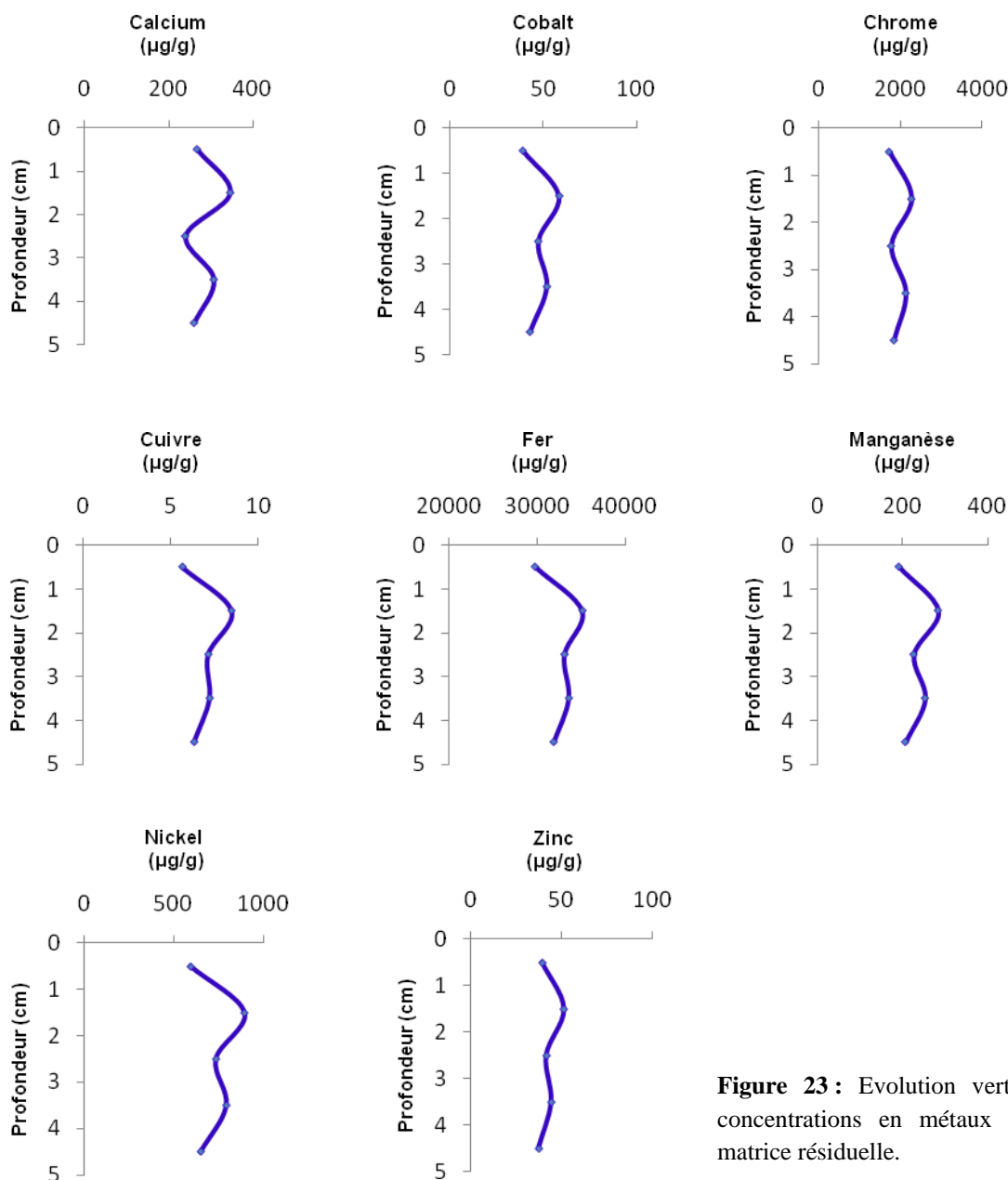


**Figure 22 :** Evolution verticale des concentrations en métaux liés aux oxy-hydroxydes sédimentaires.

### Métaux liés aux résidus

La phase résiduelle contient plus de 90 % de la concentration totale en Cr, Fe, Ni et Zn et plus de 70 % de la concentration total en Co et Cu. Le Mn, présent en moindre proportion que les autres métaux, représente tout de même 30 à 40 % de sa concentration totale dans les pélites. A l'inverse, les concentrations de Ca sont, logiquement, très faibles dans cette phase représentant moins de 0,5 % de sa concentration totale.

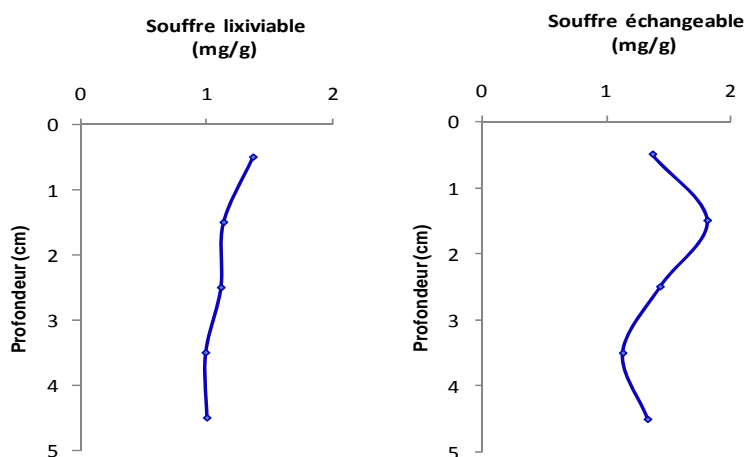
Les distributions des concentrations des métaux et du calcium dans les sédiments sont similaires avec des concentrations plus élevées dans les deuxièmes (1-2 cm) et quatrièmes (3-4 cm) niveaux de la carotte St16 (Figure 23/ Figure 24).



**Figure 23 :** Evolution verticale des concentrations en métaux liés à la matrice résiduelle.

### Disponibilité du Soufre

Les niveaux de soufre lixiviable et échangeable sont sensiblement proches (Figure 24). Le profil de soufre lixiviable présente une légère décroissance progressive avec la profondeur, allant de 1,37 à 1,01 mg/g. Les valeurs de concentrations en soufre échangeable ne sont que très peu supérieures à celle du soufre lixiviable. Le maximum de concentration en soufre échangeable se situe sur l'horizon 1-2 cm avec une valeur de 1,81 mg/g.



**Figure 24 :** Evolution verticale des concentrations en soufre lixiviable et en soufre échangeable dans la fraction brute des sédiments.

## Discussion

Les analyses réalisées permettent d'établir un état de référence détaillé des niveaux de concentration des éléments métalliques (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn), du calcium et du soufre contenu dans les fractions pélitiques sédiments de la station portuaire St16.

Les concentrations déterminées ne présentent pas particularités spécifiques mais sont conformes aux résultats obtenus pour des milieux lagunaires similaires.

## CONCLUSION

Les sédiments de la station St15 résultent des événements sédimentaires qui se sont succédés au cours des trois dernières années (2007-2010), à savoir :

- l'apport accidentel de mars 2006 suite à la rupture de la digue de rétention des eaux pluviales et de drainage. Paradoxalement, cet accident n'a pas été mis en évidence par l'étude de la carotte PR-1 prélevée quelques mois après la date de l'effondrement (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230). Un glissement récent du matériel particulaire sédimenté sur le talus vers le bas de la pente pourrait constituer une explication plausible. Il est à noter que les carottes ne correspondent pas exactement en terme de positionnement géographique, quelques dizaines de mètre, au niveau du talus prodeltaïque peuvent être d'une importance relative ;
- l'apport accidentel en particules enrichies en métaux suite à l'altération des sols du bassin versant du Creek de la Rade Nord par la solution d'acide sulfurique ;

Afin d'améliorer les interprétations, il serait pertinent d'envisager une analyse géochimique plus fines des sédiments (extractions séquentielles) et de procéder ultérieurement à un carottage supplémentaire. La localisation de ce dernier devrait être déterminée à une plus grande distance de l'embouchure que l'actuelle afin de limiter les effets dus à la progradation du prisme deltaïque pour ne prendre en compte que les flux de particules verticaux.

En ce qui concerne la station St06-1, les sédiments traduisent, pour leurs horizons les plus récents, des changements dans leur nature, origine et probablement quantité. Toutefois, ces apports semblent progressivement diminuer en masse et un retour à des conditions normales d'alimentation par la rivière Kwe semble se profiler. Comme pour la carotte St15, la datation des événements sédimentaires qui se sont succédés est impossible en raison notamment des apports massifs qui constituent les 10 à 12 premiers centimètres du dépôt.

Aucune donnée antérieure n'étant disponible pour la couverture sédimentaire échantillonnée au niveau de la carotte St13-3, seule une étude ultérieure (campagne de suivi 2013) permettra d'observer une éventuelle évolution des rythmes sédimentaires.

Cette dernière observation s'applique également pour les sédiments de la station St16 mais d'un point de vue géochimique. L'analyse détaillée par extraction séquentielles des métaux permettra maintenant de déceler toute évolution future.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Localisation des sites de carottage du suivi triennal des taux d'accumulation (Stations St06-1, St15 et St13-3). Localisation de la carotte St16 pour le suivi annuel des impacts du port de commerce de Vale-NC. ....	8
<b>Figure 2 :</b> Photographie de la carotte St15. ....	10
<b>Figure 3 :</b> Profil vertical de la densité humide de la carotte St15.....	10
<b>Figure 4 :</b> Evolution verticale du taux de pélites (< 40 µm) dans la carotte St15. ....	11
<b>Figure 5 :</b> Distribution granulométrique des pélites de la carotte St15. ....	11
<b>Figure 6 :</b> Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Cu, Co, Fe, Mn, Ni et Zn) dans la carotte de la station St15. ....	14
<b>Figure 7 :</b> Profil vertical de la radioactivité du <sup>210</sup> Pb dans la carotte St15. ....	15
<b>Figure 8 :</b> Photographie de la carotte St06-1. ....	17
<b>Figure 9 :</b> Profil vertical de la densité humide de la carotte St06-1. ....	17
<b>Figure 10 :</b> Evolution verticale du taux de pélites (fraction fine, < 40 µm) dans la carotte St06-1.....	18
<b>Figure 11 :</b> Distribution granulométrique des pélites de la carotte St06-1. ....	18
<b>Figure 12 :</b> Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn) dans la carotte de la station St06-1. ....	21
<b>Figure 13 :</b> Profil vertical de la radioactivité du <sup>210</sup> Pb dans la carotte St06-1. ....	22
<b>Figure 14 :</b> Photographie de la carotte St133. ....	24
<b>Figure 15 :</b> Profil vertical de la densité humide de la carotte St133.....	24

**Figure 16** : Evolution verticale du taux de pélites (fraction < 40 µm) dans la carotte St133.....25

**Figure 17** : Distribution granulométrique des pélites de la carotte St13-3.....25

**Figure 18** : Evolution verticale des concentrations en calcium et métaux (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn) dans la carotte de la station St133.....27

**Figure 19** : Profil vertical de la radioactivité du <sup>210</sup>Pb dans la carotte St133. ....28

**Figure 20** : Evolution verticale des concentrations en métaux liés à la matière organique sédimentaire. ....30

**Figure 21** : Evolution verticale des concentrations en métaux liés aux carbonates sédimentaires. ....32

**Figure 22** : Evolution verticale des concentrations en métaux liés aux oxy-hydroxydes sédimentaires. ....33

**Figure 23** : Evolution verticale des concentrations en métaux liés à la matrice résiduelle. ....34

**Figure 24** : Evolution verticale des concentrations en soufre lixiviable et en soufre échangeable dans la fraction brute des sédiments.....34

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 1** : Date de prélèvement, positionnement GPS des stations (référentiel universel WGS 84), profondeur d'eau et longueur de la carotte aux quatre stations échantillonnées.....9



## LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Méthodologie
- Annexe 2 :** Concentrations de Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn et Ca dans les quatre phases géochimiques des pélites constitutives de chacun des cinq premiers horizons de la carotte St16.
- Annexe 3 :** Diffractogrammes de rayons X des sédiments choisis pour l'analyse minéralogique.
- Annexe 4 :** Spectrométrie gamma des niveaux sédimentaires des carottes de l'étude.
- Annexe 5 :** Caractéristiques physiques (densité humide et pourcentage de pélites) des trois carottes prélevées.
- Annexe 6 :** Concentrations totales en métaux dans les trois carottes.
- Annexe 7 :** Tableau des concentrations en soufre lixiviable et en soufre échangeable (en mg/L).

# ANNEXE 1

## Méthodologie

### Granulométrie laser

Cette technique permet de connaître la distribution granulométrique des particules d'un sédiment, c'est à dire de déterminer la taille des particules qui constituent des ensembles de grains ainsi que la quantité de particules à l'intérieur de plusieurs classes de tailles. La taille des particules est une caractéristique fondamentale qui affecte leur capacité à la mise en suspension, leur transport, leur dépôt et enfin leurs propriétés chimiques.

#### *Principe de la mesure*

Ce type de mesure est basé sur la diffraction d'un faisceau laser par des particules selon la théorie de Mie. Les particules présentes dans un faisceau laser parallèle diffractent la lumière selon des angles fixes en fonction du diamètre de ces particules (Figure 1). Une lentille convergente restitue l'image du faisceau diffracté en forme d'anneaux sur un détecteur dans le plan focal. L'intensité de la lumière varie selon la nature des particules traversées, la lumière non diffractée (transmise) est toujours focalisée dans le foyer sur l'axe optique et peut être mesurée.

Un traitement mathématique complexe permet de calculer la distribution en tailles des particules à partir des intensités de la lumière diffractée aux différents endroits du motif de diffraction. Le résultat du calcul donne un diamètre de particule équivalent à celui d'une sphère qui diffracterait la lumière selon le même spectre. Le calcul donne un diamètre moyen et la distribution en tailles des particules est exprimée sous forme de distribution en volumes.

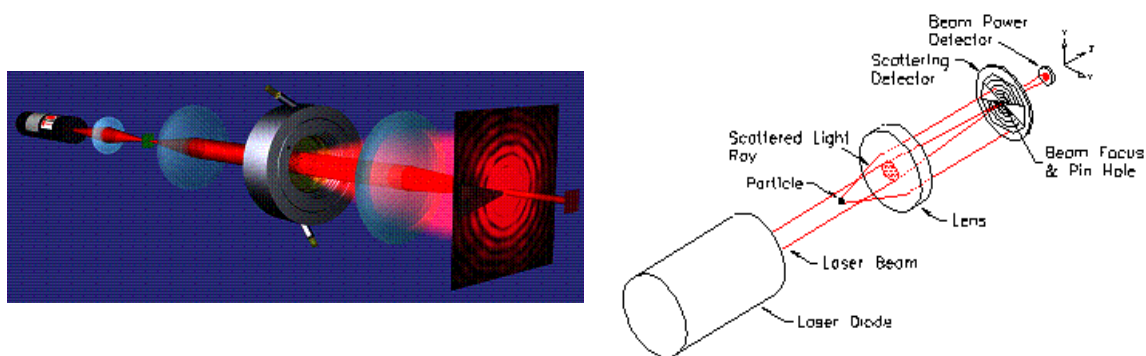


Figure 1 : Schémas du système interne du granulomètre laser.

L'appareil utilisé est un granulomètre de marque SEQUOIA (Model LISST 100X). Il se caractérise par un détecteur qui trie les signaux en 32 raies différentes correspondant à 32 classes granulométriques normalisées comme celles des tamis de granulométrie classique.

### **Protocole**

Les sédiments secs sont émottés et une petite fraction, environ 100 mg, est placée dans la cuve à ultrasons du circuit pour dissociation des particules à l'aide d'un défloculant (Pyrophosphate-Na). L'acquisition des données granulométriques est alors lancée et les résultats sont fournis sous la forme de graphiques.

## **Minéralogie (DRX)**

L'évolution des matériaux en fonction du temps et de l'espace a été estimée en fonction des espèces minérales déterminées. Les déterminations ont été effectuées par diffraction de rayons X (DRX) sur des échantillons modérément broyés. L'appareil utilisé est un Philips (PW1050/81) équipé d'une anticathode Cu.

## **Métaux dans les sédiments**

### ***Dosage de la concentration totale des métaux***

L'analyse de la concentration totale des métaux contenus dans les horizons des carottes des stations St15, St13-3 et St06 fournira une information nécessaire pour l'évaluation des taux d'accumulation en apportant des précisions sur les termes sources et son évolution dans le temps.

Ces dosages ont été conduits par attaque totale des sédiments par fusion alcaline. Après mise en solution, les métaux Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni ont été analysés par ICP-OES.

### ***Dosage des métaux dans les phases géochimiques***

Les étapes d'extraction séquentielles ont été conduites conformément au protocole de type Tessier et al. (1979) comprenant 4 ou 5 phases géochimiques. Cette méthodologie permet de mieux appréhender les effets de l'impact d'une contamination métallique dans le milieu. Les deux premières étapes du protocole permettent de mettre en évidence les conditions sédimentaires et les influences anthropiques, les deux dernières reflètent l'évolution géochimique naturelle.

Pour chaque échantillon, 2 g de pelites ont été nécessaires pour extraire les métaux des 4 phases géochimiques afin de séparer les formes suivantes :

- ***Formes oxydables*** : Cette fraction représente les métaux liés à la matière organique du sédiment. Leur extraction est conduite par un oxydant fort (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 110 vol) en milieu acide ;

- **Formes acido-solubles** : C'est une fraction facilement solubilisable par l'utilisation d'un acide faible tamponné en solution ( $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) qui attaque en particulier la matrice carbonatée du sédiment. Elle contient également des éléments très faiblement liés aux autres phases géochimiques ;
- **Formes réductibles** : Elles sont associées aux oxy-hydroxydes de fer et manganèse principalement. Leur extraction s'opère avec un agent réducteur puissant ( $\text{NH}_2\text{OH}, \text{HCl}$ ) en milieu faiblement acide ;
- **Formes réfractaires** : Elles représentent les éléments métalliques fortement liés ou constituant la matière minérale tels que les silicates et aluminosilicates. L'analyse des métaux réfractaires a été conduite après attaque de la matrice géochimique par fusion alcaline, selon le protocole en vigueur à l'IRD. Brièvement, il s'agit de faire réagir du tétraborate de lithium et du sédiment à haute température ( $1100^\circ\text{C}$ ) puis, après refroidissement partiel, de dissoudre les billes d'amalgame formées dans une solution acide ( $\text{HCl}$ ).

Tous les réactifs utilisés sont de marque Merck, qualité ProAnalysis. Les béchers et ustensiles sont soit en PEHD ou en Tefon®.

Après mise en solution, les huit métaux suivants ont été analysés par ICP-OES : Ca, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni et Zn.

### **Dosage du soufre lixiviable**

L'extraction du soufre lixiviable s'est faite par agitation mécanique de 1g de sédiment dans 100 mL pendant 16 heures. Les échantillons ont ensuite été centrifugés à 3000 RPM puis filtrés à  $0,45\ \mu\text{m}$  avant d'être analysés à l'ICP-OES.

### **Dosage du soufre échangeable selon la procédure d'extraction BCR**

L'attaque a été conduit sur 1 g de sédiment sec avec 40 ml d'acide acétique 0,11 M pendant 16 h à température ambiante ; l'échantillon a ensuite été centrifugé à 1500 RPM pendant 20 minutes puis filtré à  $0,45\ \mu\text{m}$  avant d'être analysé par ICP-OES.

## **Géochronologie**

La datation des horizons sédimentaires nécessaire à l'évaluation des taux d'accumulation, a été obtenue par l'analyse de la radioactivité d'un radioisotope, le  $^{210}\text{Pb}$ , naturellement présent dans les sédiments. La technique consiste à déterminer :

- le  $^{210}\text{Pb}$  « atmosphérique », dit « en excès » qui provient indirectement de la désintégration du  $^{222}\text{Rn}$ , descendant gazeux du  $^{226}\text{Ra}$  contenu dans les roches qui se dégage dans l'atmosphère. Intégré aux aérosols, en quantités importantes selon un flux supposé constant (Goldberg, 1963), le  $^{210}\text{Pb}$  est d'abord entraînés par les pluies, puis transporté par les rivières jusqu'à la mer, où il va sédimenter avec les particules.
- le  $^{210}\text{Pb}$  « supporté » qui apparaît au sein même de la roche (ou du sédiment) et ne subit donc pas le cycle atmosphérique. Son apport aux sédiments découle de l'érosion des sols et de son transport fluvial vers le bassin de sédimentation.

Le  $^{210}\text{Pb}$  constitue un excellent outil permettant la datation des carottes sédimentaires sur une échelle de temps de l'ordre de 100 ans. Cependant, certaines conditions du milieu sont nécessaires pour obtenir une bonne datation (He & Walling, 1996 ; Valette-Silver, 1993).

Dans les couches sédimentaires, la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  d'origine atmosphérique décroît de manière exponentielle en fonction du temps à un taux fixé par sa période de demi-vie ( $T_{1/2} = 22,26$  ans). A une profondeur donnée sous l'interface eau-sédiment, la radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  dépend donc de la durée écoulée depuis sa déposition et du taux d'accumulation. La radioactivité propre du  $^{210}\text{Pb}$  en excès est calculée en soustrayant à la radioactivité totale du  $^{210}\text{Pb}$  celle du  $^{210}\text{Pb}$  « supporté », mesurée dans les niveaux les plus profonds, où la contribution atmosphérique est négligeable.

L'âge  $t$  du sédiment  $A$  est alors obtenu selon l'équation suivante :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{{}^{210}\text{Pb}^0}{{}^{210}\text{Pb}} \right)_A$$

Avec

$$\lambda = 3,11.10^{-2} \text{ an}^{-1} ;$$

$({}^{210}\text{Pb}^0)_A$  = la radioactivité dans le niveau de surface ( $h = 0$ ) ;

$({}^{210}\text{Pb})_A$  = la radioactivité à la profondeur  $h$ .

Le taux d'accumulation «  $a$  » ( $\text{g.cm}^{-1}.\text{an}^{-1}$ ) est alors :  $a = h/t$

La radioactivité du  $^{210}\text{Pb}$  a été déterminée par spectrométrie gamma basse énergie à 46.54 keV. La chaîne de mesures utilisée est composée d'un spectromètre ORTEC X et d'un détecteur au béryllium de 80 % de rendement.

## ANNEXE 2

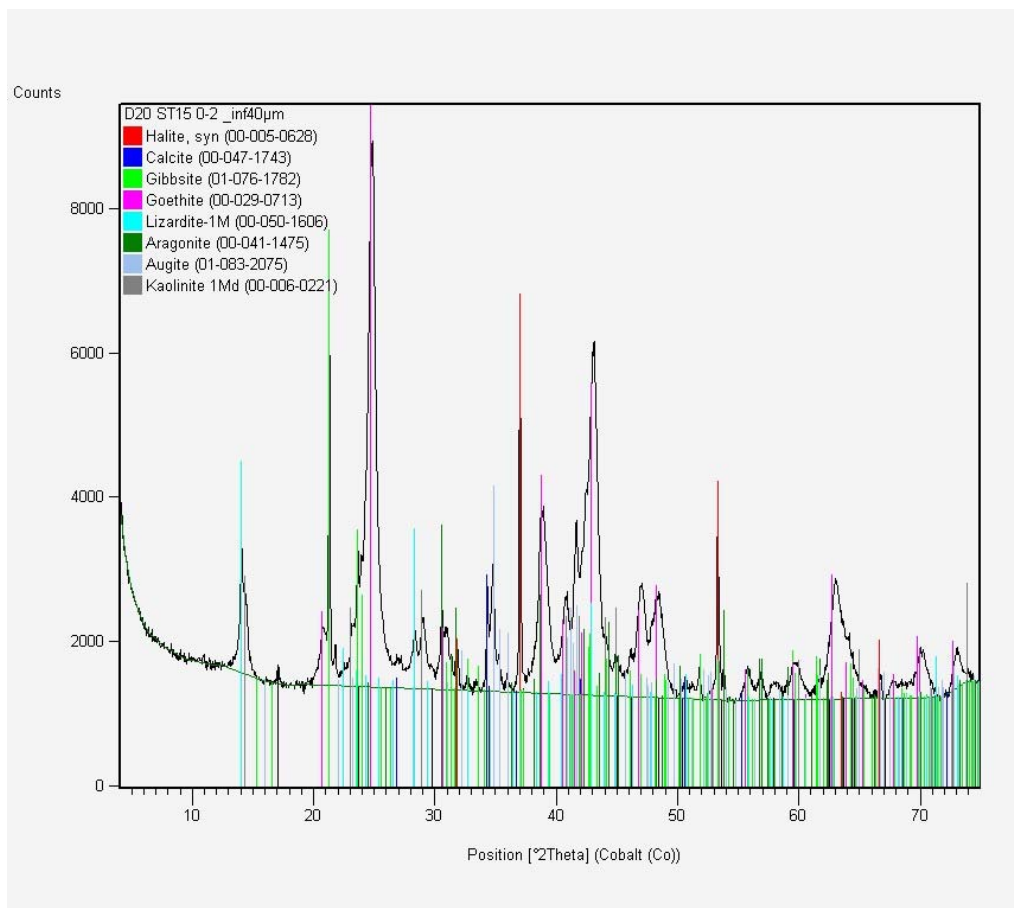
### Carotte St16. Concentrations de Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn et Ca dans les quatre phases géochimiques des pélites constitutives de chacun des cinq premiers horizons

Métal	Horizons	Matières Organiques (µg/g)	Carbonates (µg/g)	Oxydes (µg/g)	Résidus (µg/g)	Total des phases
Co	0-1	0,28	7,0	9,5	39	56
	1-2	0,29	6,1	6,7	58	71
	2-3	0,65	6,3	7,7	47	62
	3-4	1,09	5,7	6,3	52	65
	5-5	0,94	5,9	6,0	43	56
Cr	0-1	25,4	12,4	9,1	1731	1778
	1-2	32,4	12,7	7,1	2279	2331
	2-3	39,4	12,9	8,1	1780	1840
	3-4	43,4	12,9	6,6	2139	2202
	4-5	43,9	12,2	6,0	1848	1910
Cu	0-1	0,26	1,1	0,6	5,7	8
	1-2	0,25	1,3	0,7	8,5	11
	2-3	0,33	1,6	0,8	7,1	10
	3-4	0,33	1,4	0,6	7,2	10
	5-5	0,31	1,4	0,6	6,3	9
Fe	0-1	8,1	142	321	29745	30216
	1-2	7,2	154	163	35143	35467
	2-3	4,9	169	215	33097	33486
	3-4	7,1	138	169	33598	33912
	4-5	4,4	136	157	31859	32156
Mn	0-1	21,1	406	88	192	707
	1-2	10,2	337	69	284	700
	2-3	9,7	330	68	226	634
	3-4	8,9	325	62	253	649
	5-5	7,2	311	61	207	586
Ni	0-1	0,55	9,3	9,8	593	613
	1-2	0,47	8,8	7,5	896	913
	2-3	0,51	10,2	8,4	736	755
	3-4	0,76	9,7	7,5	794	812
	4-5	0,62	9,5	7,0	649	666
Zn	0-1	<LD	1,5	1,3	39,2	42
	1-2	<LD	2,2	1,2	50,9	54
	2-3	<LD	2,0	1,2	41,5	45
	3-4	<LD	1,3	1,0	44,1	46
	5-5	<LD	1,3	0,8	37,3	39
Ca	0-1	9968	201020	7209	267	218463
	1-2	10426	181260	10066	346	202098
	2-3	11376	176076	9801	239	197492
	3-4	12032	190463	7974	307	210776
	4-5	10996	186894	8680	260	206830

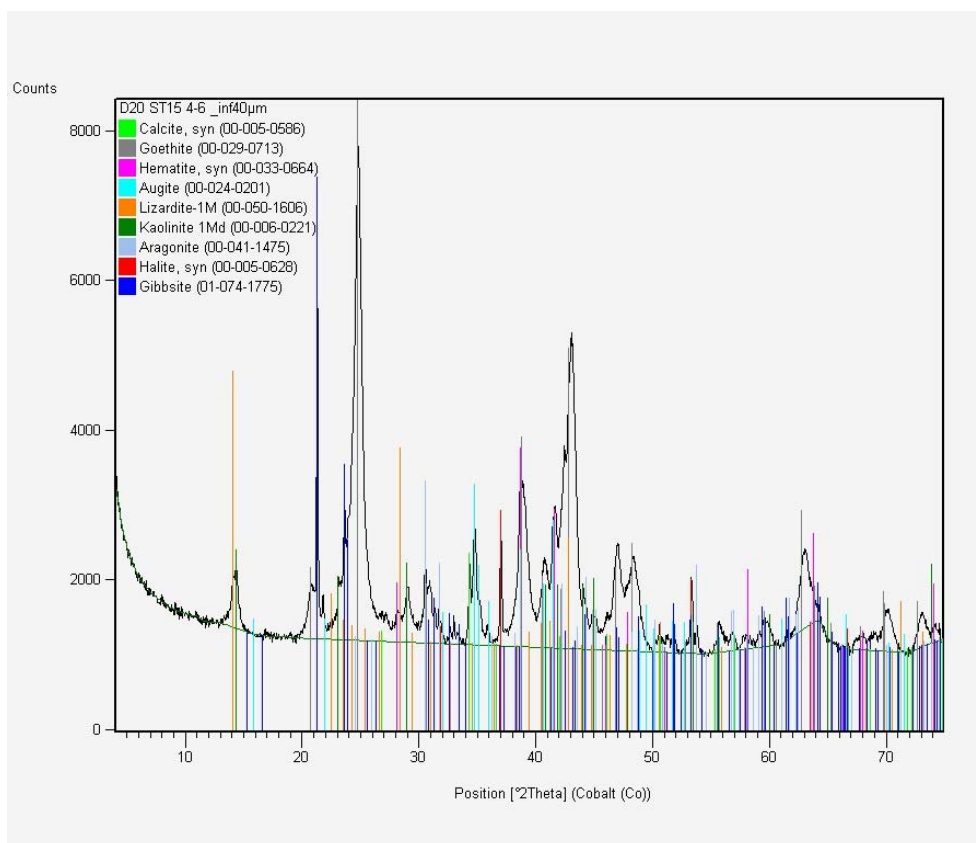
# ANNEXE 3

## Diffractogrammes de rayons X des sédiments choisis pour l'analyse minéralogique

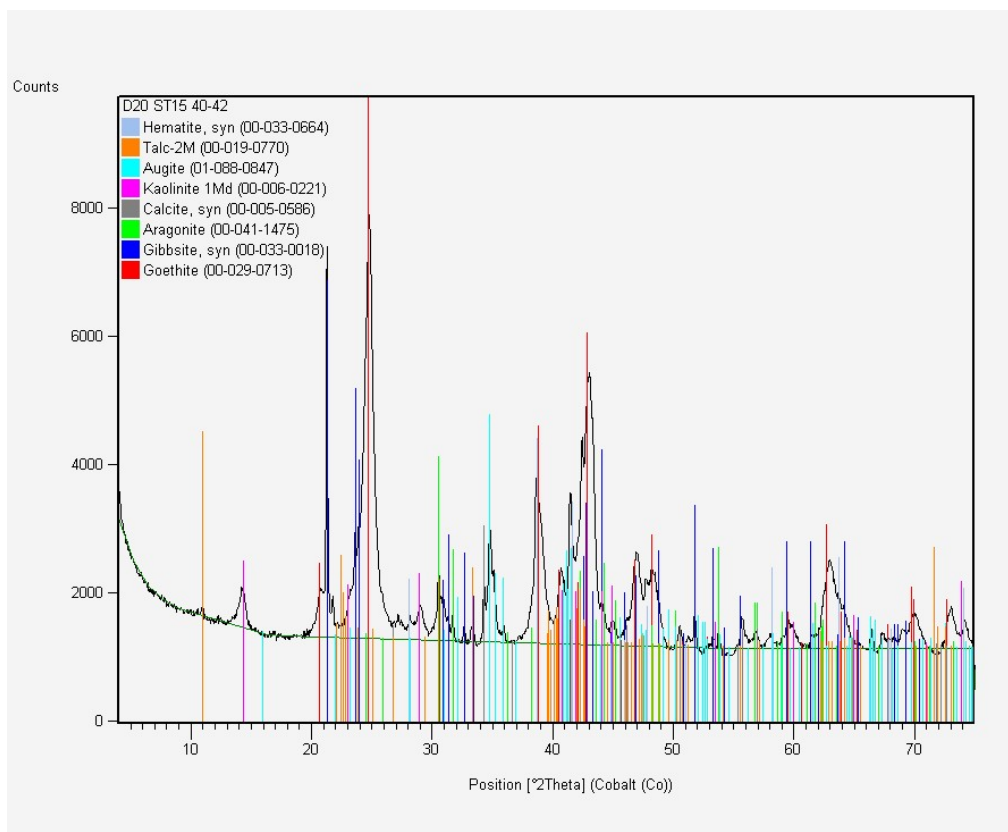
### St15, 0-2 cm



### St15, 4-6 cm

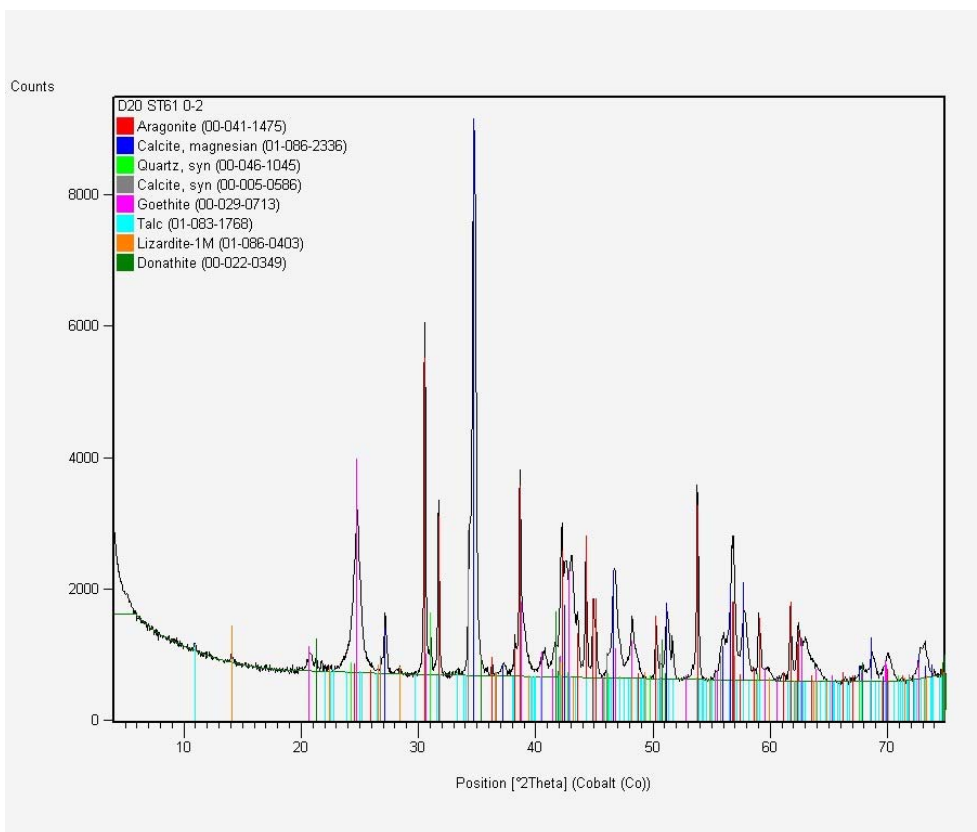


### ~St15, 40-42 cm

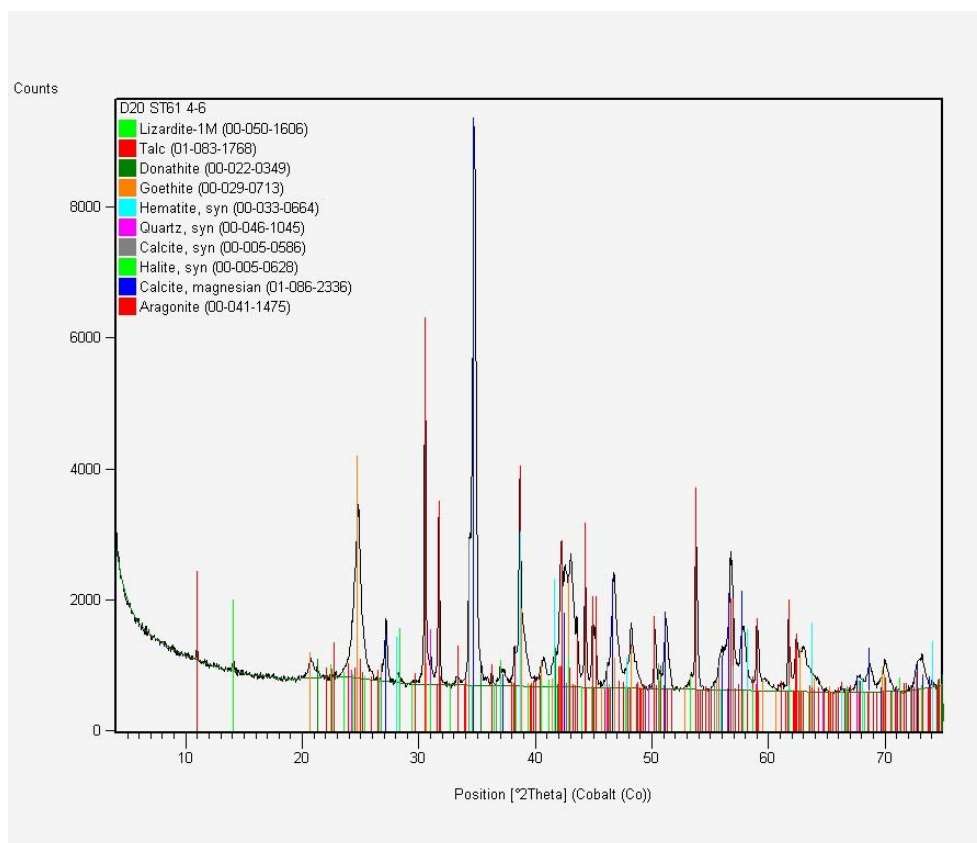




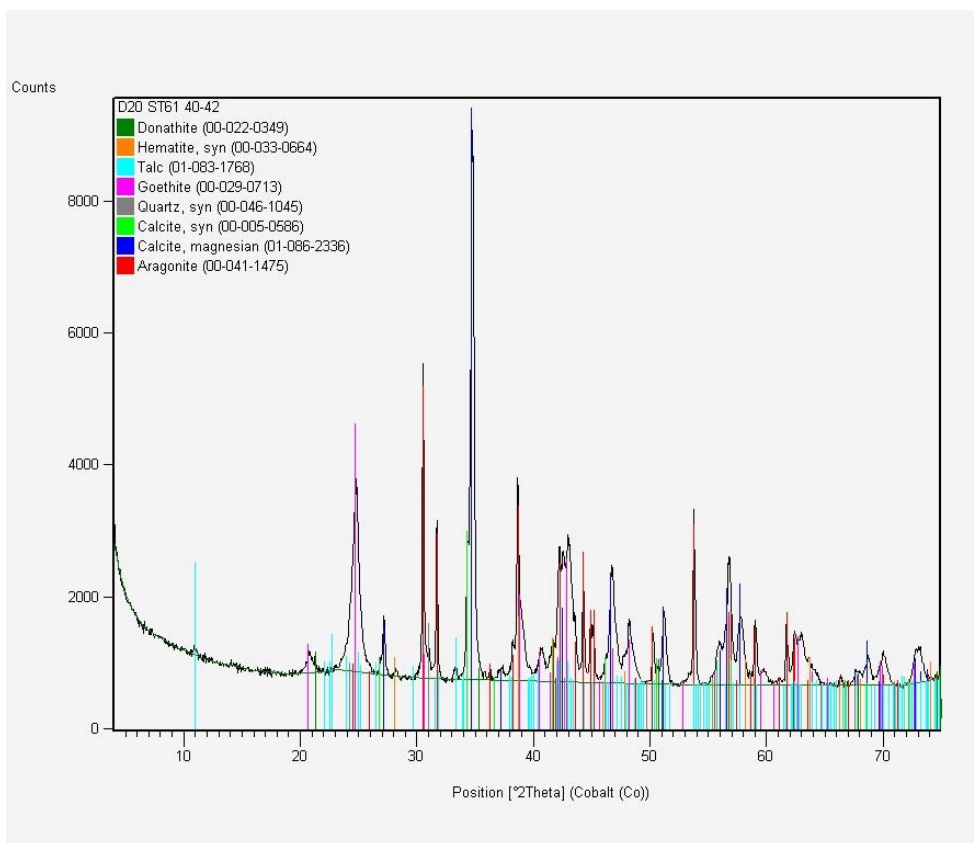
### St06-1, 0-2 cm



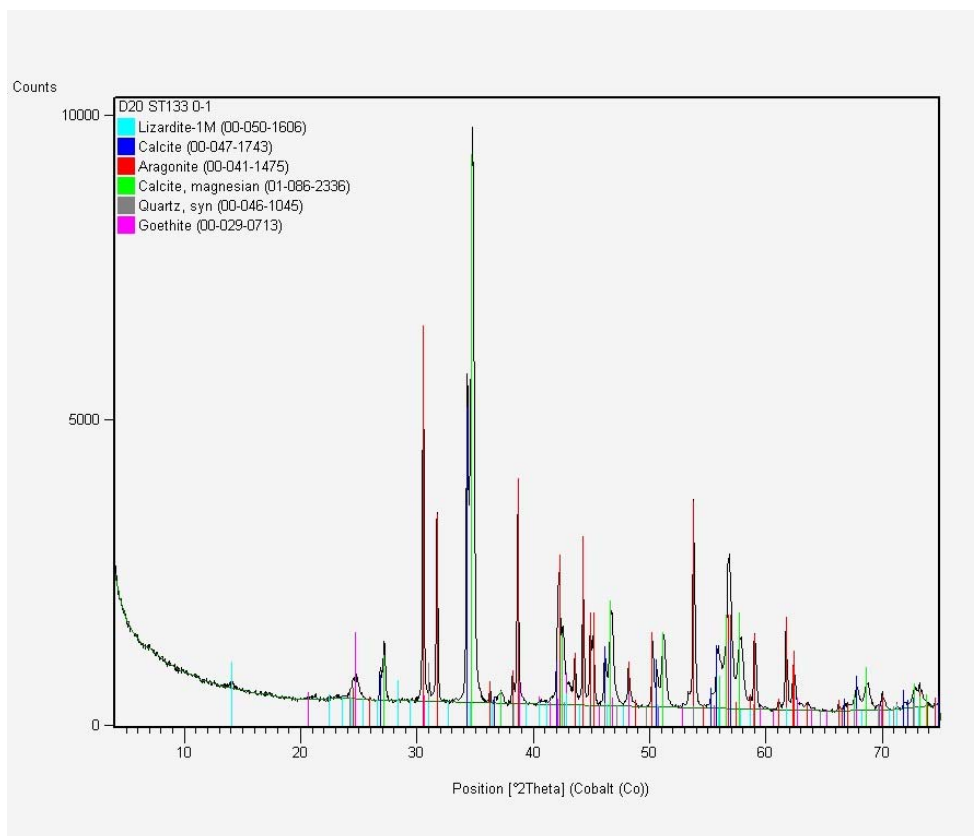
### St06-1, 4-6 cm



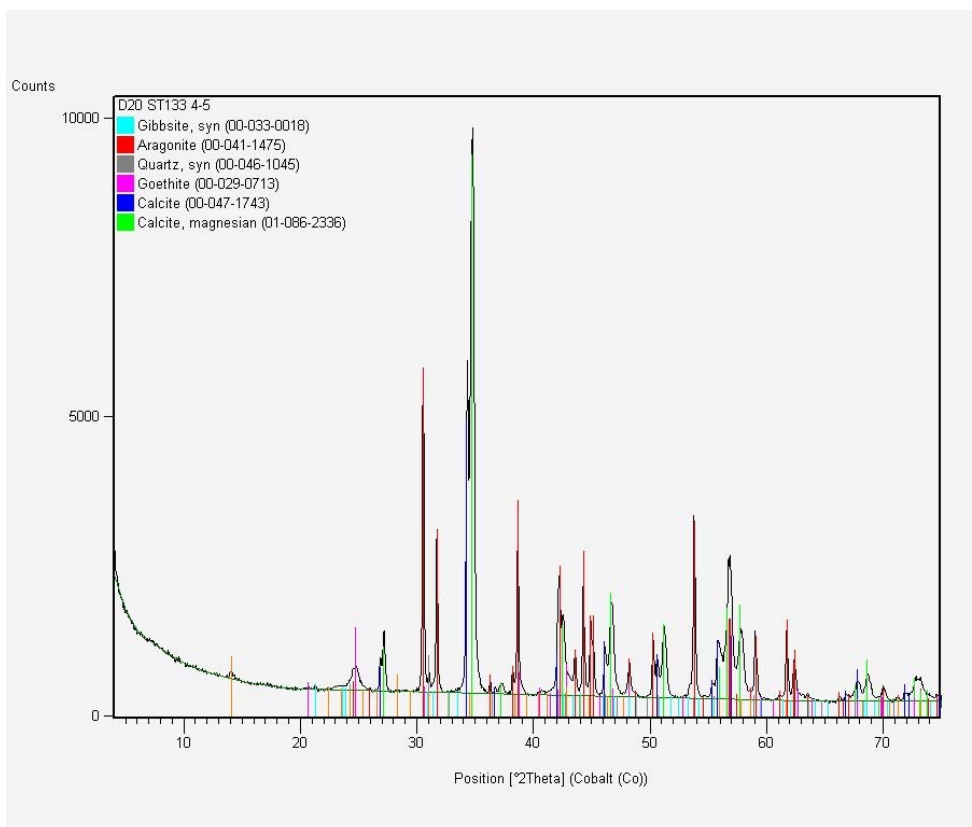
### St06-1, 40-42 cm



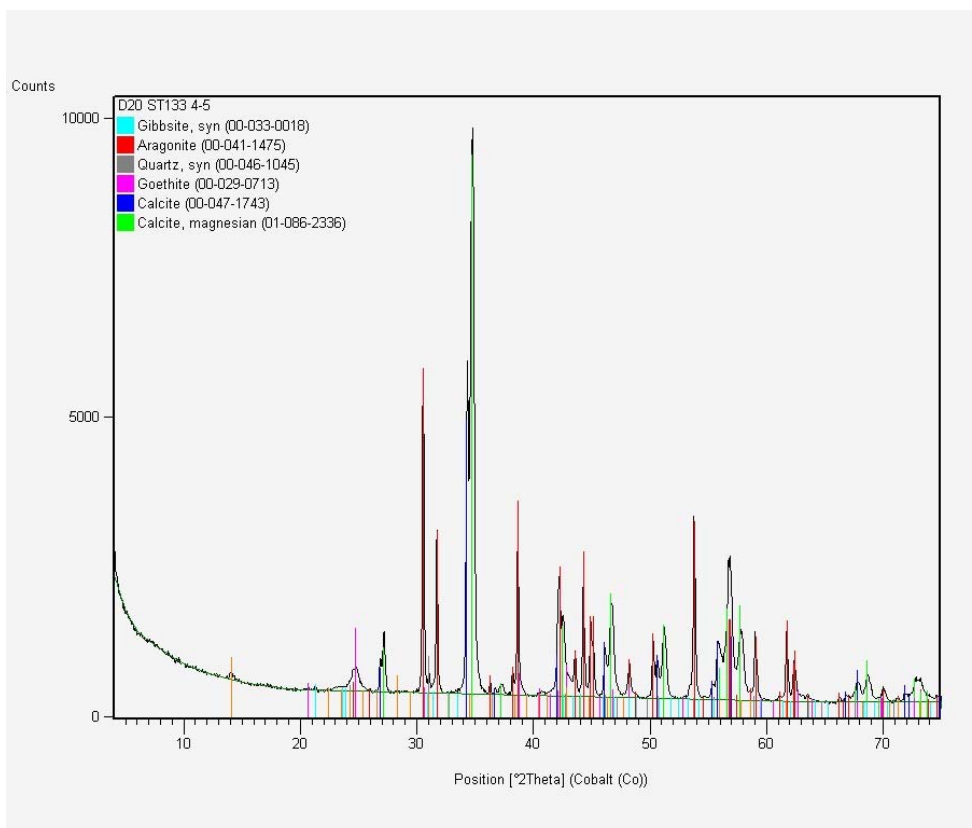
### St13-3, 0-1 cm



### St13-3, 4-5 cm



### St13-3, 15-16 cm



## ANNEXE 4

### Spectrométrie gamma des niveaux sédimentaires de la carotte St13-3

Echantillon	Cs-137 (Bq/kg)	Pb-210 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)
0-1 cm	< 1.3	150 ± 16	2.61 ± 0.78	< 6.1
1-2 cm	< 1.0	138 ± 14	2.54 ± 0.64	< 4.9
2-3 cm	< 0.73	131 ± 16	2.06 ± 0.43	< 3.1
3-4 cm	< 0.69	134 ± 16	1.97 ± 0.46	< 3.1
4-5 cm	< 0.64	130 ± 15	1.95 ± 0.39	< 2.8
5-6 cm	< 0.64	130 ± 16	1.99 ± 0.40	< 3.0
6-7 cm	< 0.63	114 ± 14	2.08 ± 0.40	< 2.9
7-8 cm	< 0.60	98.3 ± 9.9	1.96 ± 0.40	< 3.0
8-9 cm	< 0.65	94.1 ± 9.7	2.14 ± 0.44	< 2.9
9-10 cm	< 0.60	106 ± 10	1.85 ± 0.39	< 2.7
10-11 cm	< 0.59	104 ± 10	2.26 ± 0.43	< 2.7
11-12 cm	< 0.69	99 ± 10	2.22 ± 0.45	< 3.0
12-13 cm	< 0.66	81 ± 10	2.20 ± 0.44	< 3.0
13-14 cm	< 0.65	79.1 ± 8.5	1.96 ± 0.45	< 3.0
14-15 cm	< 0.63	65.5 ± 7.2	2.05 ± 0.41	< 2.7
15-16 cm	< 0.62	49.2 ± 5.9	2.14 ± 0.44	< 3.3

### Spectrométrie gamma des niveaux sédimentaires de la carotte St06-1

Echantillon	Cs-137 (Bq/kg)	Pb-210 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)
0-2 cm	< 0.79	114 ± 11	2.33 ± 0.47	< 3.3
2-4 cm	< 0.73	107 ± 11	1.93 ± 0.43	< 3.2
4-6 cm	< 0.71	106 ± 10	2.15 ± 0.33	< 3.0
6-8 cm	< 0.74	109 ± 11	1.80 ± 0.45	< 3.3
8-10 cm	0.33 ± 0.18	108 ± 10	2.04 ± 0.33	< 2.0
10-12 cm	< 0.71	110 ± 11	1.86 ± 0.41	< 3.1
12-14 cm	< 0.77	115 ± 11	1.94 ± 0.54	< 3.3
14-16 cm	0.42 ± 0.25	103 ± 10	2.10 ± 0.43	< 3.1
16-18 cm	0.49 ± 0.27	108 ± 13	1.81 ± 0.40	< 3.2
18-20 cm	0.41 ± 0.25	103 ± 11	2.11 ± 0.42	< 3.1
20-22 cm	0.51 ± 0.26	102 ± 12	2.01 ± 0.44	< 2.9
22-24 cm	0.34 ± 0.18	100.3 ± 9.6	1.93 ± 0.32	< 2.0
24-26 cm	0.33 ± 0.11	95 ± 12	2.21 ± 0.43	< 2.9
26-28 cm	0.51 ± 0.19	97.9 ± 9.4	2.15 ± 0.33	< 2.1
28-30 cm	0.37 ± 0.16	91.6 ± 8.5	1.78 ± 0.29	< 1.8
30-32 cm	0.41 ± 0.24	85.5 ± 9.2	2.02 ± 0.42	< 2.6
32-34 cm	0.41 ± 0.18	94.5 ± 8.9	1.91 ± 0.32	< 2.1
34-36 cm	0.65 ± 0.26	82.2 ± 8.7	1.88 ± 0.41	< 2.9
36-38 cm	0.47 ± 0.24	80.8 ± 8.5	2.01 ± 0.42	< 2.6
38-40 cm	0.36 ± 0.16	88.5 ± 8.2	1.77 ± 0.37	< 1.8
40-42 cm	0.28 ± 0.18	82.6 ± 8.1	2.05 ± 0.34	< 2.0
42-44 cm	< 0.80	64.8 ± 7.3	2.03 ± 0.45	< 3.2

### Spectrométrie gamma des niveaux sédimentaires de la carotte St06-1

Echantillon	Cs-137 (Bq/kg)	Pb-210 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)
0-2 cm	0.75 ± 0.38	40.9 ± 5.1	3.34 ± 0.64	< 4.5
2-4 cm	0.44 ± 0.25	24.2 ± 3.9	2.70 ± 0.48	< 3.1
4-6 cm	1.06 ± 0.50	22.4 ± 5.1	3.12 ± 0.78	< 5.7
6-8 cm	0.69 ± 0.29	24.5 ± 3.8	2.15 ± 0.42	< 3.1
8-10 cm	< 0.74	32.1 ± 5.5	2.65 ± 0.49	< 3.5
10-12 cm	< 0.76	37.2 ± 5.9	2.69 ± 0.47	1.4 ± 1.1
12-14 cm	0.74 ± 0.33	45.3 ± 7.1	2.27 ± .50	< 3.6
14-16 cm	0.65 ± 0.21	33.0 ± 4.0	2.30 ± 0.34	1.30 ± 0.51
16-18 cm	0.70 ± 0.29	34.6 ± 5.6	2.48 ± 0.46	1.5 ± 1.1
18-20 cm	1.02 ± 0.31	30.9 ± 5.2	2.15 ± 0.50	< 3.2
20-22 cm	0.71 ± 0.29	22.4 ± 3.6	2.12 ± 0.43	< 3.1
22-24 cm	0.43 ± 0.27	20.6 ± 3.5	2.61 ± 0.51	2.28 ± 0.90
24-26 cm	0.63 ± 0.28	14.2 ± 2.8	2.17 ± 0.42	< 3.1
26-28 cm	0.78 ± 0.29	15.5 ± 2.9	2.16 ± 0.53	< 3.1
28-30 cm	0.64 ± 0.30	15.8 ± 3.0	2.25 ± 0.45	< 3.2
30-32 cm	0.89 ± 0.23	12.7 ± 2.2	2.22 ± 0.33	1.76 ± 0.75
32-34 cm	0.87 ± 0.31	10.1 ± 2.5	2.29 ± 0.43	< 3.3
34-36 cm	0.50 ± 0.27	9.3 ± 2.4	2.42 ± 0.46	< 3.5
36-38 cm	0.62 ± 0.28	5.9 ± 2.0	2.83 ± 0.37	< 3.4
38-40 cm	0.93 ± 0.32	9.5 ± 2.4	2.63 ± 0.47	1.9 ± 1.2
40-42 cm	1.12 ± 0.34	11.6 ± 2.5	2.04 ± 0.54	1.55 ± 0.91

## ANNEXE 5

### Caractéristiques physiques (densité humide et pourcentage de pélites) des trois carottes prélevées

<b>St 133</b>			<b>St 15</b>			<b>St 61</b>		
Profondeur (cm)	Densité humide	Pélites (%)	Profondeur	Densité humide	Pélites (%)	Profondeur	Densité humide	Pélites (%)
0,5	1,56	65,8	1	1,50	93,1	1	1,44	82,4
1,5	1,67	63,9	3	1,50	84,0	3	1,48	78,9
2,5	1,78	63,9	5	1,62	80,9	5	1,47	77,0
3,5	1,83	62,5	7	1,57	88,8	7	1,59	80,5
4,5	1,79	66,0	9	1,56	91,6	9	1,54	79,8
5,5	1,86	69,0	11	1,55	91,0	11	1,59	78,4
6,5	1,88	65,6	13	1,55	85,7	13	1,57	78,6
7,5	1,91	61,8	15	1,72	88,3	15	1,60	78,3
8,5	1,90	61,1	17	1,78	85,6	17	1,58	78,0
9,5	2,01	63,3	19	1,68	85,4	19	1,57	74,3
10,5	1,95	65,3	21	1,67	79,2	21	1,62	79,0
11,5	2,04	58,7	23	1,69	80,7	23	1,63	75,1
12,5	1,90	62,4	25	1,66	87,4	25	1,65	75,7
13,5	1,88	63,9	27	1,66	85,4	27	1,70	76,5
14,5	1,96	62,6	29	1,64	74,7	29	1,66	76,0
15,5	1,96	62,4	31	1,88	80,2	31	1,64	76,2
			33	1,94	71,1	33	1,67	80,1
			35	1,87	70,3	35	1,74	81,9
			37	1,81	73,4	37	1,66	76,0
			39	1,73	74,9	39	1,67	81,1
			41	1,75	80,9	41	1,63	74,6

## ANNEXE 6

### Concentrations totales en métaux dans les trois carottes

#### Carotte St 15

Profondeur (cm)	[Co] en µg/g	[Ca] en mg/g	[Cu] en µg/g	[Cr] en mg/g	[Fe] en mg/g	[Mn] en mg/g	[Ni] en mg/g	[Zn] en µg/g
1	358,8	30,4	21,7	17,9	312,6	2,8	4,2	189,5
3	232,9	24,8	15,6	13,5	224,5	2,0	2,8	139,0
5	280,5	40,4	13,8	18,3	260,2	2,3	3,5	173,1
7	256,1	29,6	14,3	12,7	244,4	2,1	3,0	169,9
9	282,2	37,0	14,3	15,1	319,6	2,3	3,5	193,9
11	286,4	41,9	15,6	17,1	282,8	2,5	3,8	180,2
13	303,4	28,5	15,3	15,2	261,9	2,3	3,3	117,9
15	280,9	41,2	13,6	13,7	308,3	2,3	3,6	166,7
17	334,4	42,4	17,3	16,3	276,1	2,7	4,0	155,3
19	340,9	42,8	18,9	15,3	276,3	2,8	4,1	158,0
21	367,3	38,1	17,2	14,5	349,7	3,0	4,5	179,3
23	357,6	32,0	17,7	14,8	351,3		4,7	165,1
25	375,6	28,9	18,0	12,9	351,6	3,1	5,1	177,9
27	393,4	31,4	17,8	13,4	349,4	3,1	5,0	174,3
29	513,6	23,3	19,7	16,0	377,3	2,9	4,8	173,2
31	497,2	22,9	18,4	16,8	350,7	3,0	4,8	175,2
33	454,5	26,4	18,6	19,9	356,9	3,0	4,7	191,7
35	475,0	27,4	19,5	16,8	345,9	3,2	4,8	186,6
37	432,6	31,6	18,2	16,8	353,0	3,3	4,6	184,9
39	447,0	35,8	18,3	16,7	345,7	3,4	4,8	180,9
41	468,9	39,3	20,2	17,4	369,7	3,9	5,2	194,5

Carotte St 61

Profondeur (cm)	[Co] en µg/g	[Ca] en mg/g	[Cu] en µg/g	[Cr] en mg/g	[Fe] en mg/g	[Mn] en mg/g	[Ni] en mg/g	[Zn] en µg/g
1	113,0	214,1	9,7		117,7	1,27	2,23	87,0
3	137,0	241,7	6,9	7,32	147,70	1,13	2,60	73,80
5	127,6	232,3	6,6	7,30	139,93	1,06	2,43	78,4
7	136,0	231,3	7,5	7,29	146,11	1,14	2,56	90,4
9	143,1	229,9	7,5	7,81	151,01	1,16	2,65	76,7
11	156,4	236,5	6,5	7,73	161,04	1,25	3,00	87,4
13	136,9	230,0	5,5	6,96	148,75	1,16	2,75	68,9
15	143,7	231,1	6,5	7,42	151,75	1,18	2,71	82,9
17	145,2	216,2	7,3	7,23	157,95	1,22	2,86	107,2
19	150,5	221,2	8,1	7,12	163,46	1,26	3,00	95,5
21	161,3	213,0	8,6	7,78	172,57	1,30	3,15	89,2
23	156,5	215,5	7,3	7,67	166,61	1,26	3,04	96,4
25	148,8	223,6	12,3	7,65	156,89	1,24	2,84	104,1
27	150,7	226,7	8,6	7,23	158,18	1,25	2,96	113,3
29	138,8	231,3	7,5	7,30	151,90	1,20	2,74	114,9
31	146,7	227,5	15,8	7,28	159,93	1,27	2,92	89,2
33	150,2	231,5	12,2	7,41	160,10	1,26	3,16	100,6
35	145,5	230,1	15,7	6,84	152,63	1,22	3,02	129,5
37	158,0	214,4	15,6	7,17	168,97	1,32	3,24	170,3
39	138,4	230,3	11,2	7,06	149,97	1,21	2,75	120,4
41	157,4	217,1	16,3	7,23	170,51	1,36	3,15	141,5



**Carotte St 133**

<b>Profondeur (cm)</b>	<b>[Co] en µg/g</b>	<b>[Ca] en mg/g</b>	<b>[Cu] en µg/g</b>	<b>[Cr] en mg/g</b>	<b>[Fe] en mg/g</b>	<b>[Mn] en mg/g</b>	<b>[Ni] en mg/g</b>	<b>[Zn] en µg/g</b>
0,5	33,6	334,7	2,5	1,29	40,6	0,34	0,52	< DL
1,5	33,1	347,8	6,9	1,45	40,6	0,37	0,42	76,6
2,5	36,7	326,5	6,2	1,33	49,0	0,43	0,65	121,0
3,5	31,8	329,8	8,1	1,40	45,8	0,38	0,38	55,3
4,5	32,8	328,8	0,6	1,25	49,1	0,32	0,57	6,6
5,5	33,0	342,4	1,4	1,30	44,9	0,30	0,31	7,0
6,5	33,5	338,9	0,6	1,29	46,9	0,31	0,33	55,9
7,5	30,5	319,8	1,4	1,21	42,6	0,28	0,31	59,1
8,5	31,8	327,7	3,4	1,23	44,5	0,30	0,33	127,7
9,5	33,7	334,3	2,5	1,28	45,6	0,30	0,37	45,1
10,5	31,1	334,6	0,6	1,23	43,5	0,29	0,46	50,8
11,5	30,5	316,6	2,6	1,19	41,5	0,28	0,35	38,9
12,5	29,0	319,2	2,5	1,17	42,9	0,28	0,43	62,5
13,5	34,8	360,5	0,6	1,35	49,3	0,33	0,35	68,6
14,5	26,9	315,2	1,5	1,18	39,4	0,26	0,36	26,7
15,5	29,8	342,4	4,6	1,25	43,3		0,48	< DL

## ANNEXE 7

**Tableau des concentrations en soufre lixiviable et en soufre échangeable.**

<b>Horizon (cm)</b>	<b>Soufre lixiviable (mg/L)</b>	<b>Soufre échangeable (mg/L)</b>
0-1	1,37	1,37
1-2	1,14	1,81
2-3	1,12	1,43
3-4	1,00	1,13
4-5	1,01	1,33

## **ANNEXE VI**

### **SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE LA COLONNE D'EAU QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS**

**Station du Port de Prony St16  
Mars, mai, août et novembre 2010**



**SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012**  
**QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET**  
**CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS**

**St16**

**mars, mai, août et novembre 2010**



**RAPPORT ANNUEL**

**DECEMBRE 2010**



## CONTRAT DE CONSULTANCE AEL-LEA/VALE-NC

### **Convention n° C2445**

SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012 :  
QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET  
CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS

St16

Mars, mai, août et novembre 2010

Le Grand H.  
Dolbecq M.  
Moreton B.  
Goyaud A.  
Fernandez JM.

AEL-LEA, Nouvelle-Calédonie, décembre 2010

Nombre de pages : 30



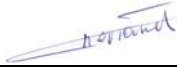
	<b>N/Ref</b>	<b>V/Ref</b>
<b>Identification</b>	C2445	

<b>Titre</b>	Suivi environnemental « colonne d'eau » (2010-2012) : Qualité physico-chimique des eaux et concentration en métaux dissous. St16 : Mars, mai, août et novembre 2010.
--------------	--

<b>Auteurs</b>	Le Grand H., Dolbecq M., Moreton B., Goyaud A., Malet A., Fernandez JM.
----------------	---

### Résumé :

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux. Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé trimestriellement au niveau de la station St16 du port de commerce, dans la Baie du Prony. Le suivi a consisté en quatre campagnes de prélèvements d'eau (mars, mai, août et novembre 2010) afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les concentrations en hydrocarbures. Les données recueillies permettent de mettre en évidence l'importance du régime pluvial sur la qualité physico-chimique des masses d'eau et de leurs concentrations en métaux dissous, comme notamment lors de la campagne de mai 2010 qui a mis en évidence une très nette augmentation des concentrations de certains métaux (Co, Cr(VI), Cr(tot), Mn, Ni) dans la couche de surface. Cette couche, également moins salée et plus froide que le reste de la colonne d'eau, est le reflet des importantes précipitations (environ 90 mm en 36 heures) ayant eu lieu 3 jours avant la campagne de prélèvements. Les concentrations en cuivre sont à suivre.

APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		31/12/2010
Vérificateur	Anne-Sophie Kerbrat		31/12/2010
Approbateur(s)	Jean-Michel Fernandez		31/12/2010

EVOLUTION		
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
V1.0		31/12/2010

COPIE - DIFFUSION	
NOM	ORGANISME
C. Casalis	VALE NC, Département Environnement

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	7
OBJECTIFS.....	7
METHODOLOGIE.....	7
Site d'étude.....	7
Conditions météorologiques.....	8
Campagne du 16 mars 2010.....	8
<i>Campagne du 26 mai 2010.....</i>	8
<i>Campagne du 4 août 2010.....</i>	8
<i>Campagne du 9 novembre 2010.....</i>	9
Conditions hydrodynamiques.....	10
Echantillonnage.....	10
Paramètres physico-chimiques et analyse.....	11
RESULTATS.....	12
Paramètres physico-chimiques.....	12
<i>Structures des masses d'eau.....</i>	12
<i>Eléments majeurs et pH.....</i>	14
<i>Matières en suspension (MES).....</i>	14
<i>Carbonates (Station St16).....</i>	14
Hydrocarbures totaux.....	15
Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau.....	15
CONCLUSION.....	17
REFERENCES.....	18
LISTE DES FIGURES.....	19
LISTE DES TABLEAUX.....	19
LISTE DES ANNEXES.....	20
METHODOLOGIE.....	21
<i>Paramètres physico-chimiques et analyse.....</i>	21
<i>Analyse des hydrocarbures totaux.....</i>	22
<i>Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau.....</i>	22
<i>Validation des analyses.....</i>	22





## INTRODUCTION

Le programme de travail ici présenté a été défini en réponse au cahier des charges proposé par la Province-Sud de Nouvelle-Calédonie au titre des arrêtés ICPE relatifs à l'autorisation d'exploitation des installations industrielles et portuaires.

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux (Conventions IRD-Goro-Ni n°1124 de 2005 et n°1312 de 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC poursuit un programme de suivi des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau depuis août 2008.

Ce document présente les résultats des campagnes de prélèvements de la station St16 (zone portuaire de la Baie du Prony) réalisée en mars, mai, août et novembre 2010.

## OBJECTIFS

Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé trimestriellement au niveau de la station St16 du port de commerce, dans la Baie du Prony.

Le suivi a consisté en quatre campagnes de prélèvements d'eau afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les concentrations en hydrocarbures.

Les techniques de prélèvement, de conditionnement, de traitement et d'analyses sont spécifiques et reconnues scientifiquement pour l'analyse en milieu marin et saumâtre.

## METHODOLOGIE

### *Site d'étude*

Les opérations de terrain ont été réalisées à la station St16, correspondant à la zone portuaire de la Baie du Prony, à travers quatre campagnes successives. Les échantillonnages de la station St16 (166°53.365 E ; 22°21.210 S, profondeur 25 m) se sont déroulés lors des deux campagnes semestrielles, « saison humide » (16 mars 2010) et « saison sèche » (4 août 2010) ainsi que lors de deux campagnes de prélèvements trimestrielles qui ont eu lieu le 26 mai et le 9 novembre 2010.

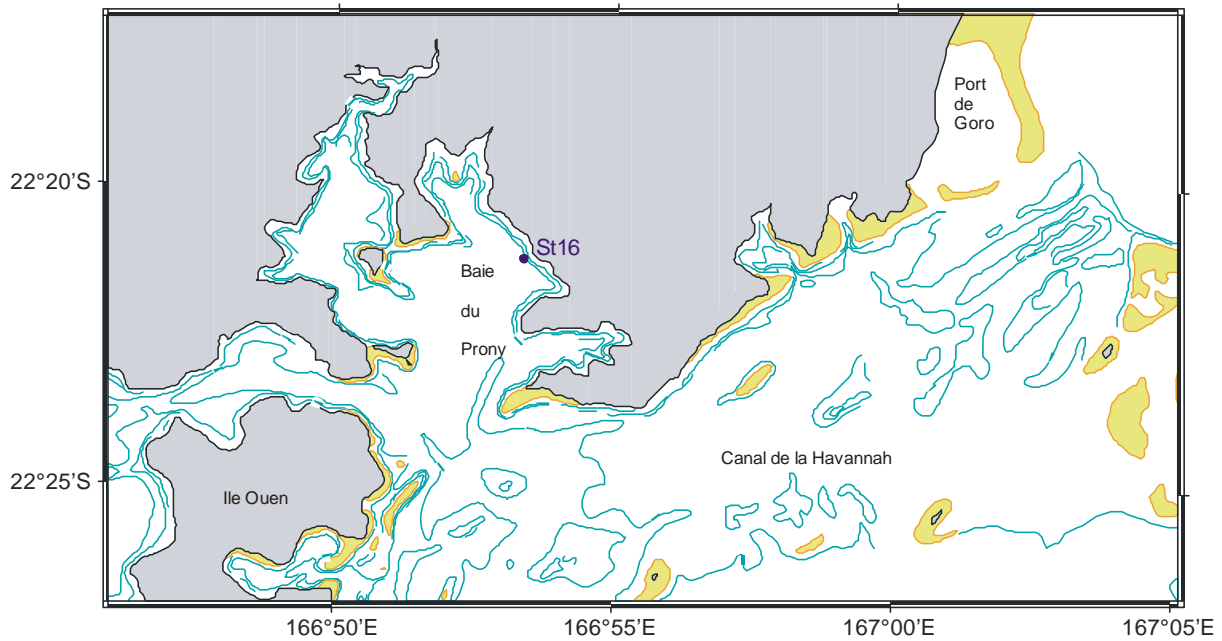


Figure 1 : Localisation géographique de la station de prélèvements St16.

## Conditions météorologiques

La hauteur des précipitations quotidiennes des journées de campagnes de prélèvements trimestrielles et des cinq jours précédents sont regroupées dans le Tableau 1.

### Campagne du 16 mars 2010

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements:

- Vent : SE 25-30 nœuds, rafales à 35 nœuds ;
- Pluie : 57,2 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : 15-20 nœuds, pluie, mer agitée ;
- Pluie : 12,2 mm.

### Campagne du 26 mai 2010

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 90,2 mm accumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : SE < 5 nœuds ;
- Pluie : 0 mm.

### Campagne du 4 août 2010

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements:

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 1,2 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Vent : O-NO 10 nœuds ;
- Pluie : 0 mm.

### **Campagne du 9 novembre 2010**

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : 5-10 nœuds ;
- Pluie : 44 mm cumulés en cinq jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

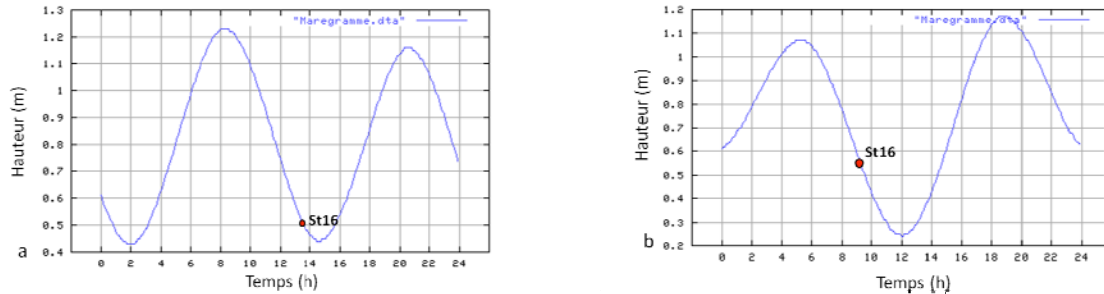
- Vent : N-NE < 5noeuds ;
- Pluie : 0 mm.

**Tableau 1 :** Hauteur des précipitations quotidiennes (mm) ayant eu lieu cinq jours avant et pendant les campagnes de prélèvements de mars, mai, août et novembre 2010.

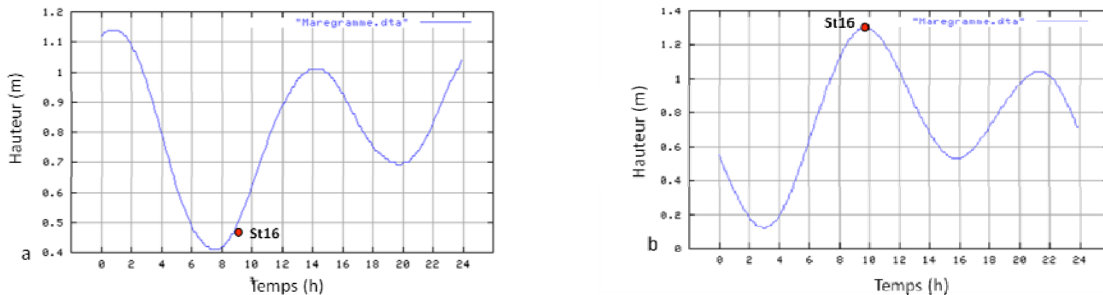
Campagne	Date	Hauteur des précipitations quotidiennes (mm)
Mars 2010	11/03	11,2
	12/03	18,2
	13/03	6,6
	14/03	13,2
	15/03	8,0
	16/03	12,2
Mai 2010	21/05	0,0
	22/05	27,8
	23/05	59,4
	24/05	3,0
	25/05	0,0
	26/05	0,0
Août 2010	30/07	4,6
	31/07	0,0
	01/08	2,6
	02/08	1,0
	03/08	0,2
	04/08	0,0
Novembre 2010	05/11	0,0
	06/11	30,5
	07/11	5,4
	08/11	8,1
	09/11	0,0
	10/11	0,0

## Conditions hydrodynamiques

Les prélèvements ont été effectués dans différentes conditions de marées présentées à travers les marégrammes des Figures 2 et 3.



**Figure 2 :** Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 16 mars 2010 (a) et du 26 mai 2010 (b).



**Figure 3 :** Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 4 août 2010 (a) et du 9 novembre 2010 (b).

## Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués : (i) par bouteille « Niskin » pour le dosage des sels nutritifs (campagnes semestrielle uniquement) et les ions magnésium ( $Mg^{2+}$ ), sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) et carbonates ( $CO_3^{2-}$ ) ; (ii) par bouteille « Goflo, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous et des hydrocarbures totaux. L'eau a été échantillonnée à trois profondeurs :

- Sub-surface (-3 m) ;
- Mi-profondeur ;
- Proximité du fond (environ 3 m).

Lors des campagnes de prélèvement, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Enregistrement des profils multiparamétriques à l'aide la sonde CTD (Seabird, modèle SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- Prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des matières en suspension totales (MEST) et des concentrations en  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $CO_3^{2-}$  ;

- Prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrate+nitrite, ammonium, phosphate, silicate, azote organique dissous, phosphore organique dissous) et de la charge organique particulaire (carbone, azote, phosphore, pigments chlorophylliens). Ces prélèvements sont réalisés à une fréquence semestrielle (mars et août) ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par torche à plasma (ICP-OES) pour Co, Cu, Mn, Ni et Zn et par électrochimie (voltamétrie) pour les dosages du couple Cr/Cr(VI). Pour les campagnes semestrielles, As (voltamétrie) et Cd, Fe et Pb (ICP-OES) sont également analysés.

### ***Paramètres physico-chimiques et analyse***

Les méthodes sont décrites en Annexe 1.

## RESULTATS

### Paramètres physico-chimiques

#### Structures des masses d'eau

Rappel : Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau. En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (Aminot et Kérouel 2004). En milieux côtier et estuarien, la turbidité peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières, d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que d'efflorescences planctoniques (blooms). La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigment chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Kérouel 2004).

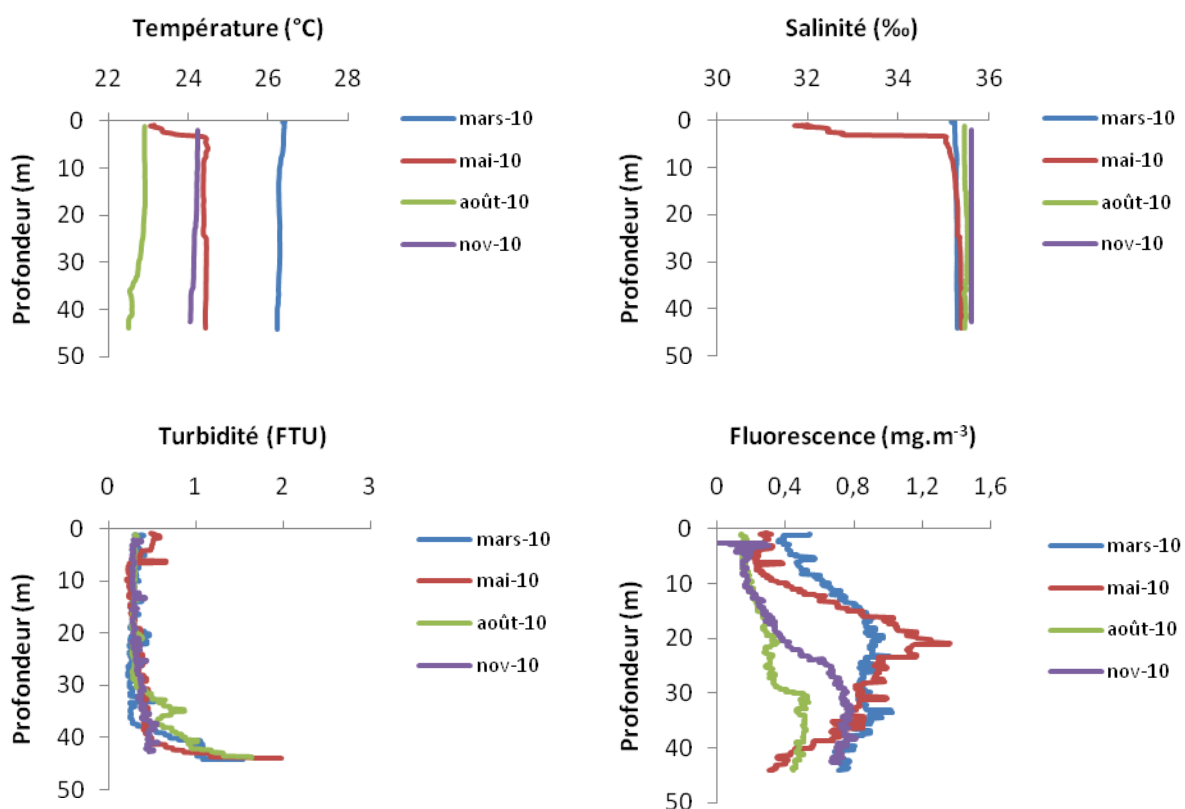
Les valeurs des paramètres température, salinité, turbidité et fluorescence mesurées à la station St16 sont reportées dans le tableau 2 et en Figure 4. L'ensemble des données est présenté en Annexe 2. Elles montrent que :

- Les **températures** des masses d'eau diminuent progressivement de mars (moy =  $26,3 \pm 0,0$  °C) en août (moy =  $22,8 \pm 0,1$  °C) puis se sont réchauffées jusqu'à  $24,2 \pm 0,1$  °C en novembre. Les températures moyennes de mai ( $24,2 \pm 0,4$  °C) sont similaires à celles mesurées en novembre. Les profils de températures sont homogènes d'une campagne à l'autre, à l'exception de celle du mois de mai où la température augmente d'un degré dans les 5 premiers mètres.
- La **salinité** est relativement constante d'une campagne à l'autre sur les couches inférieures à cinq mètres de profondeur (35,3-35,6 ‰). Toutefois, le profil du mois de mai montre une dessalure relative en surface avec une salinité passant de 31,7 ‰ à 35,2 ‰ dans les cinq premiers mètres. Ces plus faibles valeurs de salinité (et températures) des eaux de surface mesurées lors de la campagne de mai proviendraient d'un apport d'eau douce lié aux importantes précipitations ayant eu lieu la semaine précédant la campagne (90,2 mm).
- Les valeurs de **turbidité** des 30 premiers mètres sont homogènes entre les campagnes (environ 0,4 FTU). Les profils des mois de mars, mai et août présentent des couches benthiques néphéloïdes<sup>1</sup> où la turbidité peut atteindre des valeurs de 1,54, 1,98 et 1,32 FTU respectivement. En novembre, les 20 premiers mètres montrent des turbidités très faibles (<0,3 FTU), puis une augmentation progressive vers le fond avec une valeur maximale supérieure à 0,5 FTU à -37 m.
- Les valeurs de **fluorescence** varient entre chaque campagne. Les maxima sont relevés en mai avec des valeurs de  $1,36 \text{ mg/m}^3$  à 20 m. Le profil de mars montre également un pic à 20 mètres d'une valeur de  $1,02 \text{ mg/m}^3$ . Enfin, les profils d'août et de novembre montrent des valeurs de fluorescence plus élevées au-delà de 20 m.

<sup>1</sup> Couches néphéloïdes : concentrations de particules non organiques en suspension dans l'eau.

**Tableau 2 :** Valeurs de température, salinité, fluorescence et turbidité de la station St16 lors des campagnes de mars, mai, août et novembre 2010.

		Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (FTU)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )
Mars	Minimum	26,24	35,13	0,21	0,35
	Maximum	26,42	35,31	1,54	1,02
	<b>Moyenne</b>	<b>26,30</b>	<b>35,29</b>	<b>0,38</b>	<b>0,75</b>
	Ecart-type	0,05	0,02	0,25	0,17
Mai	Minimum	23,05	31,72	0,20	0,22
	Maximum	24,48	35,39	1,98	1,36
	<b>Moyenne</b>	<b>24,24</b>	<b>34,85</b>	<b>0,42</b>	<b>0,64</b>
	Ecart-type	0,42	1,11	0,27	0,32
Août	Minimum	22,48	35,46	0,26	0,12
	Maximum	22,92	35,54	0,53	0,53
	<b>Moyenne</b>	<b>22,79</b>	<b>35,51</b>	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>
	Ecart-type	0,14	0,02	0,24	0,132
Novembre	Minimum	24,04	35,62	0,26	0,00
	Maximum	24,24	35,63	0,57	0,81
	<b>Moyenne</b>	<b>24,17</b>	<b>35,62</b>	<b>0,34</b>	<b>0,48</b>
	Ecart-type	0,06	0,00	0,07	0,24


**Figure 4 :** Profils de température (°C), salinité (‰), fluorescence (mg/m<sup>3</sup>) et turbidité de la station St16 (Port de Prony) aux campagnes de mars, mai, août et novembre 2010.

En résumé (Figure 4), les apports particuliers d'origine terrigène semblent constants d'une saison à l'autre (turbidité) et seules les précipitations modifient les quantités introduites. Ces pluies influencent également la composition des premiers mètres de la colonne d'eau



(salinité). En ce qui concerne la saisonnalité, celle-ci affecte l'ensemble de la colonne d'eau (température) et conditionne la composition phytoplanctonique, notamment celles des eaux intermédiaires et profondes.

## **Eléments majeurs et pH**

Les résultats d'analyse des éléments majeurs et les mesures de pH sont réunis en Annexe 3.

Les valeurs de pH ainsi que les concentrations des ions majeurs (Magnésium et Sulfates) sont conformes aux valeurs attendues, en fonction des 4 campagnes et des profondeurs d'échantillonnage, soit pour les valeurs moyennes :

- pH =  $8,17 \pm 0,06$
- Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :  $1331 \pm 92$  mg/L.
- Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) :  $2391 \pm 201$  mg/L.

## **Matières en suspension (MES)**

*Rappel : La mesure des MES est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète l'importance des apports continentaux et de la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'épaisseur de la couche euphotique (Aminot et Kérouel 2004). En milieu côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5 mg/L (Aminot et Kérouel 2004).*

Les résultats de la détermination des MES sont répertoriés en Annexe 3.

Les maxima observés sont relevés lors de la campagne d'août (moy =  $1,22 \pm 0,23$  mg/L) et les minima lors de la campagne de mars (moy =  $0,29 \pm 0,09$  mg/L). Les concentrations de MES sont homogènes le long de la colonne pour ces deux mois ; alors que pour le mois de mai et de novembre, des variations sont observées le long de la colonne avec des valeurs plus élevées en profondeur en mai et en mi-profondeur en novembre.

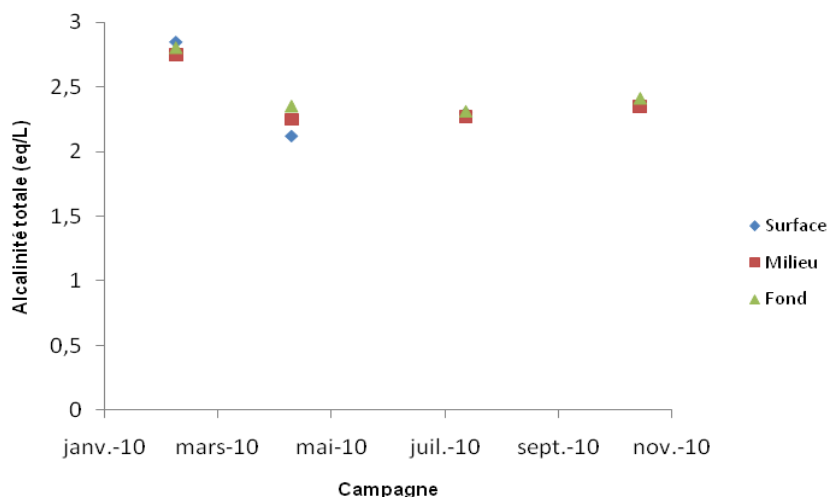
Il n'existe pas de corrélation entre ces variations de valeurs de MES et celles observées le long des profils physico-chimiques.

## **Carbonates (Station St16)**

Les résultats d'analyse des carbonates de la station St16 sont présentés dans la Figure 5 et regroupés en Annexe 3. Les concentrations en Carbonates sont traduites par les valeurs d'alcalinité totale exprimées en eq/L.

Les résultats d'analyse des carbonates des campagnes de mai, août et novembre 2010 sont relativement similaires et conformes aux valeurs attendues (2,3 à 2,4 eq/L). Les valeurs obtenues lors de la campagne de mars sont légèrement plus élevées que celles mesurées pour les trois autres prélèvements (moy =  $2,80 \pm 0,05$  eq/L).

Pour les 4 campagnes, les valeurs de carbonates ne varient pas significativement le long de la colonne d'eau,



**Figure 5 :** Concentrations des carbonates de la station St16 lors des 4 campagnes de prélèvement de mars, mai, août et novembre 2010 aux 3 profondeurs (surface, milieu, fond).

## Hydrocarbures totaux

L'analyse des prélèvements de la station St16 (Annexe 4) n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de détection de la méthode ( $LD < 0,1 \text{ mg/L}$ ).

## Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau

Les résultats d'analyse des métaux dissous sont regroupés dans l'Annexe 5.

Les concentrations de Cr(VI) (Figure 6), Cr(tot) (Figure 7), Mn (Figure 8), Ni (Figure 9) et Co (Figure 10) présentent la même distribution au cours du temps ; celle-ci semble directement liée au régime pluvial. En effet, les concentrations de ces métaux présentent des valeurs particulièrement élevées pour les eaux de surface de la campagne de mai où 90,2 mm de pluie sont tombés 5 jours avant les prélèvements. Bien que bien moins marquée, cette influence est également perceptible pour les prélèvements effectués en mars où il a été enregistré 57,2 mm au cours de la semaine qui a précédé la campagne. En août et novembre, où il n'est accumulé que 1,2 et 44 mm, respectivement, les concentrations sont bien plus faibles. Cette différence, particulièrement notable pour les eaux de surface du mois de mai montre des concentrations de 2 à 8 fois supérieures à celles mesurées normalement.

A l'inverse les concentrations de Cu (Figure 11) et de Zn (Figure 12) ne semblent pas être liées au régime pluvial. Les concentrations de Zn diminuent au cours de l'année 2010 alors que les concentrations de Cu varient de manière aléatoire avec des concentrations supérieures en mai et août 2010 par rapport aux campagnes de mars et novembre 2010.

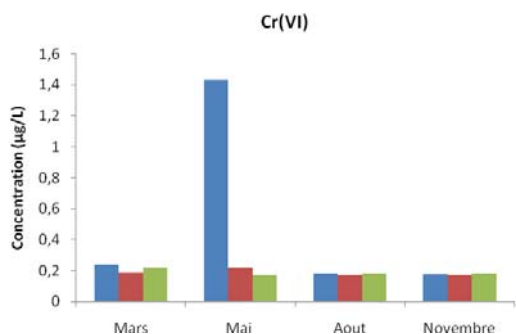


Figure 6 : Evolution des concentrations de Cr(VI) à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

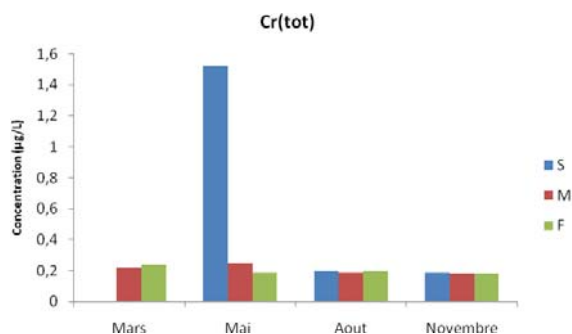


Figure 7 : Evolution des concentrations de Cr(tot) à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

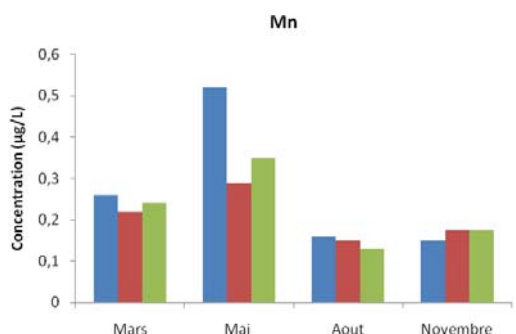


Figure 8 : Evolution des concentrations de Mn à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

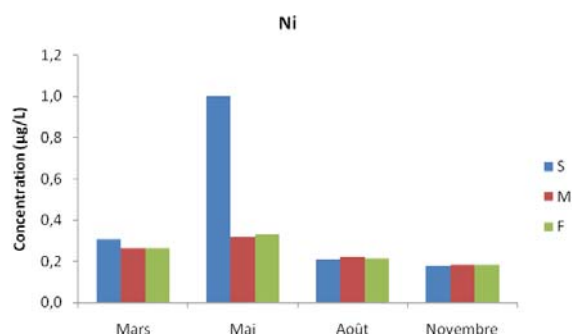


Figure 9 : Evolution des concentrations de Ni à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

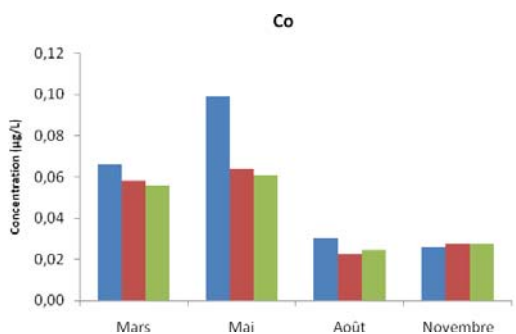


Figure 10 : Evolution des concentrations de Co à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

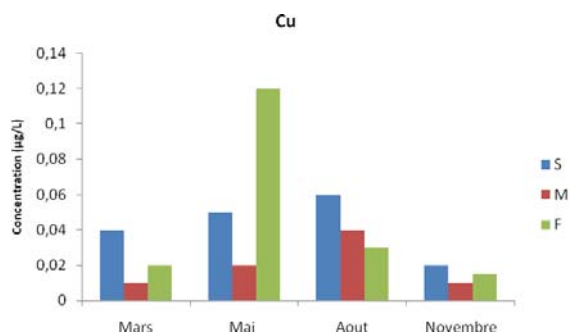


Figure 11 : Evolution des concentrations de Cu à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

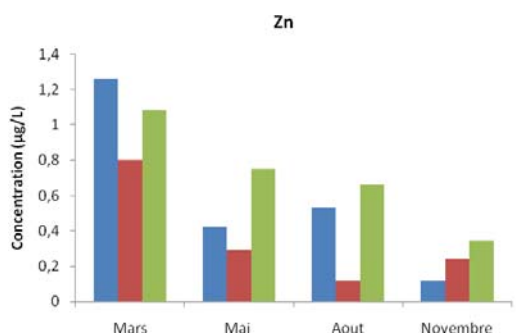


Figure 12 : Evolution des concentrations de Zn à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010

## CONCLUSION

Cette étude présente le suivi physico-chimique de la colonne d'eau de la station St16 lors de quatre campagnes trimestrielles. Les données recueillies permettent de mettre en évidence l'importance du régime pluvial sur la qualité physico-chimique des masses d'eau et de leurs concentrations en métaux dissous.

En effet, lors de la campagne de mai 2010 (fortes pluies), une augmentation des concentrations de certains métaux tels que le Co, Cr(VI), Cr(tot), Mn et Ni est enregistrée dans la couche de surface. Cette augmentation peut être mise en parallèle avec les différences de paramètres physico-chimiques des masses d'eau de surface par rapport à celles des eaux du fond : température et salinité des eaux de surface plus basses que celle des eaux du fond. Cette couche d'eau dessalée et plus froide traduit, notamment, l'influence d'apports d'eau douce dans la baie du Prony (creeks) enrichis en métaux, à l'issue des importantes précipitations ayant eu lieu la semaine précédant la campagne de prélèvements.

Il est à noter également une augmentation des concentrations en Cu dans les prélèvements de mai et dans une moindre mesure d'août. Ces augmentations globales en cuivre peuvent être mises en relation avec les fortes concentrations mesurées dans les organismes biologiques (mollusques bivalves) issus de l'étude du « caging » (Contrat AEL/VALE-NC C2466).

## REFERENCES

- Aminot A, Kérouel (2004) Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, 336 p.
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007) Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention IRD/Goro-Ni n°1312.
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2005) Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie. Convention IRD/Goro-Ni n°1124.
- Breau L, Goyaud A, Le Grand H, Dolbecq M (2010) Suivi de la qualité écotoxicologique (métaux) des eaux de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie par transplantation d'espèces bioindicatrices (bioaccumulateurs). Convention AEL-LEA/Vale-NC n°C2466.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Localisation géographique de la station de prélèvements St16. ....	8
Figure 2 :	Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 16 mars 2010 (a) et du 26 mai 2010 (b). ....	10
Figure 3 :	Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 4 août 2010 (a) et du 9 novembre 2010 (b). ....	10
Figure 4 :	Profils de température (°C), salinité (‰), fluorescence (mg.m <sup>-3</sup> ) et turbidité de la station St16 (Port de Goro) aux campagnes de mars, mai, août et novembre 2010. ....	13
Figure 5 :	Concentrations des carbonates de la station St16 lors des quatre campagnes de prélèvement de mars, mai, août et novembre 2010 aux trois profondeurs (surface, milieu, fond).....	15
Figure 6 :	Evolution des concentrations de Cr(VI) à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 7 :	Evolution des concentrations de Cr(tot) à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 8 :	Evolution des concentrations de Mn à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 9 :	Evolution des concentrations de Ni à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 10 :	Evolution des concentrations de Co à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 11 :	Evolution des concentrations de Cu à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16
Figure 12 :	Evolution des concentrations de Zn à la station St16 au cours des quatre campagnes 2010.....	16

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Hauteur des précipitations quotidiennes (mm) ayant eu lieu cinq jours avant et pendant les campagnes de prélèvements de mars, mai, août et novembre 2010. ....	9
Tableau 2 :	Valeurs de température, salinité, fluorescence et turbidité de la station St16 lors des campagnes de mars, mai, août et novembre 2010. ....	13

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe 1** : Méthodologie.

**Annexe 2** : Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD de salinité, température, turbidité et fluorescence de la station St16 (Port industriel).

**Annexe 3** : Valeurs du pH et des concentrations des éléments majeurs, des MES et des carbonates.

**Annexe 4** : Concentrations en hydrocarbures totaux.

**Annexe 5** : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau.

## ANNEXE 1

### **METHODOLOGIE**

#### **Paramètres physico-chimiques et analyse**

##### **Profils verticaux**

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées, a été obtenue par des profils verticaux réalisés à l'aide d'une sonde CTD SBE19 équipée de capteurs additionnels. La fréquence d'acquisition des données étant de 0,5 secondes et la vitesse de descente d'environ 0,5 m.s<sup>-1</sup>, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Les paramètres mesurés par la sonde CTD sont les suivants :

- La pression qui permet de calculer la profondeur ;
- La salinité déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélométrie exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1 FTU  $\simeq$  1 mg/L de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;
- La fluorescence *in-vivo* exprimée en unités arbitraires et permettant après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons collectés, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).

##### **Eléments majeurs, pH et matière en suspension**

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin a été effectué pour :

- Les dosages des ions Mg ont été effectués par analyse directe à l'ICP-OES après dilution (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, marque Varian, modèle Vista) ;
- Les dosages des sulfates ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- La mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- L'évaluation de charge en MEST. Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et la pesée du filtre (Nuclepore de 0,45  $\mu$ m de porosité).

Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4 °C) jusqu'à leur analyse de retour au laboratoire.

##### **Carbonates (Station St16)**

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin a été effectué pour le dosage des carbonates.

La méthode utilisée est adaptée de celle Anderson & Robinson (1947). Elle consiste à effectuer un dosage potentiométrique de l'alcalinité totale à partir d'une titration de l'eau de mer par un acide fort (HCl ; 0,1N).



Le flaconnage utilisé est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4°C) jusqu'à leur analyse.

### **Analyse des hydrocarbures totaux**

Des sous-échantillons ont été collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®). Les eaux ont été conditionnées dans des flacons en verre afin d'éviter tout contact prolongé avec des matières plastiques pouvant induire une contamination potentielle. L'analyse des hydrocarbures totaux s'est effectuée soit par norme NF T90-203 ou bien DIN EN ISO 9377-2.

La définition de l'indice en hydrocarbure dissous revient au dosage des hydrocarbures des chaînes carbonées comprises entre C10 et C40 par chromatographie gazeuse (GC/FID). Cette méthode permet de doser 0,1 mg/l d'hydrocarbures (elle est cependant moins sensible que l'ancienne norme NF T90-114 utilisant la méthode au CCl<sub>4</sub> aujourd'hui interdite en raison de la très haute toxicité du solvant organique). Les analyses ont été confiées au laboratoire : Micropolluants Technologie S.A., Thionville, France.

### **Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau**

#### **Conditionnement et analyse**

Pour chacune campagnes semestrielle (mars et août 2010) et trimestrielles (mai et novembre 2010), les échantillons ont été prélevés en double.

Les échantillons du premier lot ont été directement filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement. Les métaux ont ensuite été élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M) et analysés par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista). Les dosages ont été réalisés aux longueurs d'ondes suivantes : Cd 226,502 ; Co 230,786 ; Cu 324,754 ; Fe 238,204 ; Mn 257,610 ; Ni 231,604 ; Pb 217,000 ; Zn 206,200.

Les échantillons du deuxième lot ont été filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore, qualité HA, pré-lavés) et ont été analysés par voltamétrie pour le dosage du couple Cr/CrVI. La voltamétrie est une technique électrochimique qui permet de mesurer le comportement du potentiel à l'électrode de surface. Le potentiel varie de manière systématique causant la réduction ou l'oxydation des espèces chimiques électro-actives à l'électrode. Les pics obtenus sont proportionnels à la concentration des espèces métalliques labiles.

### **Validation des analyses**

Deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrées par la société *Environment Canada* ont été intercalés dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations. Les limites de quantification de cinq métaux analysés sont regroupées dans le Tableau 1.

**Tableau 1 : Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26,3 et TMDA-61.**

Elément	TM-26.3 (µg/L)		TMDA-61 (µg/L)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	9,1 ± 0,6	8,1 ± 1	66,4 ± 0,8	62,9 ± 5,8
Cu	13,8 ± 0,3	13,4 ± 1,9	72,8 ± 0,5	69,2 ± 7,4
Fe	19,9 ± 2,2	21 ± 3,6	80,5 ± 1,4	81,1 ± 10,1
Mn	17,8 ± 0,1	17 ± 1,4	78,3 ± 0,3	74,8 ± 7,3
Ni	10,2 ± 0,6	10,2 ± 1,3	63,8 ± 1,0	58,7 ± 6,4
Zn	38,3 ± 1,1	39*	70,3 ± 1,0	71,3 ± 8,7

\*Donnée estimée pour information par *Environnement Canada*.

**Tableau 2 : Limite de quantification des métaux Co, Cu, Fe, Mn et Ni.**

Elément	LQ (µg/L)
Co	0,012
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié : CASS-4 Nearshore Seawater (Tableau 3).

**Tableau 3 : Résultats d'analyses des échantillons de référence NASS-5 et CASS-4.**

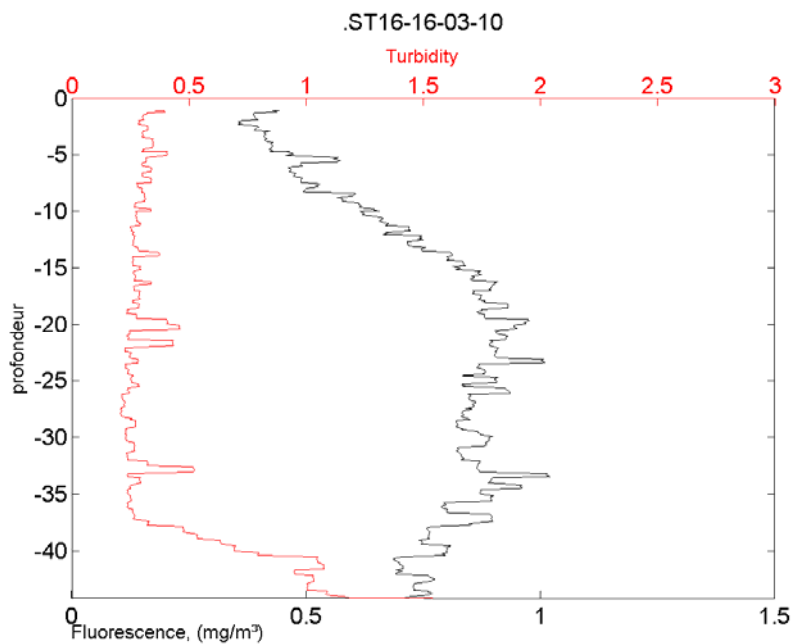
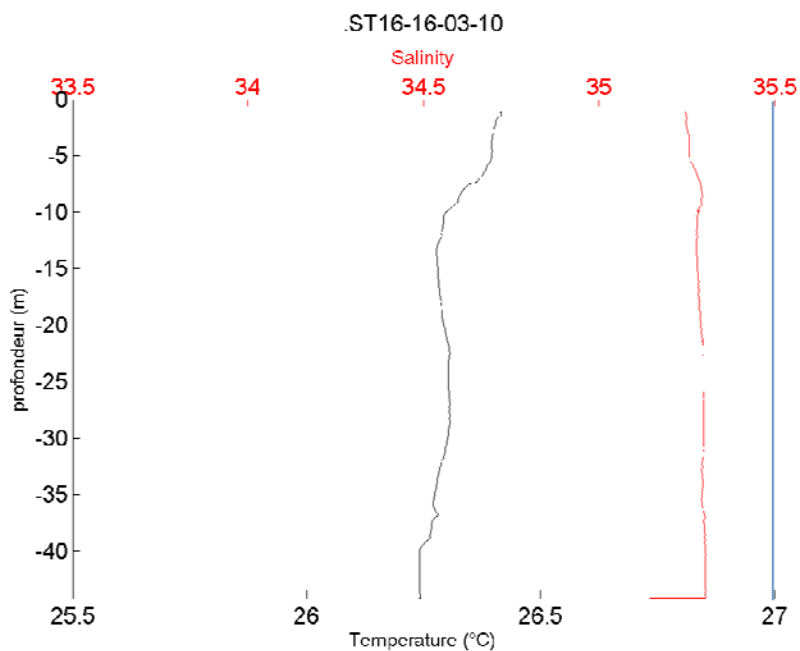
Elément	NASS-5 (µg/L)		CASS-4 (µg/L)	
	Valeur déterminée (n=1)	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	ND	ND	0,023 ± 0,007	0,026 ± 0,003
Cu	0,324	0,297 ± 0,046	0,558 ± 0,034	0,592 ± 0,055
Fe	0,281	0,207 ± 0,035	0,635 (n=1)	0,713 ± 0,058
Mn	1,010	0,919 ± 0,057	2,75 ± 0,06	2,78 ± 0,19
Ni	0,273	0,253 ± 0,028	0,295 ± 0,025	0,314 ± 0,030

## ANNEXE 2

### Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD de salinité, température, turbidité et fluorescence de la station St16 (Port industriel).

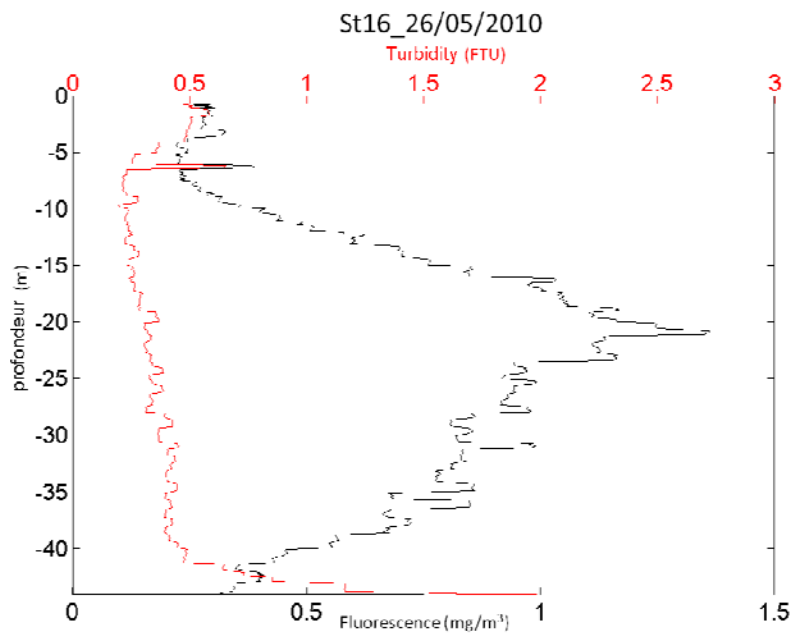
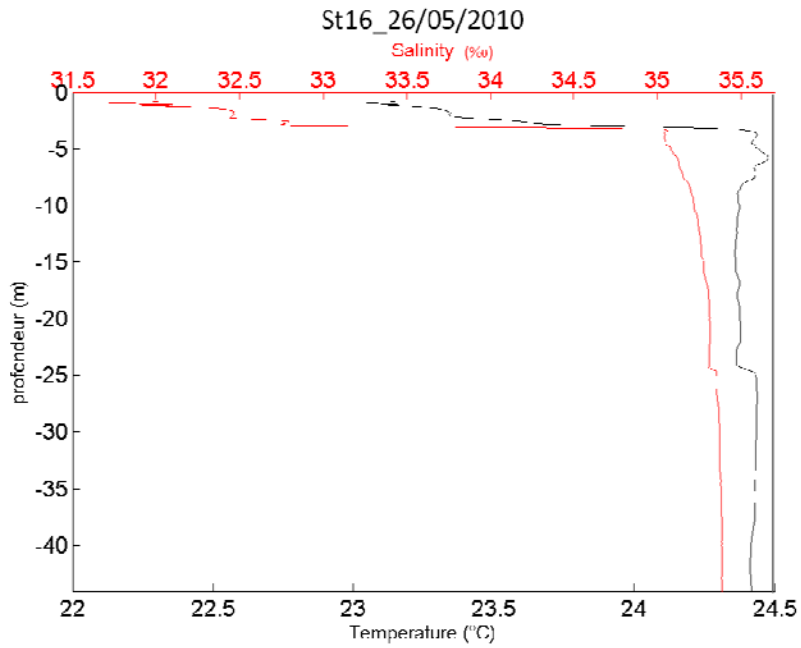
#### Campagne 1 – Mars 2010

Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétrique SBE 19 lors de la campagne semestrielle du 16 mars 2010.



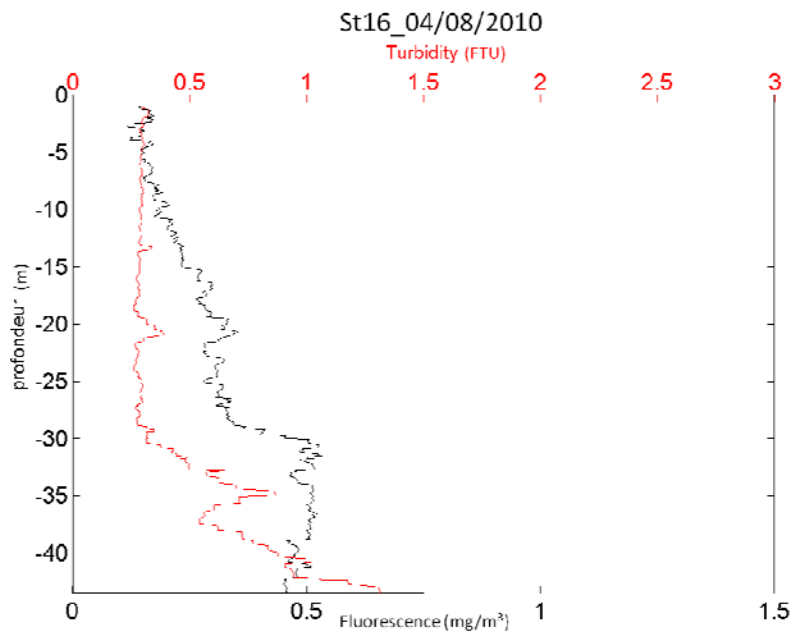
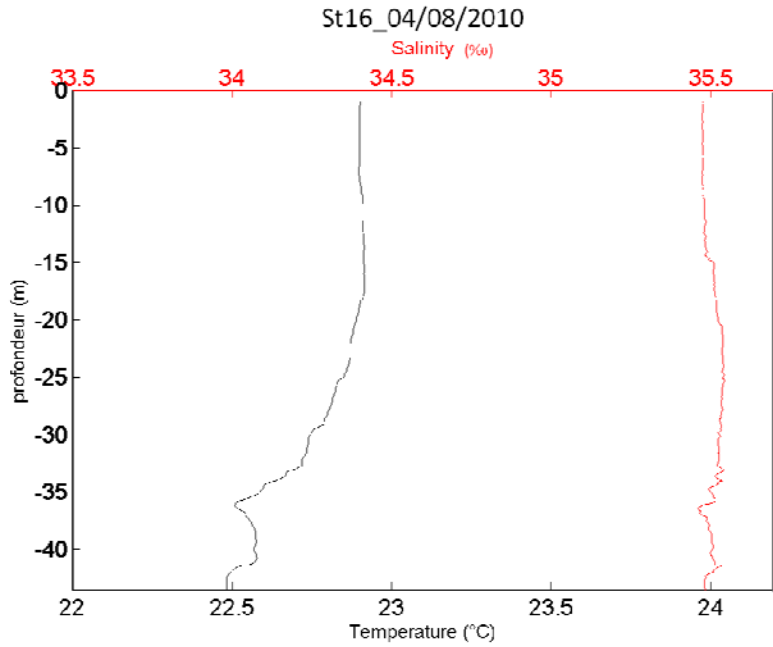
### Campagne 2 – Mai 2010

Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétrique SBE 19 lors de la campagne trimestrielle du 26 mai 2010.



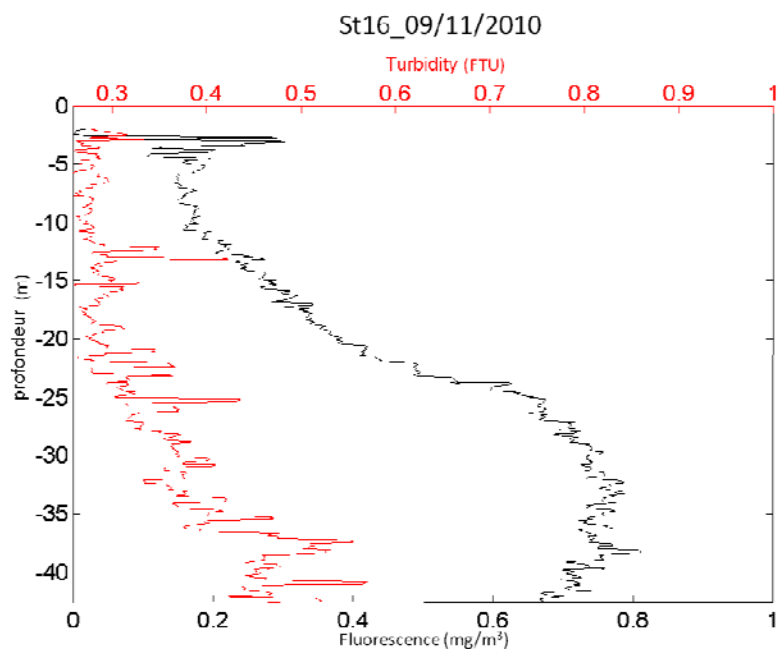
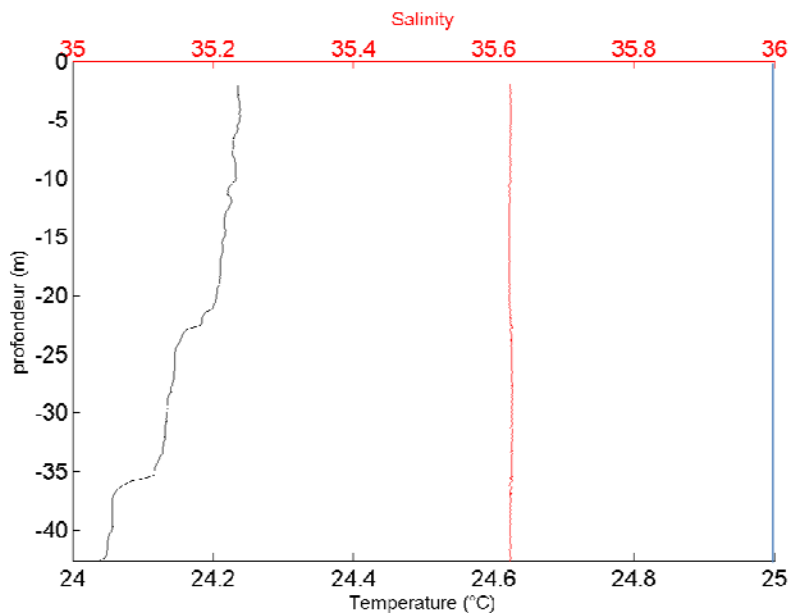
### Campagne 3 – Août 2010

Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétrique SBE 19 lors de la campagne semestrielle du 4 août 2010.



### Campagne 4 – Novembre 2010

Profils CTD obtenus avec la sonde multiparamétrique SBE 19 lors de la campagne trimestrielle du 9 Novembre 2010.



## ANNEXE 3

### Valeurs du pH et des concentrations des éléments majeurs, des MES et des carbonates

Valeurs du pH et des concentrations des éléments majeurs ( $Mg^{2+}$  et  $SO_4^{2-}$ ), des matières en suspension (MES) et des carbonates de la station St16 (Port industriel) de la Baie du Prony lors des quatre campagnes de prélèvement trimestrielles de mars, mai, août et novembre 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (#) = Triplicats ; (-) = Echantillon non traité.

#### Campagne 1 – Mars 2010

Station	Profondeur	pH	$Mg^{2+}$ (mg/L)	$SO_4^{2-}$ (mg/L)	MES (mg/L)	Alcalinité totale (eq/L)
ST16	S	8,20	1351	2133	0,20	2,85
ST16	M	8,18	1342	2459	0,38	2,75
ST16	F	8,20	1346	2291	0,28	2,80

#### Campagne 2 – Mai 2010

Station	Profondeur	pH	$Mg^{2+}$ (mg/L)	$SO_4^{2-}$ (mg/L)	MES (mg/L)	Alcalinité totale (eq/L)
ST16	S	-	1280	2315	0,01	2,12 ± 0,05 #
ST16	M	-	1470	2115	0,35	2,25
ST16	F	-	1435	2467	0,69	2,35

#### Campagne 3 – Août 2010

Station	Profondeur	pH	$Mg^{2+}$ (mg/L)	$SO_4^{2-}$ (mg/L)	MES (mg/L)	Alcalinité totale (eq/L)
ST16	S	8,22	1205	2800	1,48	2,30
ST16	M	8,23	1195	2541	1,02	2,27
ST16	F	8,22	1189	2736	1,17	2,31

#### Campagne 4 – Novembre 2010

Station	Profondeur	pH	$Mg^{2+}$ (mg/L)	$SO_4^{2-}$ (mg/L)	MES (mg/L)	Alcalinité totale (eq/L)
ST16	S	8,05	1377	2238 ± 145 #	0,44	2,35 ± 0,03 #
ST16	M	8,14	1409	2235	0,96	2,35
ST16	F	8,15	1372	2363	0,54	2,41

## ANNEXE 4

### Concentrations en hydrocarbures totaux

Concentration en hydrocarbures totaux des eaux de la station St16 (Port industriel) de la Baie du Prony lors des campagnes trimestrielles de mars, mai, août et novembre 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; n = 1.

#### Campagne 1 – Mars 2010

Station	Profondeur	Hydrocarbures mg/L
ST16	S	< 0,1
ST16	M	< 0,1
ST16	F	< 0,1

#### Campagne 2 – Mai 2010

Station	Profondeur	Hydrocarbures mg/L
ST16	S	< 0,1
ST16	M	< 0,1
ST16	F	< 0,1

#### Campagne 3 – Août 2010

Station	Profondeur	Hydrocarbures mg/L
ST16	S	< 0,1
ST16	M	< 0,1
ST16	F	< 0,1

#### Campagne 4 – Novembre 2010

Station	Profondeur	Hydrocarbures mg/L
ST16	S	< 0,1
ST16	M	< 0,1
ST16	F	< 0,1



## ANNEXE 5

### Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

Concentrations des métaux dissous analysés de la station St16 lors des campagnes trimestrielles de mars, mai, août et novembre 2010 ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (< LD) = Valeur inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES ; (\*) Valeurs inférieures à la limite de quantification ; (#) = Triplicats ; (-) = Echantillon non traité.

#### Campagne 1 – Mars 2010

Station	Profondeur	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Zn (µg/L)
ST16	S	0,07	0,04	0,26	0,31	0,24	-	1,26
ST16	M	0,06	0,01	0,22	0,26	0,19	0,22	0,80
ST16	F	0,06	0,02	0,24	0,27	0,22	0,24	1,08

#### Campagne 2 – Mai 2010

Station	Profondeur	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Zn (µg/L)
ST16	S	0,099	0,05	0,52	1,00	1,43	1,52	0,42
ST16	M	0,064	0,02	0,29	0,32	0,22	0,25 ± 0,01 #	0,29
ST16	F	0,061	0,12	0,35	0,33	0,17	0,19 ± 0,00 #	0,75

#### Campagne 3 – Aout 2010

Station	Profondeur	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Zn (µg/L)
ST16	S	0,030	0,06	0,16	0,21	0,18	0,20	0,53
ST16	M	0,023	0,04	0,15	0,22	0,17	0,19	0,12
ST16	F	0,025	0,03	0,13	0,22	0,18	0,20	0,66

#### Campagne 4 – Novembre 2010

Station	Prof	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Zn (µg/L)
ST16	S	0,026 ± 0,002 <sup>#</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>#</sup>	0,15 ± 0,02 <sup>#</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>#</sup>	0,17	0,19 ± 0,02 <sup>#</sup>	0,12 ± 0,08 <sup>#</sup>
ST16	S					0,18		
ST16	M	0,031	0,01	0,21	0,2	0,15	0,18	0,23
ST16	M	0,024	0,01	0,14	0,17	0,19 ± 0,02 <sup>#</sup>	-	0,25
ST16	F	0,029	0,01	0,20	0,2	0,18	0,18	0,37
ST16	F	0,026	0,02	0,15	0,17	0,18	-	0,32

**ANNEXE VII**

**RAPPORT FINAL**

**PROGRAMME DE RECONSTITUTION DU BIOTOPE CORALLIEN**

**EN BAIE DE PRONY**



DEPARTEMENT  
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.05040.0001



## RAPPORT FINAL

PROGRAMME DE

RECONSTITUTION DU BIOTOPE

CORALLIEN EN BAIE DE PRONY

Indice	Date	Chargé de projet	Ingénieur d'étude
1	02/02/2011	Antoine GILBERT	Tom HEINTZ

Le système qualité de GINGER SOPRONER est certifié ISO 9001-2008 par



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
1.1	CONTEXTE DU PROJET .....	4
1.2	SYNTHESE DE L'OPERATION DE TRANSPLANTATION MENEES FIN 2005 .....	5
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS DES SUIVIS TEMPORELS .....</b>	<b>7</b>
2.1	SUIVI UN MOIS APRES LA TRANSPLANTATION .....	7
2.2	SUIVIS SIMPLES .....	7
2.3	SUIVIS COMPLETS.....	7
<b>3</b>	<b>METHODOLOGIE .....</b>	<b>7</b>
3.1	ENTRETIEN DES SITES DE TRANSPLANTATION .....	7
3.2	MESURE DES TAUX DE SURVIE, MORTALITE ET MORTALITE PARTIELLE DES TRANSPLANTS ...	8
3.3	MESURE DE L'EVOLUTION DE LA COUVERTURE CORALLIENNE VIVANTE.....	9
3.4	MESURE DE LA COLONISATION DES SITES TRANSPLANTES.....	9
3.4.1	<i>Recrutement corallien naturel</i> .....	9
3.4.2	<i>Invertébrés benthiques mobiles</i> .....	10
3.4.3	<i>Populations de poissons</i> .....	10
3.4.4	<i>Analyse des données</i> .....	13
<b>4</b>	<b>RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>14</b>
4.1	SURVIE DES TRANSPLANTS .....	14
4.2	EVOLUTION DU RECOUVREMENT CORALLIEN VIVANT .....	20
4.2.1	<i>Attachement des transplants au substrat naturel</i> .....	20
4.2.2	<i>Couverture corallienne vivante</i> .....	22
4.2.3	<i>Recrutement corallien naturel sur les sites transplantés</i> .....	27
4.3	COLONISATION DES SITES PAR LES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES .....	29
4.3.1	<i>Richesse taxonomique</i> .....	29
4.3.2	<i>Densité totale moyenne</i> .....	32
4.3.3	<i>La composition du peuplement</i> .....	35
4.4	COLONISATION DES SITES PAR LES POISSONS .....	37
<b>5</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS.....</b>	<b>43</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>46</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>48</b>

**LISTE DES FIGURES**

<i>Figure 1 : Localisation des sites de collecte et de transplantation des coraux du port de Vale NC</i>	4
<i>Figure 2 : Illustrations de l'état de santé des colonies transplantées</i>	8
<i>Figure 3 : Exemples d'espèces de poissons recensées dans l'évaluation de la colonisation des sites restaurés en poissons</i>	10
<i>Figure 4 : Méthode du Point Fixe utilisée pour recenser la colonisation des sites en poissons (Source : CPS)</i>	11
<i>Figure 5 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 1</i>	12
<i>Figure 6 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 2</i>	12
<i>Figure 7 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 3</i>	13
<i>Figure 8 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis – Site 1 (Montravel abrité)</i>	15
<i>Figure 9 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - Site 2 (Montravel exposé)</i>	15
<i>Figure 10 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - site 3 (Casy)</i>	15
<i>Figure 11 : Taux de survie global sur l'ensemble des 3 sites au cours des 30 premiers mois de suivi</i>	17
<i>Figure 12 : Illustrations des causes principales de mortalité et de nécrose sur les 3 sites de transplantation</i>	19
<i>Figure 13 : Etapes dans l'attachement basal des transplants coralliens</i>	21
<i>Figure 14 : Localisation des stations de suivi RORC sur la baie de Prony et des sites de transplantation</i>	23
<i>Figure 15 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	24
<i>Figure 16 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	24
<i>Figure 17 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 3 (Casy)</i>	24
<i>Figure 18 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	26
<i>Figure 19 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	26
<i>Figure 20 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 3 (Casy)</i>	26
<i>Figure 21 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	31
<i>Figure 22 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	31
<i>Figure 23 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)</i>	31
<i>Figure 24 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	34
<i>Figure 25 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	34
<i>Figure 26 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)</i>	34
<i>Figure 27 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 1 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 28 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 2 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 29 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 3 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 30 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau des sites 1 et 2</i>	40
<i>Figure 31 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau du site 3</i>	40
<i>Figure 32 : Poissons papillons les plus communément rencontrés au niveau des sites de comptage</i>	42
<i>Figure 33 : Poisson lime arlequin (Oxymonacanthus longirostris)</i>	42

**LISTE DES TABLEAUX**

<i>Tableau 1 : Positionnement géographique et profondeurs des sites de transplantation (RGNC 1991)</i>	5
<i>Tableau 2 : Nombre de réplicats par site de restauration pour le comptage des poissons</i>	11
<i>Tableau 3 : Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois</i>	14
<i>Tableau 4 : Taux de survie des transplants coralliens sur des projets de transplantation corallienne</i>	16
<i>Tableau 5. Taux de recouvrement en corail vivant sur les 3 sites de transplantation</i>	23
<i>Tableau 6 : Evolution des taux de recouvrement en corail naturel et transplanté</i>	25
<i>Tableau 7 : Nombre de recrues coralliennes sur les sites de transplantation (nombre moyen d'individus / 100 m<sup>2</sup>)</i>	27
<i>Tableau 8 : Richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen de taxons par transect ± écart type)</i>	30
<i>Tableau 9 : Densité totale en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen d'individus/m<sup>2</sup> ± écart type)</i>	32
<i>Tableau 10 : Liste des espèces recensées sur les sites de restauration</i>	35
<i>Tableau 11 : Abondance totale des poissons ciblés recensés sur les secteurs transplantés et témoins, à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois après transplantation</i>	37
<i>Tableau 12 : Liste des 10 espèces de poissons les plus abondantes, recensées sur les secteurs de transplantation et témoins ; les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante</i>	39
<i>Tableau 13 : Espèces de poissons papillons corallivores recensées sur les secteurs transplantés (TR) et témoins (TE) au cours des différents suivis. Les zones grisées correspondent aux données qui semblent valider la présence en abondance supérieure des poissons corallivores sur les zones transplantées par rapport aux zones témoins.</i>	41

**Remerciements :**

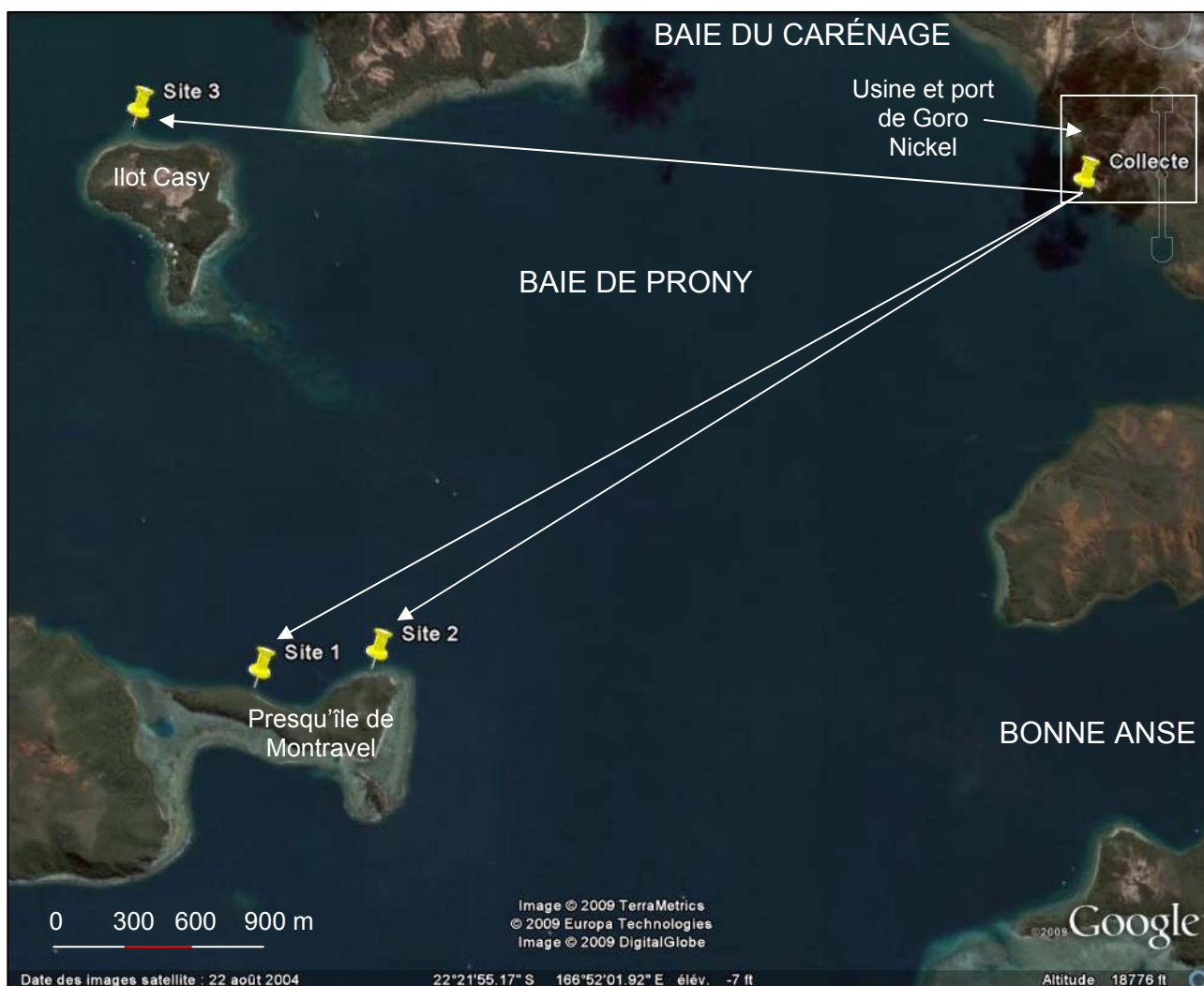
A l'occasion de ce dernier rapport de suivi, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé ponctuellement aux suivis des coraux transplantés du port de VALE NC pendant ces 5 années : Sabrina Virly, Benjamin Slim, Matthieu Juncker, Claire Garrigue, et Philippe Frolla.

Tous nos remerciements également à David Groperrin et Philippe Margarit.

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Contexte du projet

Suite à la construction d'un port sur la côte Est de la baie de Prony, l'entreprise Goro Nickel (Groupe Vale INCO) s'est vue imposée de réaliser un programme de reconstitution du biotope corallien sur une superficie 2000 m<sup>2</sup> (Jonc n°7715, arrêté n°763-2003/PS, pages 3828-3837). Cette opération a été réalisée du 05 décembre 2005 au 23 janvier 2006 par le bureau d'études SOPRONER. Le projet a consisté à collecter des coraux dans la zone d'emprise du futur port, puis à les déplacer sur 3 sites de transplantation. Ces sites, choisis en accord avec la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, sont situés sur la côte protégée de la presqu'île de Montravel (2 sites dénommés ci-après *Montravel abrité* – Site 1 - et *Montravel exposé* – Site 2) et sur la côte protégée de l'îlot Casy (dénommé *Casy* – Site 3). La localisation des sites de collecte et de transplantation est présentée sur la Figure 1.



**Figure 1 : Localisation des sites de collecte et de transplantation des coraux du port de Vale NC**

Le positionnement géographique des stations de suivi, ainsi que leurs profondeurs, sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1). Les points GPS donnés sont situés au centre de chaque site de transplantation.

**Tableau 1 : Positionnement géographique et profondeurs des sites de transplantation (RGNC 1991)**

Site	Latitude	Longitude	Profondeur
Site 1	S 22°22'32,02060''	E 166°51'05,44275''	-1 à -5 m
Site 2	S 22°22'28,72002''	E 166°51'27,88323''	-1 à -5 m
Site 3	S 22°20'52,53903''	E 166°50'42,03956''	-3 à -5 m

Un suivi temporel de cette opération a été programmé sur une durée de 5 ans. La fréquence des suivis proposée par SOPRONER est la suivante :

- un suivi un mois après la transplantation
- un suivi tous les 6 mois pendant 5 ans

Ce rapport décrit la méthodologie générale qui est mise en œuvre pour chacun des suivis et présente les résultats du suivi sur les 5 années. Il constitue le rapport final de l'opération.

Ce projet constitue une première en Nouvelle Calédonie et doit être considéré comme une étude pilote expérimentale.

La mission de terrain à T+54 mois après transplantation s'est déroulée le 04 août 2010. L'équipe de terrain était composée des personnes suivantes :

- Antoine GILBERT, ingénieur environnement marin Soproner : collecte des données sur les poissons, expertise et appui pour la rédaction du rapport de suivi.
- Sandrine JOB, consultante, ingénieur environnement marin : collecte des données sur le benthos (coraux et autres invertébrés) et auteur principal du rapport de suivi.

## **1.2 Synthèse de l'opération de transplantation menée fin 2005**

Quelques informations générales sur l'opération de transplantation sont rappelées ci-dessous, elles ont tirées du rapport de mission rédigé par Soproner en Février 2006.

Le site de collecte des coraux était situé au niveau du récif frangeant qui reçoit aujourd'hui la zone portuaire, en particulier les quais de chargement. Les collectes ont été réalisées sur 3 unités géomorphologiques constituant le récif frangeant :

- Un platier sous marin très peu profond directement accolé à la côte. Les fonds étaient constitués de dalle recouverte par endroits de débris coralliens. Les colonies coralliennes étaient dispersées sur le fond, généralement accrochées au substrat au niveau d'anfractuosités de la dalle. Il s'agissait de spécimens de taille moyenne (10 à 50cm de diamètre), généralement en bon état de santé. Les espèces les plus communément rencontrées appartenaient aux familles des Acroporidae, Poritidae et Faviidae. Le taux de recouvrement moyen des scléactiniaires était de l'ordre de 10%.
- Un tombant bio-construit abrupt faisant suite au platier, qui présentait un peuplement corallien riche et diversifié. On y trouvait des espèces des genres Acropora, Pocillopora, Lobophyllia, Montipora, Porites, Galaxea, Seriatopora, Favia, Favites, et d'autres plus rares. Les colonies étaient généralement en très bon état de santé. Le



taux de recouvrement moyen des scléactiniaires s'élevait à 20%. Il s'agit de la zone principale de collecte.

- Une pente douce sablo-vaseuse à vaseuse, localement recouverte de débris coralliens. Des pâtés coralliens étaient dispersés sur les fonds, composés des mêmes espèces trouvées au niveau du tombant. Le taux de recouvrement moyen des scléactiniaires y était plus faible car le peuplement plus dispersé, de l'ordre de 10%.

#### Concernant le choix des sites de transplantation :

Le site 1 (Montravel abrité) a été choisi comme site principal de transplantation car présentant un degré de confinement qui l'apparentait au site de collecte. D'un point de vue sédimentologique et géomorphologique, ce récif semblait similaire à celui qui borde la zone de construction du port. Des 3 zones de transplantation choisies, il s'agissait du site qui semblait le plus apte à recevoir les transplants de la zone du port, et une survie corallienne maximale y était attendue. Pour ces raisons l'effort de restauration a porté sur une surface de 1000m<sup>2</sup>, soit la moitié de la surface totale à réhabiliter.

Le site 2 (Montravel exposé) était plus ouvert sur le lagon. Le renouvellement des eaux y était plus important et des courants plus forts étaient pressentis sur cette zone. Le principal risque attendu sur ce site était lié au transit sédimentaire lors des grandes marées. Compte tenu de ces risques, une surface plus modeste de restauration y avait été installée, de 600 m<sup>2</sup>.

Montravel abrité et Montravel exposé présentaient l'inconvénient d'être situés sur une zone non protégée de l'impact humain éventuel, en particulier de l'ancrage des pêcheurs et des plaisanciers.

Le site 3 (Casy) présentait l'avantage d'être situé au sein de la réserve marine de la baie de Prony, ce qui limitait les impacts liés à l'activité humaine sur la zone restaurée. Sur ce site a cependant été attribuée la surface de restauration la plus restreinte (400 m<sup>2</sup>) pour plusieurs raisons : il s'agissait de l'unique zone corallienne peu profonde (<5m) autour de l'îlot Casy nécessitant une restauration corallienne ; une mortalité corallienne y avait été observée mais la cause de la mortalité n'avait jamais été clairement établie, il semblerait qu'elle soit liée à une invasion d'étoiles de mer épineuses *Acanthaster planci* qui eu lieu il y a quelques années (été 2003-2004, d'après témoignage) et à l'ancrage des bateaux en dehors des bouées de mouillages installées par la Province Sud. Aucune étoile de mer épineuse n'avait été recensée lors des reconnaissances initiales de recherche de sites de transplantation, cependant le milieu reste éventuellement porteur de telle prolifération (en effet un individu a été trouvé sur le site quelques jours après la transplantation des coraux). Enfin, ce site présentait des eaux beaucoup plus claires que sur le site de collecte, impliquant un risque de blanchissement des transplants.

Un total de 1762 colonies coralliennes ont été prélevées et transplantées, dont près des deux tiers présentaient une forme de croissance branchue, 15% de formes massives et sub-massives, 14% étaient de formes encroûtantes, 6% de formes « en buissons » et 1% de formes libres et foliacées. Les transplants ont été répartis comme suit sur les 3 sites choisis :

- 832 transplants sur le site 1 (47% de l'ensemble des transplants) : accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%).
- 615 transplants sur le site 2 (35% de l'ensemble des transplants): accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%).
- 315 transplants sur le site 3 (18% de l'ensemble des transplants): accroissement de 6% de la couverture corallienne vivante (de 11 à 17%).

## 2 OBJECTIFS DES SUIVIS TEMPORELS

### 2.1 Suivi un mois après la transplantation

Un premier suivi post-opérationnel a été réalisé un mois après la fin du chantier de transplantation. Ce premier suivi est généralement mené pour déceler le stress éventuel subit par les transplants coralliens lors des manipulations de transplantation (collecte, transport, collage) et permet également d'évaluer l'acclimatation des transplants coralliens dans leur nouvel environnement. En effet, l'apparition de nécroses et mortalités sur les transplants dans les premières semaines suivant leur transplantation peut traduire un stress élevé généré lors des manipulations des coraux (branches cassées, tissu endommagé, exposition à l'air et au soleil lors du transport, contact avec le ciment de fixation, etc.), ou une non-adaptation des coraux sur leur lieu de transplantation. Cela se mesure par l'observation des taux de mortalité et mortalité partielle des transplants coralliens. Compte tenu des nombreuses sources de perturbation (d'origine humaine ou naturelle) pouvant affecter les coraux, il est entendu que l'analyse de ces premières nécroses et mortalités doit être réalisée précautionneusement afin d'en déceler la cause la plus exacte.

Un entretien du site a également été mené afin de faciliter les prochains suivis et de maximiser le succès de l'opération.

La colonisation des sites de transplantation en poissons et macro-invertébrés benthiques a été évaluée. Ces mesures servent de points zéro de l'opération. Le taux de recrutement corallien a été également évalué, comme une indication de la régénération naturelle des sites, possiblement liée à l'effort de transplantation.

### 2.2 Suivis simples

Les suivis simples sont réalisés une fois par an, pendant la saison froide, soit en juillet-août. Ce suivi consiste à évaluer les taux de survie, de mortalité et de mortalité partielle ainsi que l'évolution de la couverture corallienne vivante. De plus, les sites de restauration sont entretenus si besoin (enlèvement des *Acanthaster*, remise en place des barres métalliques, cordes, re-fixation des transplants tombés, etc.).

### 2.3 Suivis complets

Les suivis complets sont réalisés une fois par an, pendant la saison chaude, soit en janvier-février. Il s'agit de mener les mêmes évaluations que lors du suivi simple (taux de survie, mortalité partielle, et évolution de la couverture corallienne) et d'évaluer la colonisation des sites de transplantation en poissons et macro-invertébrés benthiques. Le taux de recrutement corallien naturel est également évalué, comme indication de la régénération naturelle des sites.



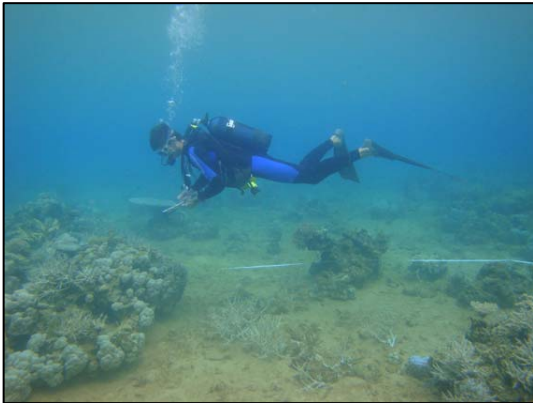
## 3 METHODOLOGIE

### 3.1 Entretien des sites de transplantation

L'entretien des sites consiste à nettoyer les sites des macro-débris, filets ou autres encombrants qui pourraient gêner la survie ou la croissance des coraux ; à enlever les étoiles de

mer épineuses *Acanthaster planci* ; à remplacer ou replacer les barres métalliques matérialisant les transects permanents ; à remplacer la corde matérialisant le périmètre des sites ; et à recoller ou replacer les transplants tombés au fond (s'ils sont encore vivants).

### 3.2 Mesure des taux de survie, mortalité et mortalité partielle des transplants



Les taux de survie, de mortalité et de mortalité partielle des transplants sont estimés par comptage visuel. L'observateur se déplace sur les sites de transplantation et pour chaque transplant rencontré, il note son état de santé, défini selon 3 catégories : vivant (aucune nécrose apparente), mortalité partielle (une partie de la colonie est morte, nécrosée ou cassée) ou mort (la colonie est entièrement morte) ; et la cause de la mortalité si elle est décelable.



Vivant



Mortalité partielle



Mort

**Figure 2 : Illustrations de l'état de santé des colonies transplantées**

### 3.3 Mesure de l'évolution de la couverture corallienne vivante



Le taux de recouvrement corallien est mesuré selon la méthode du *Line Intercept Transect* (English *et al.*, 1997) qui consiste à déployer un décimètre sur les fonds, en suivant le relief du récif. Chaque substrat rencontré le long du décimètre est reporté, au centimètre près. Dans le cadre de cette mission, et compte tenu des contraintes de temps et de surface à expertiser, seule la couverture corallienne a été recensée (et non la totalité des substrats rencontrés).

Cette méthode présente l'avantage d'être rapide et simple à réaliser et ne nécessite que peu d'équipement (un décimètre et une plaquette d'écriture sous-marine). Elle s'avère être fiable et efficace pour obtenir des données quantitatives sur le pourcentage de recouvrement en différents organismes/substrats. Bien que cette méthode puisse fournir des informations détaillées sur l'étendue spatiale des communautés et substrats, elle ne fournit pas d'information précise sur la dynamique des populations.

Elle n'est donc à priori pas appropriée pour aborder des questions démographiques, comme la croissance, le recrutement ou la mortalité (qui présentent une variabilité temporelle importante), en particulier sur des colonies de petite taille (Permetta, 1993).

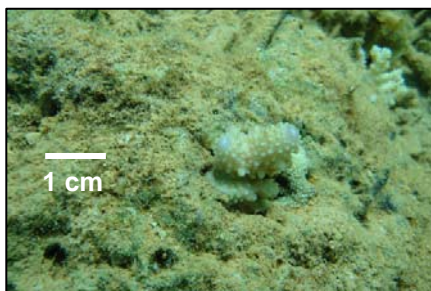
Il avait été envisagé de mesurer la croissance individuelle de certains transplants, marqués par des étiquettes plastiques clouées au substrat, pour affiner les mesures de recouvrement corallien. Cette méthode a été abandonnée compte tenu du fait qu'il a été impossible de retrouver certaines colonies marquées entre 2 périodes de suivi (certaines étiquettes sont tombées ou se sont cassées, ne permettant plus de lire le numéro attribué à chaque colonie) et que cette opération s'est avérée trop longue à réaliser dans le temps imparti pour chaque mission de suivi.

Enfin, il semblerait que la technique du *Line Intercept Transect*, suggérée dans les précédents rapports comme non représentative de la croissance observée, montre à présent des résultats probants, probablement lié au fait que la couverture corallienne vivante ait très fortement augmentée au cours des derniers recensements.

### 3.4 Mesure de la colonisation des sites transplantés

Des tableaux de synthèse des données (sur les macro-invertébrés et poissons cibles) sont fournis en annexe du rapport.

#### 3.4.1 **Recrutement corallien naturel**



Le taux de recrutement corallien naturel est estimé par comptage des recrues coralliennes (corail dont le diamètre est inférieur à 3 cm) sur le substrat rocheux, le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 2m, 1m de chaque côté du décimètre), sur les sites de restauration uniquement.

### 3.4.2 Invertébrés benthiques mobiles



Les macro-invertébrés benthiques sont recensés le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 2m ; 1m de chaque côté du décimètre), sur les sites de restauration uniquement.

### 3.4.3 Populations de poissons



La première année post-transplantation, les populations de poissons ont été recensées le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 5m ; 2,5m de chaque côté du décimètre), selon la méthode *Visual Fish Census*<sup>1</sup>. Une technique différente a ensuite été adoptée, basée sur la revue d'articles scientifiques existants et conseils d'experts en restauration récifale, pour répondre à des contraintes de temps et par souci d'efficacité lors des expertises sous-marines. Ceci implique que les données récoltées lors des suivis à T+1 et T+13 mois ne soient pas exploitables. Ce changement de

méthode présente toutefois l'avantage d'utiliser à présent une méthode dont les résultats seront plus représentatifs de l'effort de transplantation réalisé.

L'opération de restauration ayant consisté à réintroduire des colonies coralliennes vivantes majoritairement branchues, le présent protocole se base sur les liens existants entre la présence de ces formes coralliennes vivantes et certains poissons. Il repose sur une double hypothèse :

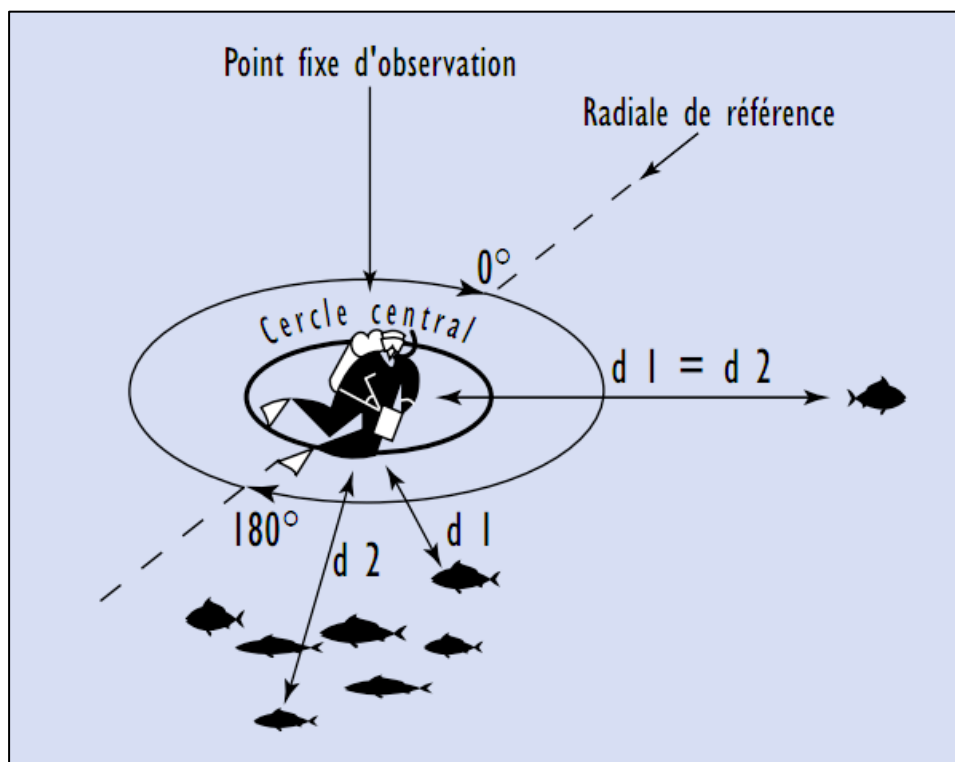
- 1) la présence de coraux vivants en quantité suffisante offre une ressource alimentaire pour des poissons corallivores (en particulier les corallivores stricts) qui se nourrissent de polypes vivants ;
- 2) la présence de coraux vivants branchus en quantité suffisante offre un habitat adéquat à certaines espèces de poissons sédentaires qui y sont inféodés.

Etant donné la contrainte de temps pour réaliser ces suivis, un choix délibéré est fait de concentrer les efforts d'échantillonnage sur peu d'espèces entretenant des liens étroits avec le résultat de l'opération de restauration, par rapport à l'option d'évaluer les caractéristiques de la population ichtyologique à des niveaux supérieurs, impliquant un plus grand nombre d'espèces de poissons. Les espèces des familles Chaetodontidae (poissons papillons) et Pomacentridae (poissons demoiselles) ont été sélectionnées pour les comptages, ainsi que le poisson lime corallivore strict *Oxymonacanthus longirostris*



**Figure 3 : Exemples d'espèces de poissons recensées dans l'évaluation de la colonisation des sites restaurés en poissons**

La méthode de comptage choisie est celle du « Point Fixe ». Elle consiste à compter les poissons sans se déplacer (en pivotant à 360° autour de son axe) dans un rayon fixe (de 3m, l'identification de petites espèces, tel que c'est le cas ici, étant difficile au delà de 3m) et pendant un temps limité (10mn) (Figure 4). A partir de son immersion, l'observateur reste tout d'abord 2mn immobile sans compter puis effectue les comptages pendant 8mn. Cette période d'immobilité permet aux poissons de s'« habituer » à la présence du plongeur et de limiter ainsi le biais lié à la présence humaine sur site. Il a été convenu de réaliser 2 réplicats (répétition du même comptage) par zone de restauration de 500m<sup>2</sup> et par zone témoin (Tableau 2).



**Figure 4 : Méthode du Point Fixe utilisée pour recenser la colonisation des sites en poissons (Source : CPS)**

**Tableau 2 : Nombre de réplicats par site de restauration pour le comptage des poissons**

Site	Surface	Nombre de réplicats
Montravel abrité	1000 m <sup>2</sup>	4 comptages sur site de restauration 4 comptages sur site témoin
Montravel exposé	500 m <sup>2</sup>	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin
Casy	500 m <sup>2</sup>	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin

Les zones témoins sont adjacentes aux sites de restauration. Elle présente donc a priori les mêmes conditions environnementales (profondeur, hydrodynamique, et complexité récifale avant transplantation). Les réplicats (qu'ils soient dans les zones restaurées ou témoins) sont choisis de

manière aléatoire : l'observateur nage les yeux fermés et laisse tomber sur le fond un plomb relié à une bouée (ou bouteille plastique) qui définit le site de comptage. Les figures suivantes illustrent le positionnement de stations de comptage fictives au niveau des sites de restauration et des sites témoins (sachant que la localisation des stations de comptage est différente à chaque suivi, étant définie de manière aléatoire).

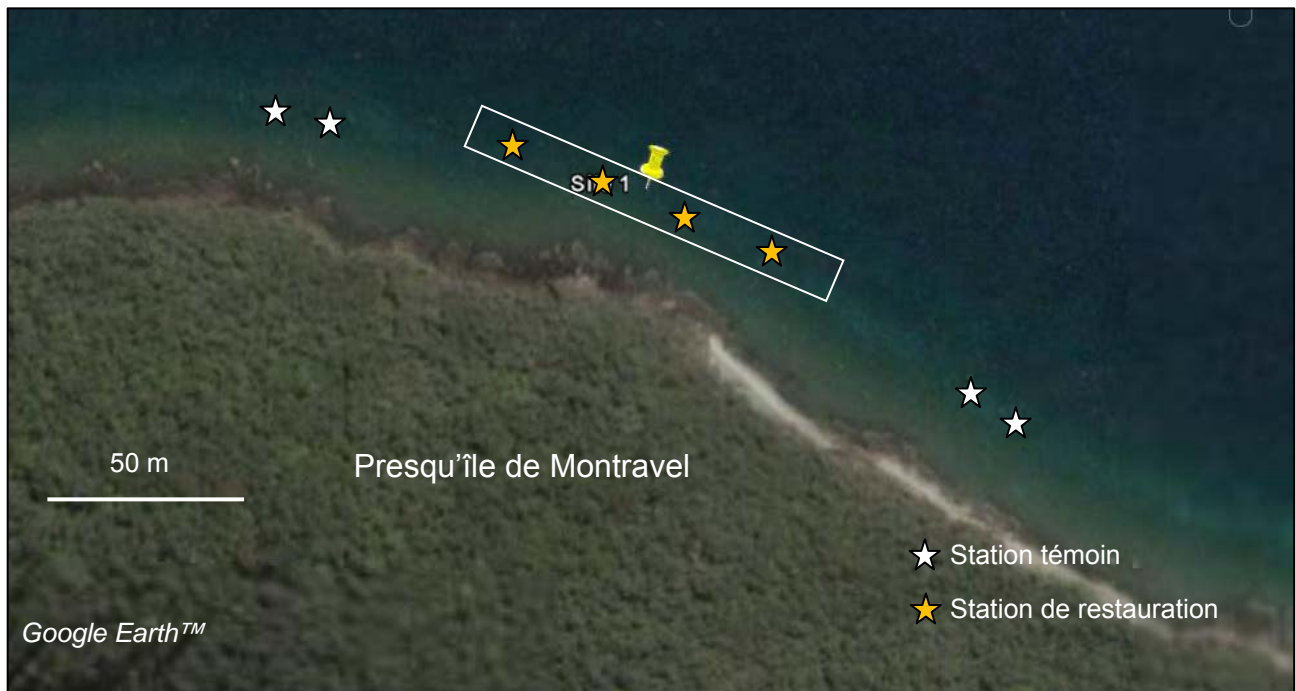


Figure 5 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 1



Figure 6 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 2



Figure 7 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 3

#### 3.4.4 Analyse des données

L'évolution temporelle des différents compartiments de l'environnement mesurés sur les sites (substrat, poissons, macro-invertébrés) a été évaluée statistiquement, afin d'apprécier les changements dans ces compartiments en tenant compte de la variabilité des données. Ces analyses nous permettent de faire la part entre des « tendances » observées et des variations significatives (validées statistiquement). Le logiciel Statistica a été utilisé pour mener à bien ces analyses.

Les variables testées ont été :

- Le taux de couverture corallienne vivante
- La densité totale moyenne en poissons cibles
- La densité totale moyenne en macro-invertébrés cibles

Ces analyses ont été réalisées par des Anova à un facteur dans le cas des données dont les variances étaient homogènes (test de Bartlett ;  $p > 0,05$ ). Dans le cas contraire (test de Bartlett ;  $p \leq 0,05$  : variances non homogènes), un test non paramétrique a été appliqué aux données (test de Kruskal-Wallis). Les résultats de ces analyses nous permettent de déterminer si les variables susmentionnées ont évolué de manière significative au cours du temps. Si tel est le cas, un test a posteriori (test de Tukey après une Anova ; test de Steel Dwass après un test de Kruskal-Wallis) a été appliqué afin de déterminer l'origine de cette variation (i.e. en quelle année).



## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Survie des transplants

Le Tableau 3 présente les résultats des comptages effectués lors du suivi à T+54 mois. L'effort d'échantillonnage est également indiqué dans le Tableau 3 : il représente le pourcentage de colonies coralliennes expertisées lors du suivi par rapport au nombre total de colonies transplantées initialement. Par exemple, sur le site 1, lors de ce suivi 804 individus ont été recensés et catégorisés sur les 832 individus transplantés initialement, soit un effort d'échantillonnage de 97%. L'effort d'échantillonnage donne une indication sur la représentativité des résultats présentés (plus l'effort est important, plus les résultats sont représentatifs de ce qui est réellement observé sur les sites de restauration). En effet, compte tenu de la méthode utilisée pour recenser les coraux transplantés (l'observateur nage au dessus des coraux et note l'état de santé des colonies transplantées qu'il rencontre), de la surface des sites de restauration et du nombre de coraux transplantés, il est rare que l'observateur puisse recenser tous les individus présents. L'effort d'échantillonnage n'est plus appliqué sur le site de Casy. En effet, depuis le suivi à T+36 mois, il est devenu impossible de discerner les colonies transplantées de celles présentes naturellement, les valeurs données sont donc représentatives de la couverture corallienne générale du site, individus transplantés et naturellement présents.

**Tableau 3 : Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois**

Site	Vivant	Mortalité partielle	Mortalité	Effort d'échantillonnage
Site 1 - Montravel abrité	89,6%	5,3%	5,1%	97% (804/832)
Site 2 - Montravel exposé	89,6%	7,3%	3,1%	89% (547/615)
Site 3 - Casy	82,5%	12,7%	4,9%	NApp

Les Figures 8 à 10 illustrent l'évolution des taux de mortalité et de survie depuis la transplantation effectuée en Décembre 2005/Janvier 2006, sur les 3 sites de restauration.

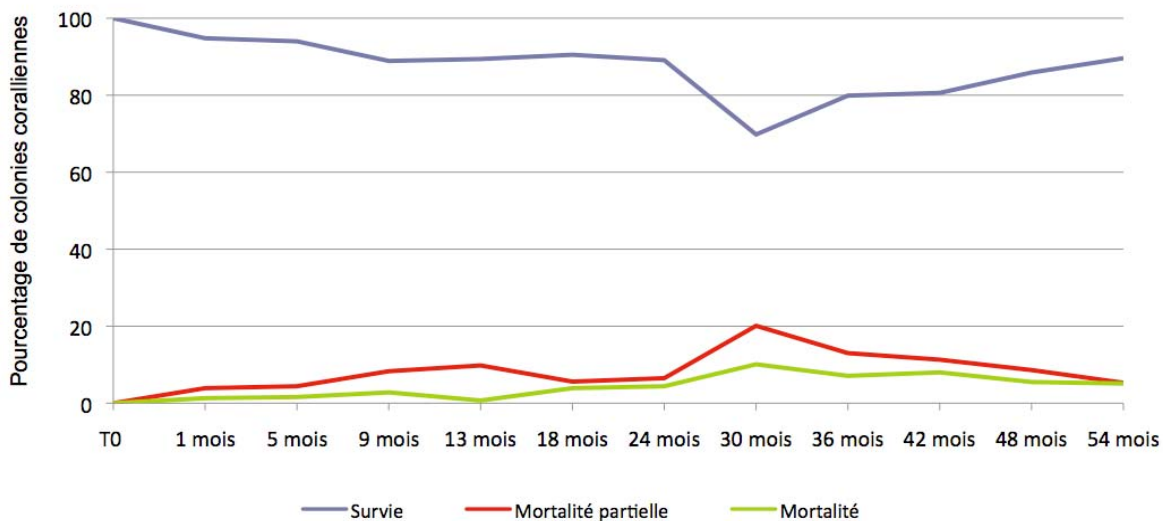


Figure 8 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis – Site 1 (Montravel abrité)

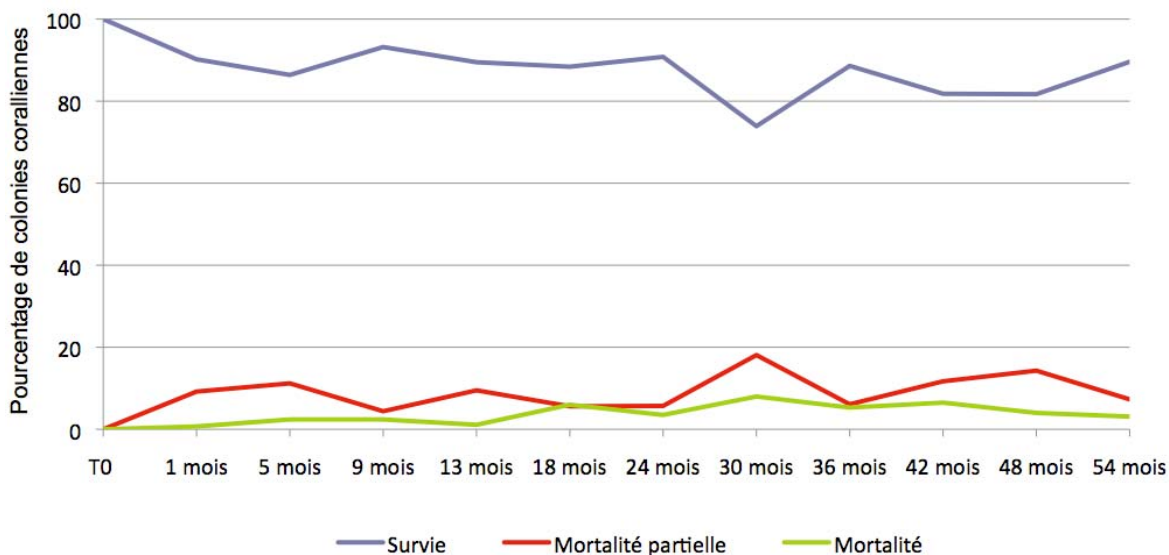


Figure 9 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - Site 2 (Montravel exposé)

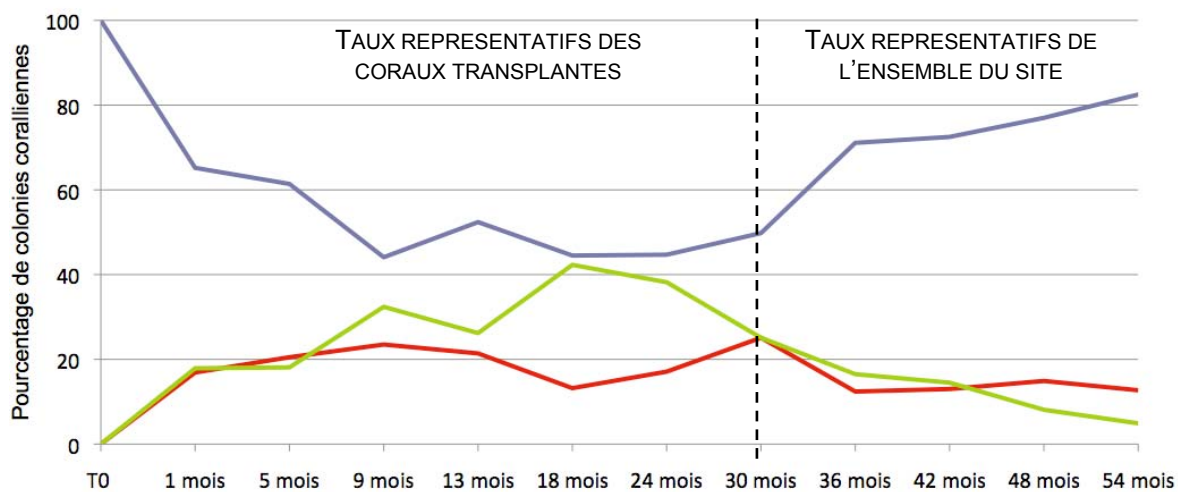


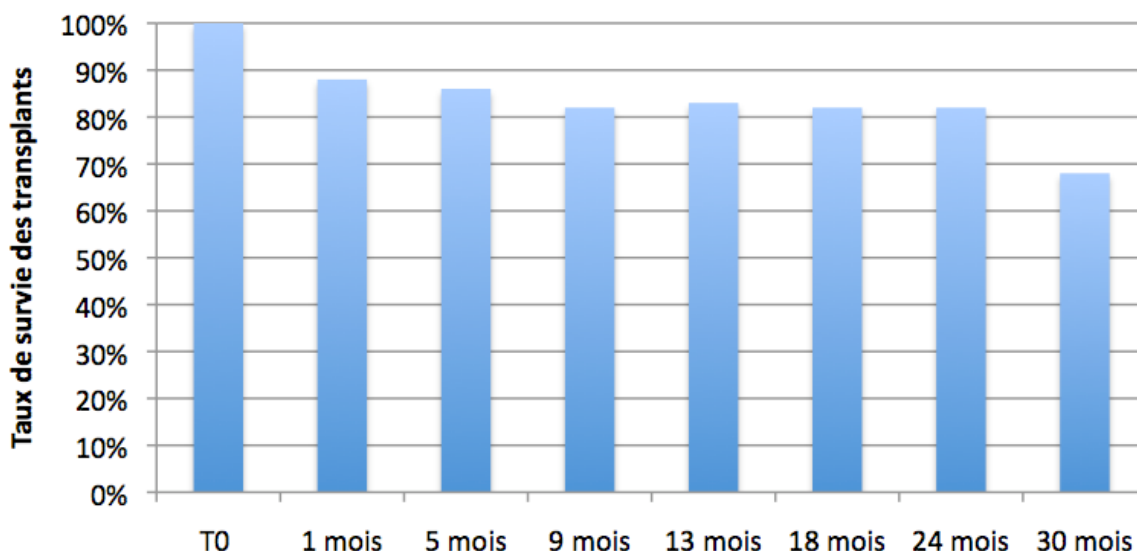
Figure 10 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - site 3 (Casy)

Le taux de survie des transplants coralliens est généralement considéré comme un paramètre permettant de mesurer la réussite d'une opération de transplantation. Le tableau suivant présente quelques exemples de taux de survie de transplants coralliens obtenus sur différents projets de transplantation corallienne de part le monde.

**Tableau 4 : Taux de survie des transplants coralliens sur des projets de transplantation corallienne**

Contexte du projet	Transplants	Localisation	Taux de survie (durée du suivi)	Référence
Expérimentation	Massifs coralliens Assemblage mixte	Mer Rouge	65% (12 mois)	Bouchon <i>et al.</i> (1981)
Restauration d'un site dégradé par la pêche à la dynamite	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Philippines	61% (12 mois)	Auberson (1982)
Expérimentation	Fragments Assemblage mixte	Philippines	40% (12 mois)	Alcala <i>et al.</i> (1982)
Expérimentation	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	GBR Australie	57-96% (5 mois)	Harriott & Fisk (1988)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Cozumel (Mexique)	96% (1 mois)	Munoz-Chagin (1997)
Restauration d'un site dégradé par l'extraction de corail	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Maldives	75% (12 mois) 51% (28 mois)	Edwards & Clark (1998)
Expérimentation	Colonies adultes entières Coraux massifs	Porto Rico	7% (12 mois)	Ortiz-Prosper <i>et al.</i> (2001)
Restauration d'un récif frangeant impacté par un cyclone	Colonies adultes entières Assemblage mixte	La Réunion	50% (12 mois)	Chabanet & Naim (2001)
Expérimentation	Acropores	Floride	8,2% (27 mois)	Thornton <i>et al.</i> (2002)
Restauration d'une zone dégradée par l'extraction de corail et création d'un jardin corallien	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Bora Bora	95% (12 mois)	Salvat <i>et al.</i> (2002)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Mayotte	80% (12 mois)	Morancy <i>et al.</i> (2005)
Transplantation corallienne sur des structures métalliques (projet touristique)	Fragments et colonies adultes entières Acropores	Maldives	90% (12 mois)	Etude de cas n°3 Edwards (2010)
Transplantation de coraux cultivés en nurserie	Fragments et colonies adultes entières Assemblage mixte	Israël	95% (4 mois) 62% (24 mois)	Etude de cas n°5 Edwards (2010)
Restauration d'un site dégradé par l'échouage d'un navire	Larges fragments <i>Acropora palmata</i>	Porto Rico	57% (24 mois) 6% (10 ans)	Etude de cas n°6 Edwards (2010)
Transplantation corallienne sur une zone Tabou	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	Fidji	80% (1 mois) 5% (9 mois)	Etude de cas n°8 Edwards (2010)

En ce qui concerne la présente étude, le taux de survie global (prenant en compte le nombre de transplants ajoutés sur chacun des sites) a varié entre 88 et 68% entre le suivi initial (1 mois après transplantation) et le suivi à T+30mois<sup>1</sup> (Figure 11). Le taux de survie a été plus élevé sur les sites situés sur la presqu'île de Montravel (sites 1 et 2) que sur le site de Casy. En effet, au cours des 30 premiers mois de suivi, les sites 1 et 2 ont présenté des taux de survie compris entre 70 et 95% tandis que le taux de survie des transplants sur le site de Casy (site 3) a été beaucoup plus fluctuant et plus faible, compris entre 44 et 65% (voir Figures 8 à 10).



**Figure 11 : Taux de survie global sur l'ensemble des 3 sites au cours des 30 premiers mois de suivi**

Si on ne considère que les taux de survie des sites de la presqu'île de Montravel (qui ont abrité plus de 80% des coraux transplantés initialement), le taux de survie global après 54 mois de suivi est de 90%.

**Compte tenu de ces résultats et en les comparant à des projets passés (Tableau 4), on peut considérer que l'opération de transplantation corallienne entreprise en baie de Prony est un succès, et particulièrement sur les sites de Montravel abrité et exposé.**

Le taux de mortalité naturelle des coraux peut être très variable, selon les espèces, la taille des colonies (il est généralement plus élevé sur des colonies de petite taille, plus vulnérables aux perturbations) et l'habitat considéré (en rapport avec le degré de perturbation qu'il subit et en particulier l'hydrodynamisme). Dans le cas de colonies adultes et de milieux ne subissant que peu de perturbations (comme c'est le cas du projet actuel), des taux de mortalité naturelle de 2 à 30% ont été recensés dans la littérature scientifique (Bak & Luckhurst, 1980 ; Harriott, 1985). Des études ont montré que le taux de mortalité des transplants coralliens est généralement plus élevé que celui des coraux présents naturellement sur un récif, même en respectant des précautions maximales au cours de la manipulation des transplants (Plucer-Rosario & Randall, 1987 ; Yap *et al.*, 1992 ; Edwards & Clark, 1998). Une mortalité supérieure de 5% par an a été mesurée sur des transplants coralliens par rapport à leurs homologues naturellement présents sur des sites de contrôle adjacents en Mer Rouge (étude de cas n°5 dans Edwards, 2010).

En ce qui concerne la présente étude, le taux de mortalité des transplants coralliens a été faible sur les sites de la presqu'île de Montravel, oscillant entre 1 et 10% selon les suivis ; et relativement élevé sur Casy : entre 5 et 42%. Un taux de mortalité particulièrement élevé avait été constaté sur le site de Casy au cours des premiers suivis après transplantation (attribué à la présence de prédateurs coralliens et à la non adaptation de certains coraux dans leur nouvel

<sup>1</sup> Période pendant laquelle le taux de survie des transplants sur le site de Casy (site 3) est bien représentatif de l'effort de transplantation et non de la totalité des coraux présents (naturellement et transplantés).

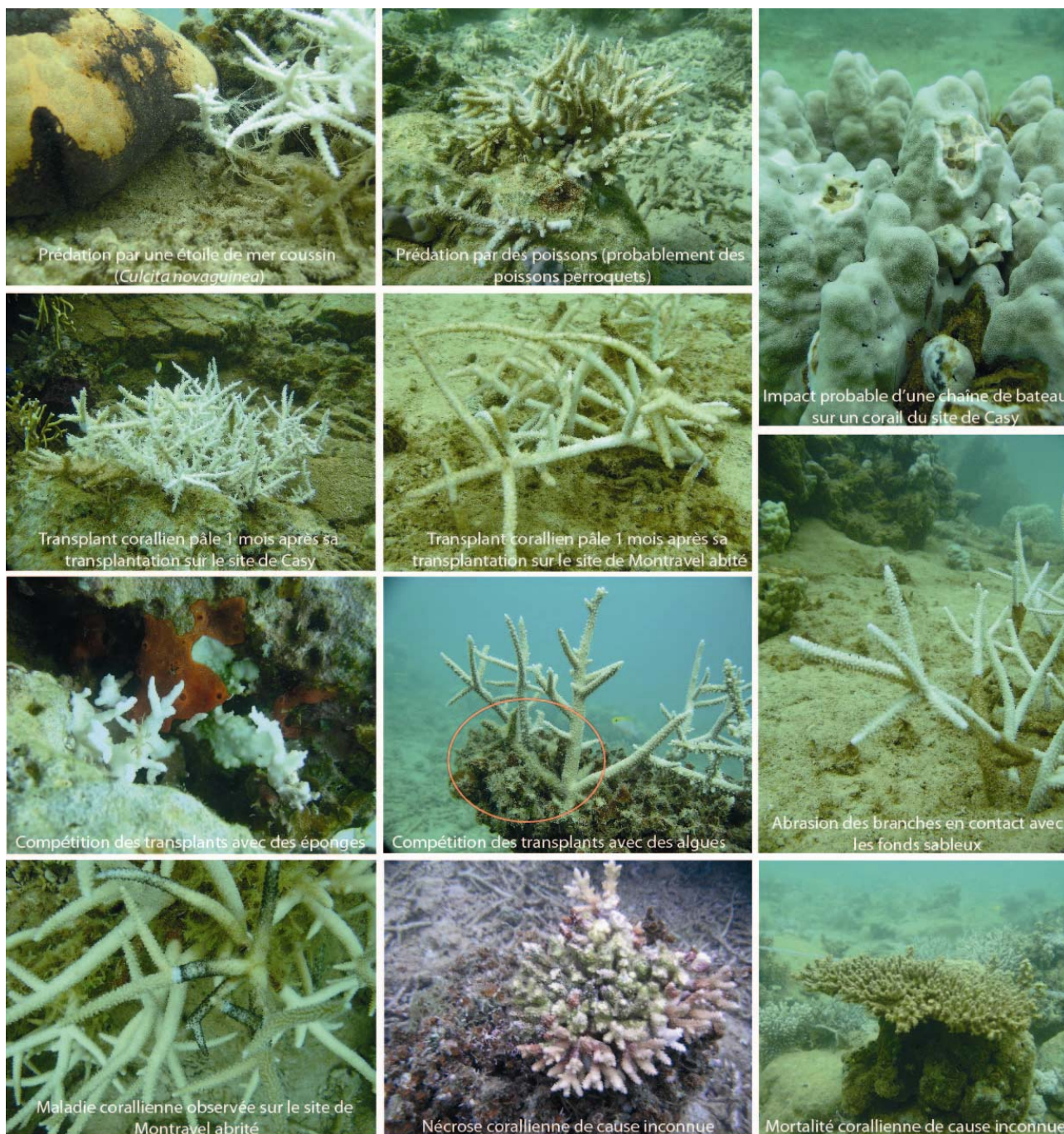
environnement). La mortalité a globalement continué d'augmenter mais de manière moins marquée. Ce phénomène de mortalité initiale importante suivant une opération de transplantation a été observé sur d'autres projets comme à Guam (Plucer-Rosario & Randall, 1987) ou à Mayotte (Morancy *et al.*, 2005). Aux Maldives, Clark & Edwards (1995) ont également mesuré une chute importante du taux de survie des transplants dans les 7 premiers mois suivant la transplantation (de 100% à 70% entre 0 et 7 mois) puis une stabilisation de ce phénomène (de 70% à 60% de survie entre 7 et 28 mois de suivi).

Bien qu'elles n'aient pas toujours pu être décelées à posteriori, les causes de mortalité (partielle ou totale) des transplants ont été attribuées à (voir Figure 12) :

- (1) La prédation naturelle, par l'action des organismes brouteurs : poissons-perroquets en particulier ou invertébrés corallivores (*Acanthaster planci*, *Drupella cornus*, *Culcita novaeguineae*).
- (2) Le stress lié à la transplantation : quelques colonies blanchies ou pâles avaient été observées au suivi à T+1 mois sur les 3 sites de transplantation. De plus, certaines colonies présentaient des nécroses au niveau du tissu en contact avec le ciment ou avec le substrat sur lequel elles ont été fixées.
- (3) La non acclimatation des transplants à leur nouvel environnement : cela a principalement concerné les colonies branchues posées à même le fond sableux sur le site de Casy. Ces colonies ont été prélevées dans des eaux relativement troubles et à une profondeur de -4 à -7m, puis transplantés sur un site présentant des eaux claires et une profondeur moyenne de -3m. Le tissu corallien a rapidement blanchi au cours des premières semaines après transplantation, indiquant une non-adaptation possible de ces colonies à leur nouvel environnement.
- (4) La compétition avec d'autres organismes encroûtants tels que des éponges (des clones en particulier sur le site 2) ou des algues.
- (5) La colonisation des branches d'Acropores par des poissons-demoiselles du genre *Stegastes* qui, arrachant le corail vivant à la base des branches, favorisent la pousse de gazon algal dont elles se nourrissent (d'où leur appellation de « farmer fish » car entretenant leur jardin algal au sein des branches de corail).
- (6) Les conditions environnementales : hydrodynamisme, accroissement de la sédimentation ou dessalure lors de forts épisodes pluvieux. Un fort taux de sédimentation avait été noté sur les fonds des sites 1 et 2 au suivi à T+30 mois, possiblement lié aux fortes pluies qui s'étaient abattues sur la Nouvelle-Calédonie entre février et avril 2008 (+135% par rapport à la moyenne climatique sur la zone de Yaté). Les fortes pluies entraînent une augmentation de la charge en particules dans le lagon via les cours d'eau mais également une dessalure des masses d'eaux superficielles.
- (7) La fréquentation humaine des sites, qui n'est pas à exclure bien qu'elle soit à priori très limitée : des macro-débris (bouteille plastique, canette de bière) ont été recensés sur le site 1 en particulier, à plusieurs reprises. Il est possible que certaines branches de corail aient été cassées sous l'impact d'une ancre, d'une chaîne, ou de coups de palmes des chasseurs sous-marins.
- (8) L'étouffement ou l'abrasion par les particules sableuses de la base des colonies déposées à même le fond.
- (9) L'infection par des maladies coralliennes : une maladie corallienne a été observée à la base d'une colonie branchue d'*Acropora formosa*, il s'agissait de la maladie de la bande de squelette érodée (Skeletal Eroded Band).

- (10) Des causes non identifiées : corail totalement ou partiellement mort et recouvert d'algues dont il est impossible à posteriori de déceler la cause de mortalité ou de nécrose.

Le taux de mortalité partielle (ou de nécrose) a également été suivi au cours du temps. Ce taux a oscillé entre 4 et 20% sur les sites de la presqu'île de Montravel et entre 12 et 25% sur le site de Casy. Sur les sites de la presqu'île de Montravel, la grande majorité des nécroses ont été observées sur des colonies d'Acropores branchues qui avaient été déposées à même le fond sans attachement, et dont les branches en contact avec le fond sableux ont été étouffées ou abrasées. Sur le site de Casy la cause principale de mortalité partielle a été la prédation par des invertébrés corallivores au cours des 2 premières années de suivi de la transplantation : étoiles de mer coussins (*Culcita novaguinea*) et étoiles de mer épineuses (*Acanthaster planci*).



**Figure 12 : Illustrations des causes principales de mortalité et de nécrose sur les 3 sites de transplantation**

## **4.2 Evolution du recouvrement corallien vivant**

### **4.2.1 Attachement des transplants au substrat naturel**

L'attachement des transplants au substrat naturel est un critère intéressant à suivre dans les projets de transplantation. En effet, ce paramètre permet à la fois d'attester de la croissance des transplants coralliens dans leur nouvel environnement, cela traduit donc une adaptation des transplants au sein de ce dernier. L'attachement des individus transplantés au substrat naturel laisse également présager une survie pérenne des transplants dans leur nouvel environnement, puisqu'une fois fermement attachés à la roche sous-jacente par du tissu corallien, ces individus auront davantage de chance de survivre aux destructions mécaniques (vagues, houles, hors conditions météorologiques extrêmes). Ce point a été souligné par Edwards et Clark (1998) dans leur revue sur la transplantation corallienne. De nombreuses études ont montré de forts taux de perte des transplants dus à l'action des vagues dans les premiers mois après transplantation : 25% de l'échantillon après 7 mois aux Maldives (Clark & Edwards, 1995), 60% au cours de la première année aux Philippines sur un site peu profond soumis à l'action des vagues (Alcala *et al.*, 1982), pertes importantes sur un site exposé à Guam (Plucer-Rosario & Randall, 1987) et aux Philippines (Auberson, 1982). En revanche, une fois les transplants fixés au substrat par accréation naturelle, seulement 5% de pertes ont été enregistrées par Clark & Edwards (1995) sur une période de 2 ans.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons observé au cours du suivi à T+13 mois que la quasi-totalité des transplants présentaient des signes de croissance au niveau de la base des colonies, en contact avec le substrat naturel (sous la forme de « coulées » de tissu non différencié en polype, voir Figure 13). Au suivi suivant (T+18 mois), une grande majorité des transplants étaient fermement attachés au substrat naturel (les tissus coralliens s'étaient différenciés en polypes au niveau de la base des colonies) et il ne subsistait plus aucune trace de ciment à la base des colonies transplantées. Deux ans après leur transplantation (suivi à T+24 mois), tous les transplants étaient fermement attachés au substrat naturel. Même pour un œil averti, il devenait dès lors de plus en plus difficile de discerner les colonies transplantées des colonies naturelles.



Figure 13 : Etapes dans l'attachement basal des transplants coralliens



#### 4.2.2 Couverture corallienne vivante

Le taux de recouvrement moyen en corail vivant en fonction du temps peut être modélisé en première approche par une équation de type :  $R(t) = aT + R_0$  ; avec  $R(t)$  = taux de couverture corallienne totale moyenne au temps  $t$  ;  $R_0$  taux de recouvrement initial ; et  $a$  = taux d'accroissement mensuel de la couverture corallienne. Les données considérées dans cette analyse sont le pourcentage de corail vivant total (somme transplanté et naturel) au cours du temps, à partir du suivi à T+1mois (la mesure à T0 ne présentant que la couverture en corail naturel car faite avant les opérations de transplantation, elle n'est donc pas à prendre en compte pour appréhender l'évolution du recouvrement total). En revanche, pour le Site 1, afin d'optimiser la représentativité de la régression, la droite est ajustée à partir du 13<sup>ème</sup> mois. Il semble en effet que le recouvrement à T+1mois ait été surestimé.

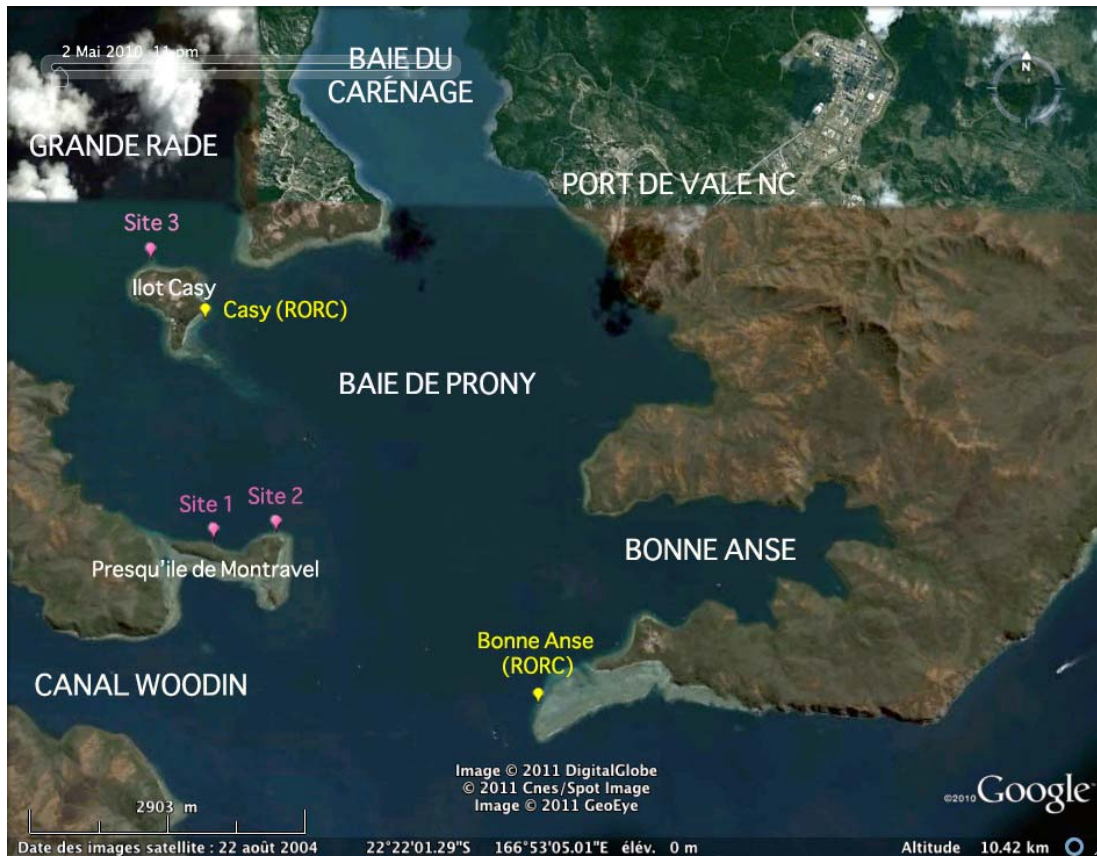
L'ajustement de cette équation aux données des différents sites permet d'estimer le taux moyen d'accroissement de la couverture corallienne :

- Site 1 (Montravel abrité) :  $R(t) = 0,0025 t + 0,106$  ( $R^2=0,75$ )
- Site 2 (Montravel exposé) :  $R(t) = 0,0026 t + 0,13$  ( $R^2=0,79$ )

Site 3 (Casy) :  $R(t) = 0,0006t + 0,17$  ( $R^2=0,19$ ) L'ajustement de régressions linéaires (lignes rouges sur les Figures 14 à 10) est de bonne qualité (coefficients de détermination élevés, respectivement de 0,75 et 0,79 pour les sites 1 et 2, supérieurs à ceux calculés lors du dernier suivi) et permet de modéliser le phénomène étudié. L'évolution moyenne du taux de recouvrement corallien est ainsi d'environ 3% par an sur les sites de la presqu'île de Montravel (sites 1 et 2). Sur le site de Casy, les résultats ont été très fluctuants au cours du temps. Bien que l'ajustement de la courbe de tendance aux données soit moins bon ( $R^2=0,19$ ), on peut noter une hausse générale de la couverture corallienne au cours du temps, bien qu'elle soit très faible (le taux de croissance corallien est inférieur à 1% par an).

Le suivi d'un projet de transplantation aux Maldives dans le cadre de la restauration d'un récif dégradé par l'utilisation de techniques de pêche destructrice (pêche à la dynamite) (Clark & Edwards, 1995) a mis en évidence un accroissement du taux de recouvrement corallien vivant d'environ 5% sur 21 mois, soit environ 3% par an, résultat tout à fait conforme au nôtre.

D'autres comparaisons peuvent être faites sur la Nouvelle-Calédonie, au niveau des stations suivies dans le cadre du RORC (Réseau d'Observation des Récifs de Calédonie), en particulier concernant les stations situées en baie de Prony : Bonne Anse et Casy. La station Bonne Anse est relativement comparable aux sites de la presqu'île de Montravel, bien que soumise à une influence océanique plus importante ; la station RORC Casy est relativement comparable au site de transplantation de Casy bien que présentant également des eaux plus brassées car située sur la façade exposée de l'îlot Casy. La Figure 14 présente la localisation de ces différentes stations. L'analyse des données du RORC permet de mettre en évidence un taux annuel de croissance du corail vivant de 7% sur la station Bonne Anse et de 2% sur la station Casy, entre 2005 et 2009. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux obtenus sur la présente étude. Ils corroborent 2 faits importants : (1) l'accroissement du taux de recouvrement corallien vivant est plus faible sur Casy que sur les sites sous influence océanique et (2) le taux de croissance des transplants coralliens est généralement moindre que celui des coraux présents naturellement sur un récif, en particulier au cours des premiers mois à l'année suivant la transplantation (dans Edwards & Clark, 1998).



**Figure 14 : Localisation des stations de suivi RORC sur la baie de Prony et des sites de transplantation**

Les taux de recouvrement en corail vivant moyen sur les 3 sites de transplantation sont présentés dans le Tableau 5. Les Figures 15 à 17 illustrent graphiquement l'évolution de cette couverture au cours du temps ainsi que la droite de régression qui a été appliquée.

**Tableau 5. Taux de recouvrement en corail vivant sur les 3 sites de transplantation**

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
T0	4,0%	5,0%	11,0%
1 mois	14,4%	13,0%	17,0%
13 mois	10,6%	14,0%	12,1%
18 mois	11,6%	14,5%	20,6%
24 mois	14,1%	16,8%	12,7%
30 mois	14,7%	15,5%	20,2%
36 mois	18,4%	22,0%	16,1%
42 mois	19,3%	23,7%	21,8%
48 mois	26,0%	26,6%	19,0%
54 mois	27,9%	31,7%	22,9%

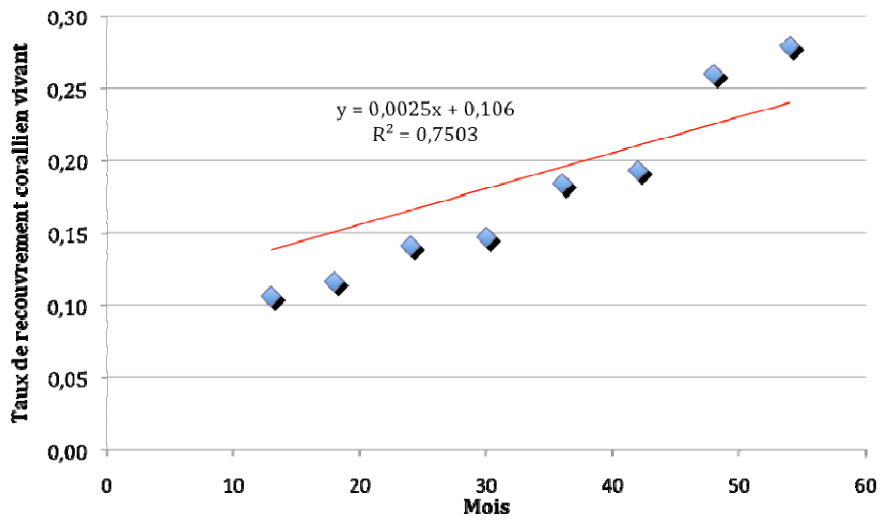


Figure 15 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 1 (Montravel abrité)

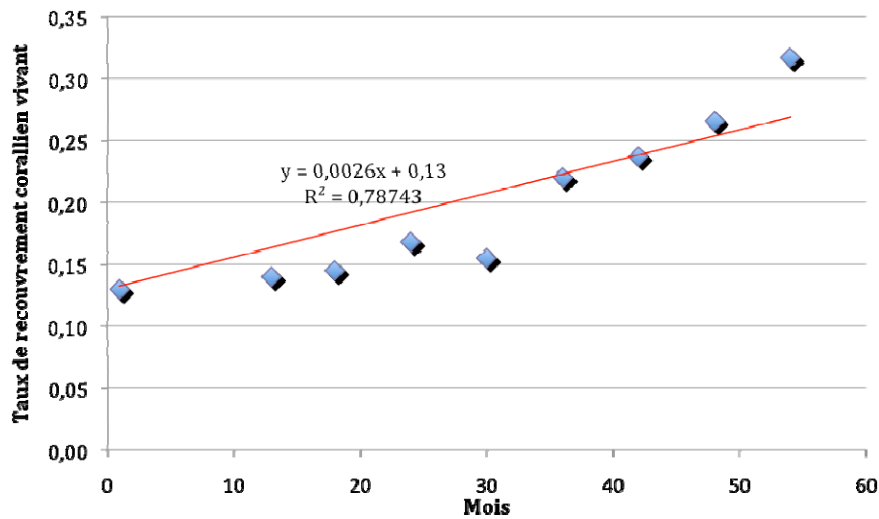


Figure 16 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 2 (Montravel exposé)

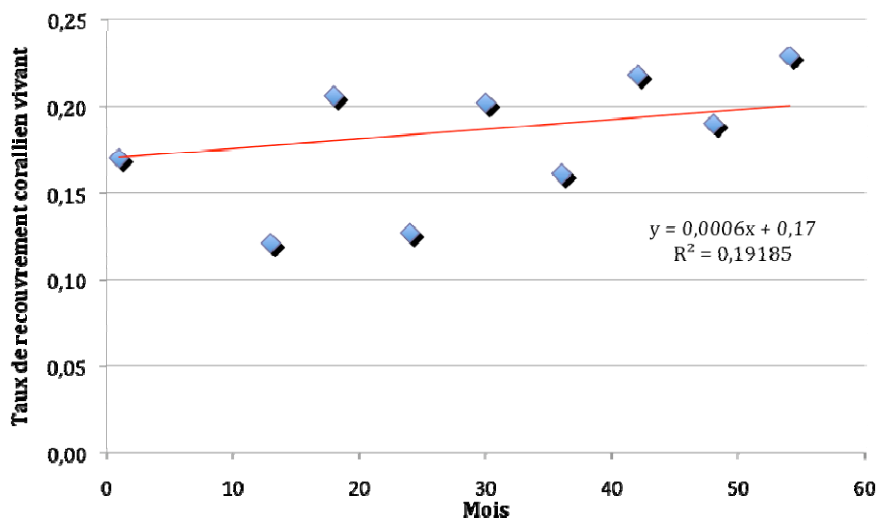


Figure 17 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 3 (Casy)

Le Tableau 6 et les Figures 18 à 20 présentent l'évolution des taux de recouvrement en corail transplanté et naturel sur les 3 sites de transplantation. Ainsi on peut constater que, 4 ans et demi après transplantation, l'augmentation de la couverture corallienne sur les sites de Montravel (sites 1 et 2) est à la fois du fait de la croissance des coraux transplantés et de l'accroissement de la couverture naturelle du site (croissance des colonies présentes depuis le démarrage des opérations de suivi et installation de nouveaux individus). Le recensement de nombreuses recrues coralliennes sur les substrats nus des sites de Montravel depuis plusieurs années attestent de la régénération naturelle des sites. Ces recrues sont maintenant devenues des colonies adultes qui participent à l'accroissement général du taux de recouvrement corallien vivant.

Sur le site de Casy, l'accroissement de la couverture corallienne est particulièrement attribué à la croissance des coraux naturellement présents sur le site. En effet, le nombre de coraux transplantés initialement était moindre que sur les sites 1 et 2 (voir § 1.2) et beaucoup de ces transplants sont morts dans les premiers mois suivant leur transplantation.

**Tableau 6 : Evolution des taux de recouvrement en corail naturel et transplanté**

		Taux de recouvrement en corail naturel	Taux de recouvrement en corail transplanté	Taux de recouvrement corallien total
Site 1	1 mois	0,044	0,1	0,144
	24 mois	0,053	0,1	0,153
	36 mois	0,07	0,114	0,184
	42 mois	0,071	0,122	0,193
	48 mois	0,098	0,162	0,26
	54 mois	0,058	0,221	0,279
Site 2	1 mois	0,042	0,088	0,13
	24 mois	0,054	0,114	0,168
	36 mois	0,081	0,139	0,22
	42 mois	0,092	0,145	0,237
	48 mois	0,096	0,17	0,266
	54 mois	0,103	0,214	0,317
Site 3	1 mois	0,11	0,06	0,17
	24 mois	0,103	0,024	0,127
	36 mois	0,133	0,028	0,161
	42 mois	0,168	0,05	0,218
	48 mois	0,149	0,041	0,19
	54 mois	-	-	0,229

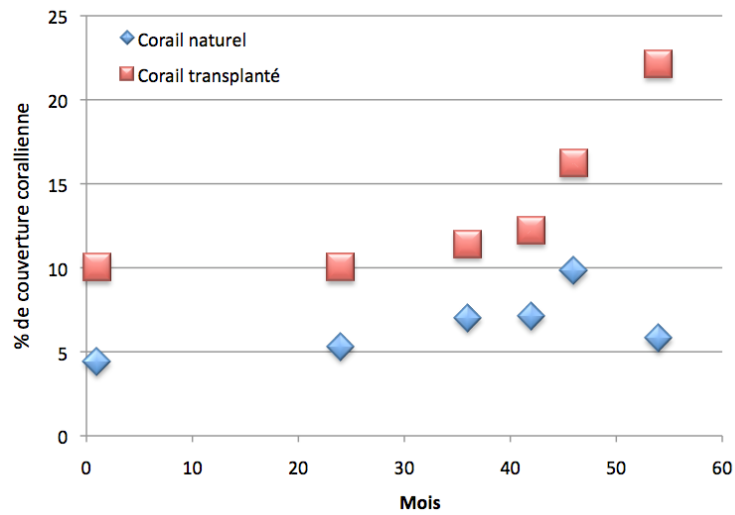


Figure 18 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 1 (Montravel abrité)

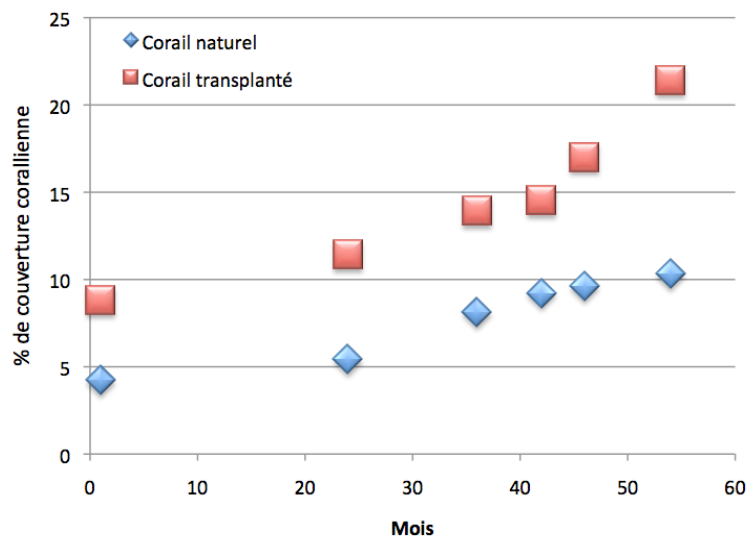


Figure 19 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 2 (Montravel exposé)

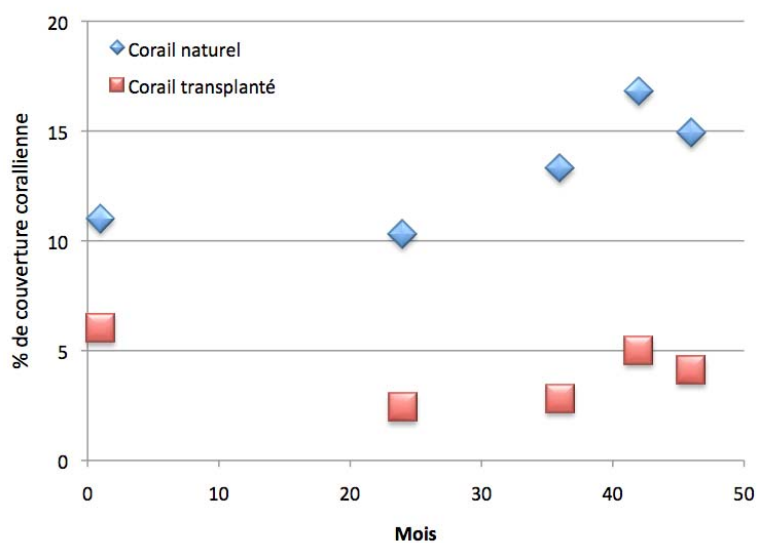


Figure 20 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 3 (Casy)

### 4.2.3 Recrutement corallien naturel sur les sites transplantés

La transplantation de colonies adultes peut participer à l'augmentation du recrutement corallien local et ainsi accélérer la régénération naturelle des sites dégradés (Harriott & Fisk, 1988 ; Richmond & Hunter, 1990). Cependant, il faut rappeler qu'une fois produites et émises dans la colonne d'eau, les larves coralliennes peuvent se déplacer librement à l'état planctonique pendant plusieurs jours au grès des courants, avant de trouver un substrat favorable à leur fixation. Ainsi, la colonisation corallienne des sites de transplantation par de nouvelles recrues n'implique pas nécessairement que ces recrues aient été produites localement. Seules des analyses génétiques permettraient de déterminer l'origine de ces nouvelles recrues. Par ailleurs, la présence de colonies adultes sur un récif peut divertir la prédation des recrues (par les poissons ou d'autres invertébrés corallivores), et augmenterait par conséquent leur chance de survie.

La mesure précise du taux de recrutement corallien sur un récif implique généralement la mise en place de substrats artificiels (souvent, il s'agit de plaques de céramique ou de terre cuite), durant une période donnée (2 à 12 mois, selon les objectifs de l'étude). Il s'agit ensuite d'examiner les plaques au microscope, afin de rechercher la présence de recrues, de les identifier (généralement au niveau des familles) et d'en déduire une densité qui s'exprime généralement par mètre carré. Il est également possible d'estimer le recrutement corallien par le recensement des colonies juvéniles (jeunes coraux visibles à l'œil nu, non matures sexuellement, et dont le diamètre est inférieur à 5 cm environ). Dans le cadre de ce projet, nous n'avons pas suivi les recrues coralliennes (car au-delà du cadre des objectifs fixés), mais nous avons profité de l'opportunité d'être sur les sites pour compter le nombre de colonies juvéniles (que nous avons définies comme ayant un diamètre inférieur à 3 cm), présentes sur les surfaces définies par les transects à largeur fixe utilisés pour les recensements des macro-invertébrés. Nos données ne sont donc pas comparables à celles d'études portant sur les recrues coralliennes dans la littérature (notamment une large étude menée sur les Caraïbes, le Pacifique Ouest et le Pacifique Sud par Kojis & Quinn en 2001), mais sont comparables avec d'autres études sur les juvéniles, notamment en Nouvelle-Calédonie (Adjeroud *et al.*, 2010). Les résultats de cette étude, menée sur le lagon Sud-Ouest de la Grande Terre, nous permettent une comparaison chiffrée sur l'abondance des colonies juvéniles au niveau des récifs frangeants des alentours de Nouméa (baie de Sainte Marie, Grande Rade et baie Maa), qui a été estimée entre 150 et 750 colonies juvéniles par 100 m<sup>2</sup> de récif selon les stations. Par ailleurs, de grandes variations spatiales dans l'abondance en coraux juvéniles ont été notées.

L'observation et la mesure du taux de recrutement corallien selon la méthode que nous avons décidé d'utiliser ne donne qu'une indication sur la colonisation corallienne naturelle des sites, potentiellement imputable à la transplantation.

Les 3 sites de transplantation présentent des abondances en coraux juvéniles faibles (voir Tableau 7). Au niveau du site 1, l'abondance en coraux juvéniles est restée relativement stable au cours des 54 mois de suivi, tandis que sur le site 2 elle est en constante augmentation sur les 3 dernières années de suivi. Comme indiqué dans le précédent paragraphe, la présence de juvéniles traduit la régénération naturelle du site, et explique en partie l'augmentation du taux de recouvrement en corail naturel au cours des différents suivis.

**Tableau 7 : Nombre de recrues coralliennes sur les sites de transplantation (nombre moyen d'individus / 100 m<sup>2</sup>)**

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	58,4	20,1	15,4
13 mois	55,8	19,4	5,9
36 mois	52,6	41,2	9,6
48 mois	48,6	49,2	5,8



Recrue corallienne recensée au cours du suivi à T+48mois.

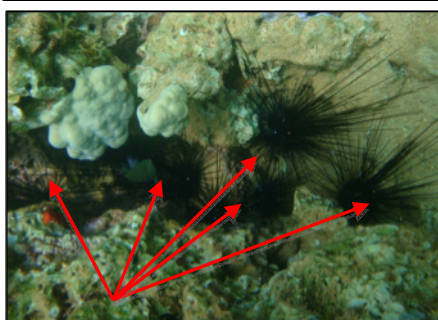


Colonies coralliennes *Acropora* provenant du recrutement naturel sur les sites restaurés.

Sur le site 3, l'abondance en coraux juvéniles est nettement plus faible que sur les sites de Montravel (voir Tableau 7). Plusieurs hypothèses avaient été émises pour expliquer ce phénomène :



- (1) Les substrats favorables à la fixation de larves coralliennes (roches propres) sont déjà colonisés par des coraux adultes, éponges ou algues, laissant peu de place pour l'installation de nouveaux individus.



- (2) L'abondance en organismes brouteurs (échinodermes) et en prédateurs de coraux (*Culcita novaeguineae*, *Acanthaster planci*) pourrait avoir causé une mortalité importante des larves coralliennes. Bien que cela n'ait pu être directement observé lors des missions de suivi, cette hypothèse ne peut être écartée.



- (3) A cela il faut ajouter une sédimentation parfois importante sur le site (le site étant situé sur la façade abritée de l'îlot Casy, soumise aux apports terrigènes de la baie de la Somme en période de forte crue). La présence de particules terrigènes sur les substrats n'est pas favorable à la fixation de larves coralliennes.

- (4) Connectivité : le site 3 pourrait recevoir moins de larves coralliennes que les 2 autres sites, lié à l'hydrodynamisme, au mouvement des masses d'eau, aux apports d'eau douce ou d'éléments terrigènes plus importants sur la côte abritée de l'îlot Casy, ou à une combinaison de facteurs environnementaux.

### 4.3 Colonisation des sites par les macro-invertébrés benthiques

Les macro-invertébrés benthiques forment une partie importante de l'écosystème récifal et participent au maintien des équilibres biologiques au sein de ce dernier. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macro-invertébrés sont souvent utilisés pour évaluer l'état de santé de l'écosystème récifal.

#### 4.3.1 Richesse taxonomique

La richesse taxonomique est entendue ci-après comme richesse spécifique sachant qu'elle intègre parfois des données à l'échelle du genre.

Au niveau des sites 1 et 2, les valeurs de richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques (définie comme le nombre de taxons de macro-invertébrés) ont été relativement constantes, similaires sur les 2 sites considérés et faibles au cours des 3 premières années de suivi, comprise entre 2 et 4 espèces différentes par transect. Une légère baisse a toutefois été notée sur les 2 sites au suivi à T+13 mois. Lors du dernier suivi (T+54 mois) nous avons pu observer une hausse considérable du nombre de taxons recensés sur les sites de Montravel, qui a presque doublé par rapport au suivi précédent : environ 7 taxons étaient recensés par transect. Les principales raisons de cette augmentation entre le dernier suivi et les suivis précédents concernaient :

Sur le site 1 :

- Les échinodermes :
  - Diversité supérieure en étoiles de mer : 3 espèces recensées (*Celerina heffernani*, *Nardoa gomophia* et *Fromia monilis*) contre aucune à 1 seule lors des précédents suivis (*Nardoa gomophia*).
  - Diversité supérieure en oursins : 3 espèces recensées (*Diadema setosum*, *Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
  - Diversité supérieure en bivalves : recensement de *Chama* sp., *Saccostrea cucullata* et *Hytissa* sp. jusqu'alors absents des comptages.
  - Diversité similaire en gastéropodes mais espèces différentes au cours des différents suivis : *Trochus niloticus* à T+1mois, un gastéropode indéterminé à T+13 mois, *Drupella cornus* à T+18 mois et *Euplica tuturina* et un Muricidae à T+48 mois.

Sur le site 2 :

- Les échinodermes : diversité supérieure en oursins : 2 espèces recensées (*Diadema setosum* et *Echinometra mathaei*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
  - Diversité supérieure en bivalves : toutes les espèces recensées au cours des différents suivis ont été dénombrées au suivi à T+48 mois.



- Diversité supérieure en gastéropodes et composition du peuplement différent par rapport aux suivis précédents : 3 espèces recensées (un cone, *Lambis truncata* et *Euplica tuturina*) contre aucune à 1 seule lors des précédents suivis (un cone à T+1mois et une porcelaine à T+13 mois).
- Les vers : recensement de sabelles non observées jusqu'alors.

Au niveau du site 3, la richesse taxonomique a suivi la même tendance que sur les sites de Montravel : elle a été constante au cours des 3 premières années de suivi puis elle a considérablement augmenté lors du dernier suivi. La richesse taxonomique présente des valeurs beaucoup plus élevées sur le site de Casy par rapport aux sites de Montravel : 6 à 12 espèces sur Casy contre 2 à 7 espèces par transect sur Montravel (données sur la totalité du suivi). La diversité des habitats (pâtés coralliens sur fonds de sable, présentant de nombreuses caches et refuges), la complexité récifale et la couverture corallienne vivante plus importantes sur Casy (initialement de 5% sur les sites de Montravel contre 10% sur le site de Casy, avant transplantation) expliquent probablement la plus grande richesse en macro-invertébrés mesurée. De plus le site de Casy semble avoir moins souffert de l'impact du cyclone Erica, qui avait été avancé comme la cause principale de dégradation des sites de Montravel. Initialement, le site de Casy était donc moins perturbé que les sites de Montravel. L'accroissement de la diversité observé entre le dernier suivi et les suivis précédents concernaient :

- Les échinodermes : diversité supérieure en oursins: 3 espèces recensées (*Diadema setosum*, *Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
  - Diversité supérieure en bivalves : recensement de *Chama* sp., *Pteria* sp. et *Hytissa* sp., non recensés jusqu'alors.
  - Diversité supérieure en gastéropodes et composition du peuplement différent par rapport aux suivis précédents : 3 espèces recensées (un cone et deux gastéropodes indéterminés) contre aucune à T+1, T+13, T+24 et T+36 mois. Trois espèces recensées à T+18 mois (un strombe, un cone et une porcelaine).

Le Tableau 8 suivi des Figures 21 à 23 présentent l'évolution temporelle de la richesse taxonomique par transect sur les 3 sites de transplantation.

**Tableau 8 : Richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen de taxons par transect ± écart type)**

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	3,2 ± 0,5	3,2 ± 1,0	7,8 ± 0,4
13 mois	1,8 ± 0,5	2,2 ± 0,2	6,0 ± 0,6
13 mois	3,4 ± 0,5	3,6 ± 1,3	8,4 ± 0,4
36 mois	3,4 ± 0,8	3,0 ± 0,7	7,8 ± 0,2
48 mois	7,1 ± 1,1	6,8 ± 1,2	11,6 ± 1,0

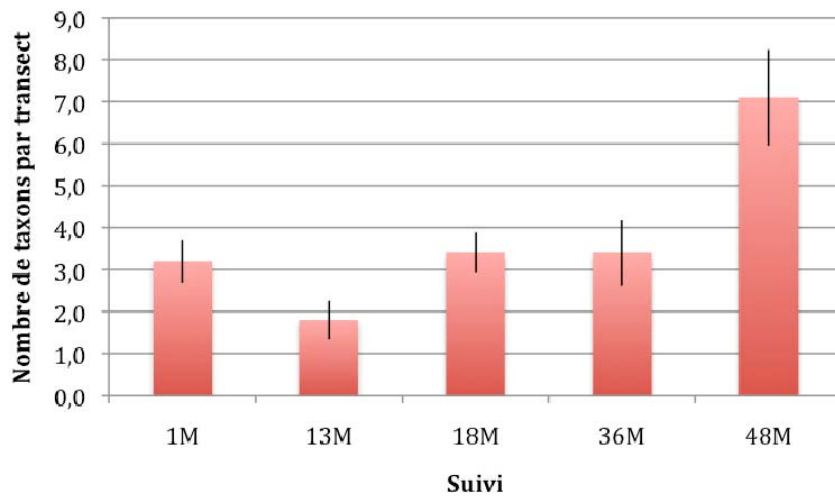


Figure 21 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)

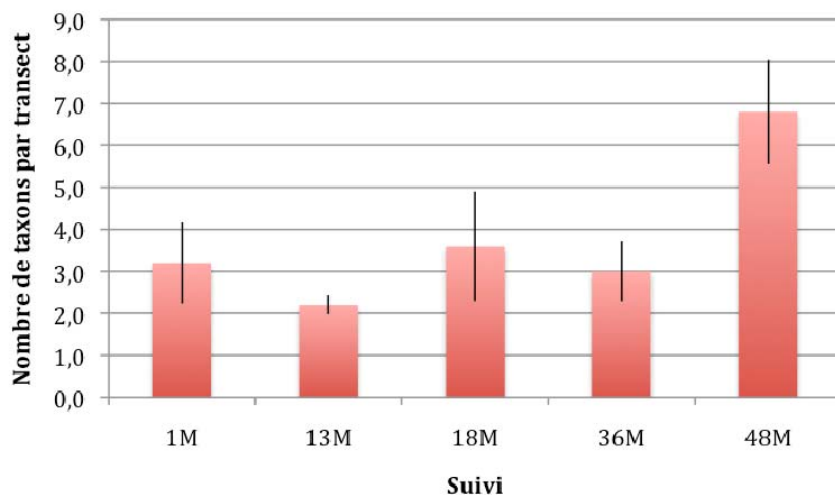


Figure 22 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)

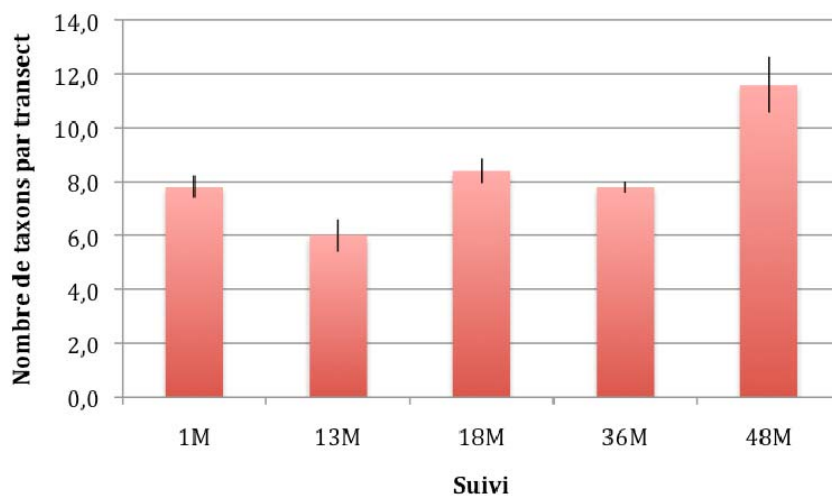


Figure 23 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)

### 4.3.2 Densité totale moyenne

Les densités moyennes relevées sur les sites de transplantation au cours des différents suivis sont regroupées dans le Tableau 9, et représentées graphiquement par les Figures 24 à 26.

**Tableau 9 : Densité totale en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen d'individus/m<sup>2</sup> ± écart type)**

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	0,31 ± 0,07	0,26 ± 0,06	1,48 ± 0,26
13 mois	0,10 ± 0,03	0,25 ± 0,04	0,94 ± 0,12
18 mois	0,20 ± 0,05	0,35 ± 0,18	1,30 ± 0,25
36 mois	0,24 ± 0,05	0,31 ± 0,11	1,51 ± 0,11
48 mois	1,15 ± 0,22	0,93 ± 0,20	2,58 ± 0,47

Comme pour la richesse taxonomique, les sites 1 et 2 présentent des densités en macro-invertébrés similaires, faibles et relativement constantes au cours des 3 premières années de suivi. On observe toutefois une densité totale moyenne plus faible à T+13 mois par rapport au suivi initial (test de Tukey ;  $p \leq 0,01$ ) au niveau du site 1. Lors du dernier suivi (T+48 mois), des densités beaucoup plus élevées ont été relevées : presque 5 fois supérieure aux valeurs obtenues lors du suivi à T+36mois pour le site 1 et 3 fois supérieure pour le site 2. Ces augmentations sont hautement significatives au niveau du site 1 (tests de Tukey ;  $p \leq 0,001$ ) et significatives au niveau du site 2 (tests de Tukey ;  $p \leq 0,05$ ).

Une analyse plus fine de la composition du peuplement permet d'expliquer ces résultats :

Au niveau du site 1 :

- Une abondance très supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,44 oursins/m<sup>2</sup> lors du suivi à T+48mois, contre 0,03-0,21 oursins/m<sup>2</sup> lors des précédents suivis.
- Une abondance très supérieure en bivalves (4 fois supérieure à celle enregistrée lors du suivi à T+3ans), qui s'explique par un nombre légèrement plus important d'arches ventruées (*Arca ventricosa*) : 0,05 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,02 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents ; un accroissement conséquent du nombre de bénitiers (en particulier *Tridacna crocea*) : 0,10 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,04 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents, et d'huîtres *Isognomon isognomon* : 0,14 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,01 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des étoiles de mer (*Celerina heffernani* et *Fromia monilis*), des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), des gastéropodes (*Euplica turturina* et un Muricidae non identifié) et des bivalves (*Chama* sp., *Hyotissa* sp. et *Saccostrea cucullata*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes sont comprises entre 0,004 et 0,24 ind/m<sup>2</sup>), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 1.

## Au niveau du site 2 :

- Une abondance supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,34 oursins/m<sup>2</sup> lors du suivi à T+48mois, contre 0,05-0,10 oursins/m<sup>2</sup> lors des précédents suivis. L'abondance des échinidés a quadruplé par rapport aux suivis précédents.
- Une abondance très supérieure en bivalves (3 fois supérieure à celle enregistrée lors du suivi à T+36 mois), qui s'explique par une abondance beaucoup plus importante en arches ventruées (*Arca ventricosa*) : 0,21 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,12 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), des gastéropodes (une espèce de cone non identifiée), et des bivalves (*Chama* sp. et *Tridacna derasa*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes étant comprise entre 0,01 et 0,06 ind/m<sup>2</sup>), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 2.

## Au niveau du site 3 :

- Une abondance supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,59 oursins/m<sup>2</sup> lors du suivi à T+48mois, contre 0,19-0,41 oursins/m<sup>2</sup> lors des précédents suivis. L'abondance en échinidés totale a doublé par rapport aux suivis précédents.
- Une abondance doublement supérieure en bivalves, qui s'explique par un nombre plus important d'arches ventruées (*Arca ventricosa*) : 0,89 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,66 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents ; de binitiers (en particulier *Tridacna crocea*) : 0,07 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,02 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents ; et du pectinidé *Pedum spondyloideum* : 0,13 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,05 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- Une abondance supérieure en étoiles de mer marbrées (*Fromia monilis*) : 0,03 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,01 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents.
- Une abondance supérieure en cônes : 0,03 ind/m<sup>2</sup> contre 0-0,01 ind/m<sup>2</sup> lors des suivis précédents.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), et des bivalves (*Chama*, *Hytissa* et *Pteria*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes sont comprises entre 0,01 et 0,02 ind/m<sup>2</sup>), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 3.

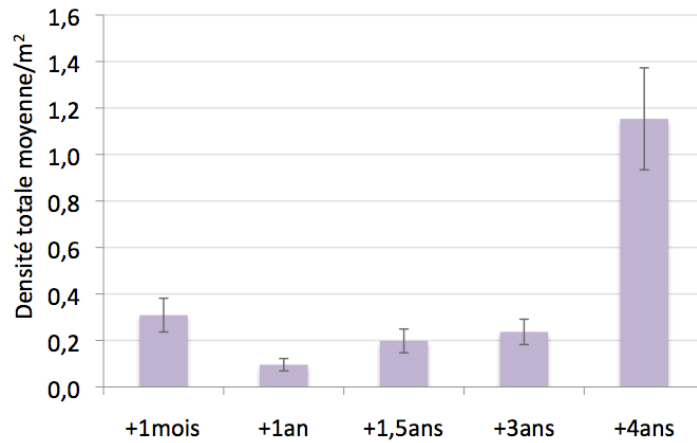


Figure 24 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)

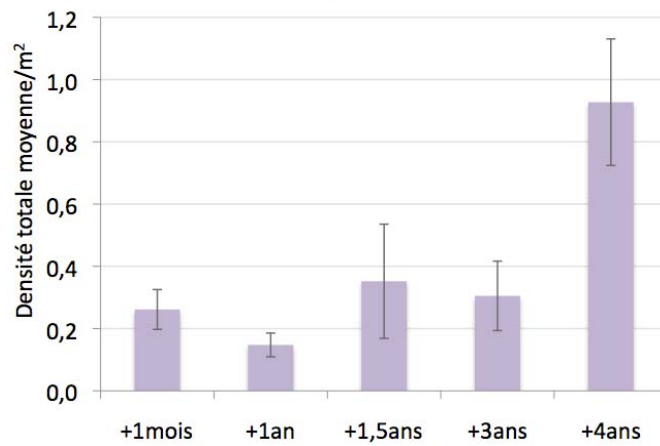


Figure 25 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)

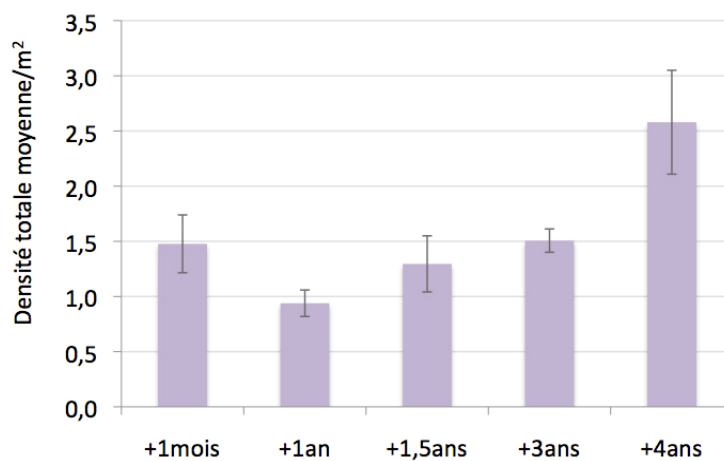


Figure 26 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)

### 4.3.3 La composition du peuplement

Aucune espèce exogène à la Nouvelle-Calédonie n'a été recensée à ce jour sur les sites de transplantation. Le Tableau 10 liste les espèces recensées au cours des différents suivis, les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante (somme des abondances pour chaque espèce au cours des 54 mois de suivi).

**Tableau 10 : Liste des espèces recensées sur les sites de restauration**

Site 1	Site 2	Site 3
<i>Diadema setosum</i>	<i>Diadema setosum</i>	<i>Arca ventricosa</i>
<i>Euplica turturina</i> <sup>2</sup>	<i>Arca ventricosa</i>	<i>Diadema setosum</i>
<i>Isognomon isognomon</i>	<i>Isognomon isognomon</i>	<i>Isognomon isognomon</i>
<i>Tridacna crocea</i>	<i>Holothuria edulis</i>	<i>Holothuria edulis</i>
<i>Arca ventricosa</i>	<i>Tridacna crocea</i>	<i>Holothuria coluber</i>
<i>Holothuria edulis</i>	Crinoïde ind.	<i>Spondylus</i> sp.
<i>Nardoa gomophia</i>	<i>Euplica turturina</i>	<i>Tridacna</i> sp.
<i>Hytissa</i> sp.	<i>Tridacna</i> sp.	<i>Pedum spondyloideum</i>
<i>Spondylus</i> sp.	<i>Echinometra mathaei</i>	<i>Holothuria atra</i>
<i>Tridacna squamosa</i>	<i>Nardoa gomophia</i>	<i>Tridacna crocea</i>
<i>Chama</i> sp.	<i>Sabella</i> sp.	<i>Tridacna maxima</i>
<i>Echinotrix diadema</i>	<i>Atrina vexillum</i>	<i>Nardoa gomophia</i>
<i>Tridacna maxima</i>	<i>Pedum spondyloideum</i>	<i>Culcita novaguinea</i>
<i>Spirobranchus giganteus</i>	<i>Conus</i> sp.	<i>Spirobranchus giganteus</i>
<i>Pedum spondyloideum</i>	<i>Holothuria fuscopunctata</i>	<i>Conus</i> sp.
<i>Saccostrea cucullata</i>	<i>Tridacna maxima</i>	<i>Echinometra mathaei</i>
<i>Atrina vexillum</i>	<i>Tridacna squamosa</i>	<i>Fromia monilis</i>
<i>Drupella cornus</i>	<i>Lambis truncata</i>	Asteride ind.
<i>Echinometra mathaei</i>	<i>Cypraea</i> sp.	<i>Atrina vexillum</i>
<i>Tridacna</i> sp.	<i>Chomodoris</i> sp.	<i>Sabella</i> sp.
<i>Bohadschia argus</i>	<i>Spirobranchus giganteus</i>	<i>Pteria</i> sp.
<i>Fromia monilis</i>	<i>Spondylus</i> sp.	<i>Strombus</i> sp.
<i>Pteria</i> sp.	<i>Bohadschia argus</i>	<i>Acanthaster planci</i>
<i>Sabella</i> sp.		<i>Tridacna derasa</i>
<i>Trochus niloticus</i>		<i>Hytissa</i> sp.
<i>Celerina heffernani</i>		<i>Holothuria fuscopunctata</i>
Muricidae		<i>Chama</i> sp.
<i>Holothuria atra</i>		<i>Stichopus hermanni</i>
<i>Ophiotrix</i> sp.		<i>Echinotrix diadema</i>
		<i>Cypraea</i> sp.

Au niveau du site 1, le peuplement est largement dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente entre 34 et 65% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries roses (*Holothuria edulis*), qui représentent 2 à 10% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés,

<sup>2</sup> *Euplica turturina* n'a été recensée qu'au cours du dernier suivi, elle représentait alors près d'un quart de l'abondance totale des macro-invertébrés comptabilisés sur le site 1.

notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 3 à 10% de l'abondance totale, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 2 à 13% de l'abondance totale et les bécards : 3-21% de l'abondance totale. Les bécards ont vu leur nombre croître fortement au cours des 2 derniers suivis : 12 individus étaient recensés à T+3ans, et 28 individus à T+4ans.

Au niveau du site 2, le peuplement est également dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente à elle seule entre 30 et 40% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries roses (*Holothuria edulis*), qui représentent 1 à 11% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés, notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 0 à 38% de l'abondance totale en macro-invertébrés, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 0 à 24% de l'abondance totale et les bécards : 0-44% de l'abondance totale. Les bécards ont présenté une abondance maximale à T+1an avec 8 individus recensés.

Au niveau du site 3, le peuplement est encore dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente entre 14 et 43% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries (*Holothuria edulis*, *H. atra*, *H. coluber*), qui représentent 12 à 32% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés, notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 0 à 34% de l'abondance totale en macro-invertébrés, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 0 à 27% de l'abondance totale et les bécards : 0-22% de l'abondance totale. Les bécards ont présenté une abondance maximale à T+1an avec 34 individus recensés.

#### 4.4 Colonisation des sites par les poissons

Seules 3 familles de poissons ont été prises en compte dans nos comptages, il s'agit des Pomacentridae (poissons demoiselles), des Chaetodontidae (poissons papillons) et le poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris* ; famille : Monacanthidae). Les abondances totales par famille de poissons cibles sur les secteurs transplantés et témoins, au cours des suivis à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois sont présentées dans le Tableau 11 et illustrés par les Figures 27 à 29.

**Tableau 11** : Abondance totale des poissons ciblés recensés sur les secteurs transplantés et témoins, à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois après transplantation

Secteur	T+13 mois		T+24 mois		T+36 mois		T+48 mois		
	Transplanté	Témoin	Transplanté	Témoin	Transplanté	Témoin	Transplanté	Témoin	
Site 1	Total Chaetodontidae	6	3	4	3	9	5	7	11
	Total Monacanthidae	0	0	0	0	1	3	2	0
	Total Pomacentridae	564	437	419	202	516	222	598	446
	<b>Abondance totale</b>	<b>570</b>	<b>440</b>	<b>423</b>	<b>205</b>	<b>526</b>	<b>230</b>	<b>607</b>	<b>457</b>
Site 2	Total Chaetodontidae	8	1	2	0	10	1	8	4
	Total Monacanthidae	0	0	1	0	1	5	2	0
	Total Pomacentridae	294	0	333	82	361	199	248	191
	<b>Abondance totale</b>	<b>302</b>	<b>1</b>	<b>336</b>	<b>82</b>	<b>372</b>	<b>205</b>	<b>258</b>	<b>195</b>
Site 3	Total Chaetodontidae	4	1	2	0	2	1	1	1
	Total Monacanthidae	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Pomacentridae	423	151	200	72	394	237	332	169
	<b>Abondance totale</b>	<b>427</b>	<b>152</b>	<b>202</b>	<b>72</b>	<b>396</b>	<b>238</b>	<b>333</b>	<b>170</b>

A la lecture de ce tableau nous pouvons constater que la famille des Pomacentridae est la mieux représentée sur l'ensemble des poissons cibles, résultat en accord avec ce qui est communément observé sur les récifs peu profonds de Nouvelle-Calédonie. En termes d'abondance, les poissons demoiselles représentent 95 à 100% de l'ensemble des espèces observées tandis que les poissons papillons et les poissons limes se partagent les 1 à 5% restant selon les sites de comptage considérés. Les poissons demoiselles sont majoritairement des omnivores. Ils nagent bien au-dessus du fond pour se nourrir de petits animaux planctoniques ou d'algues et retournent sur le récif pour y trouver un abri.

Les Figures 27 à 29 (en page suivante) montrent que l'abondance totale des poissons cibles est toujours supérieure sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, quel que soit le site considéré. En fournissant abri et nourriture l'ajout de colonies coralliennes, branchues et tabulaires en particulier, a probablement entraîné une attraction des populations de poissons papillons, poissons demoiselles et poissons limes arlequins sur les sites de restauration. Toutefois en l'absence de données sur le recouvrement en corail sur les zones témoins, il est impossible de valider cette hypothèse. On remarque enfin que les tendances interannuelles (augmentation ou diminution) entre les secteurs témoins et transplantés sont identiques sur les 3 sites, semblant indiquer un contrôle indépendant du facteur « transplantation ».

Les analyses statistiques réalisées montrent toutefois :

- qu'il n'y a pas de différences significatives dans l'abondance totale des poissons cibles entre les sites témoins et transplantés ;
- qu'il n'y a pas d'évolution temporelle significative de ces abondances.



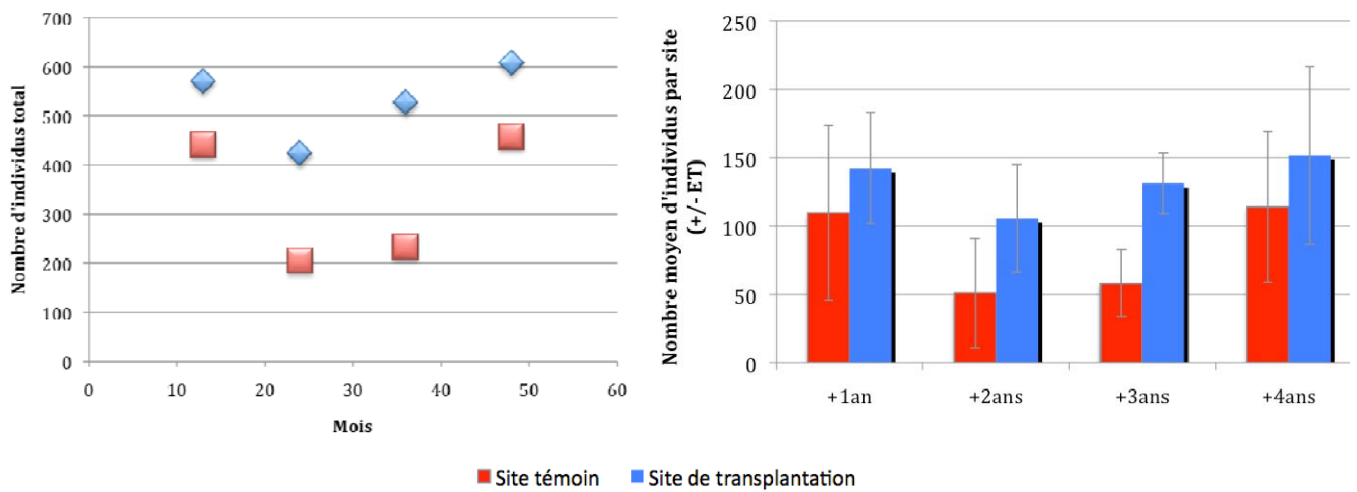


Figure 27 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 1 au cours des 54 mois de suivi

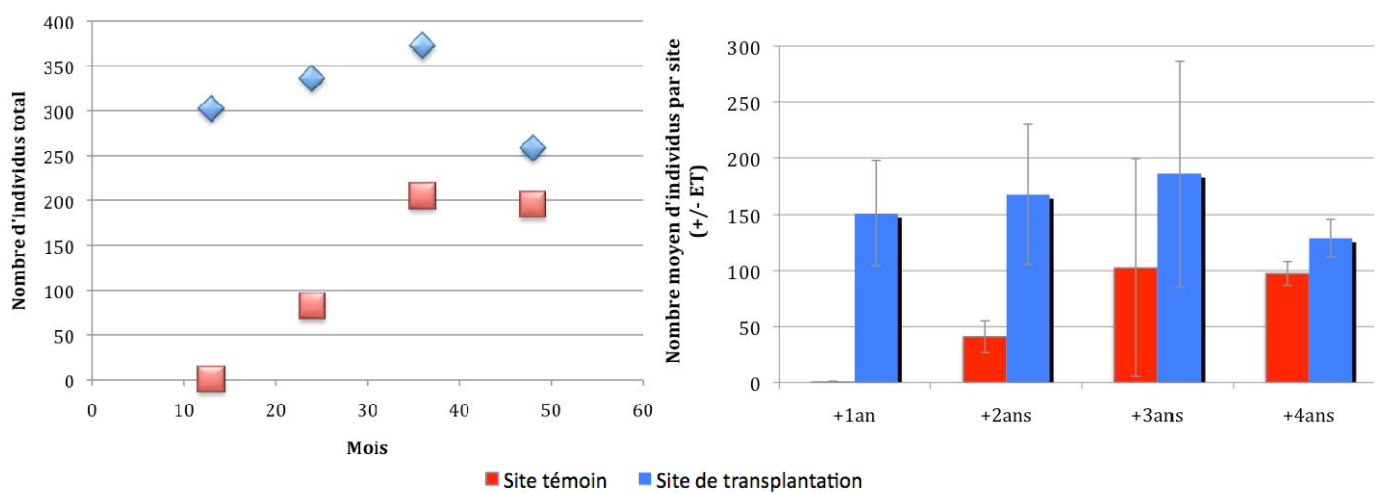


Figure 28 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 2 au cours des 54 mois de suivi

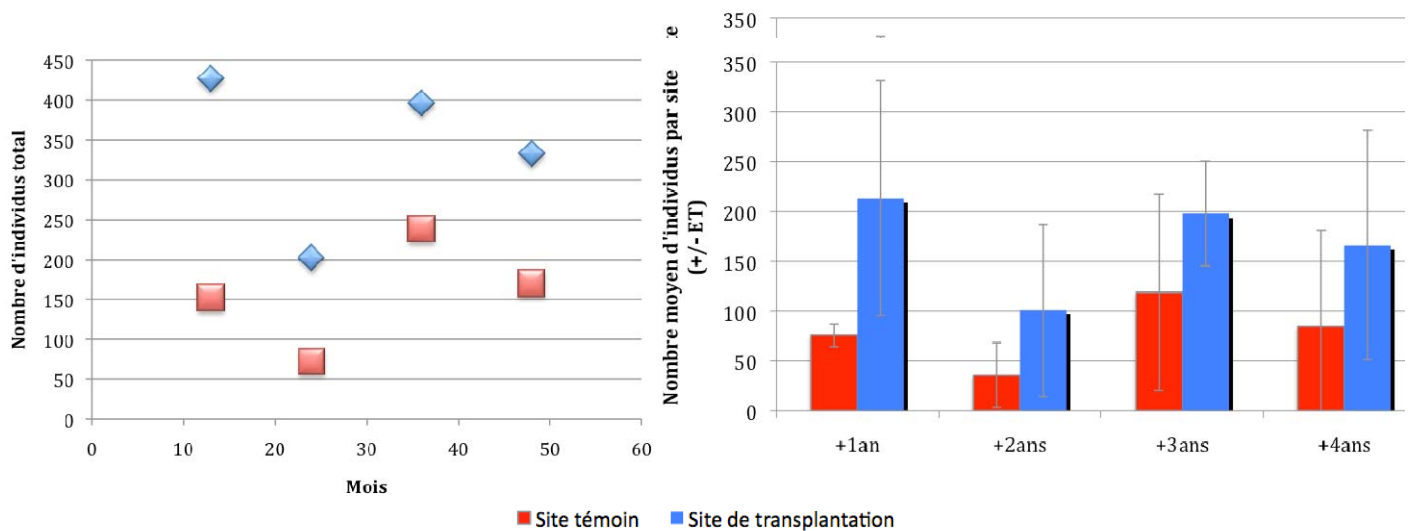


Figure 29 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 3 au cours des 54 mois de suivi

Le Tableau 12 liste les principales espèces de poissons recensées sur les 3 sites de transplantation et 3 sites témoins, classées par ordre d'abondance décroissante.

**Tableau 12 : Liste des 10 espèces de poissons les plus abondantes, recensées sur les secteurs de transplantation et témoins ; les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante**

Site 1			
Transplantation		Témoin	
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>
<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
Site 2			
Transplantation		Témoin	
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>	<i>Abudefduf</i>	<i>whitleyi</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>
Site 3			
Transplantation		Témoin	
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>

Quatre espèces dominent largement le peuplement, il s'agit de *Pomacentrus aurifrons*, *Chromis viridis*, *Dascyllus aruanus* et *Pomacentrus moluccensis* au niveau des sites 1 et 2 ; et *Pomacentrus aurifrons*, *Chromis viridis*, *Dascyllus aruanus* et *Neopomacentrus azysron* au niveau du site 3. Ces espèces représentent à elles seules 80 à 90% de l'abondance totale en poissons

cibles. Ces espèces de bas niveau trophique dominent généralement les peuplements de nouvelle calédonie (Kulbicki, 1988). Elles sont typiquement rencontrées sur des récifs peu profonds (<-12m) et abrités. Elles y trouvent refuge dans les espaces entre les branches des coraux. En émettant l'hypothèse probable que les sites transplantés et témoins présentaient au départ les mêmes structures et communautés coralliennes, l'abondance très supérieure de ces espèces sur les sites transplantés semble donc indiquer un effet attracteur des coraux transplantés (majoritairement de formes branchues et tabulaires). Cette tendance s'est vérifiée dès le premier suivi (à T+13 mois) indiquant une colonisation rapide par ces espèces, attirées par l'ajout de transplants coralliens tridimensionnels.

Toutefois il est important de rappeler qu'aucune donnée sur la complexité du récif ou de taux de recouvrement corallien vivant n'ayant été relevée sur les sites de comptage des poissons, les tendances observées ne permettent donc pas de conclure de manière certaine à un effet de la transplantation sur les communautés de poissons, lié à l'apport de complexité, de nourriture et d'habitat par les transplants.



Figure 30 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau des sites 1 et 2

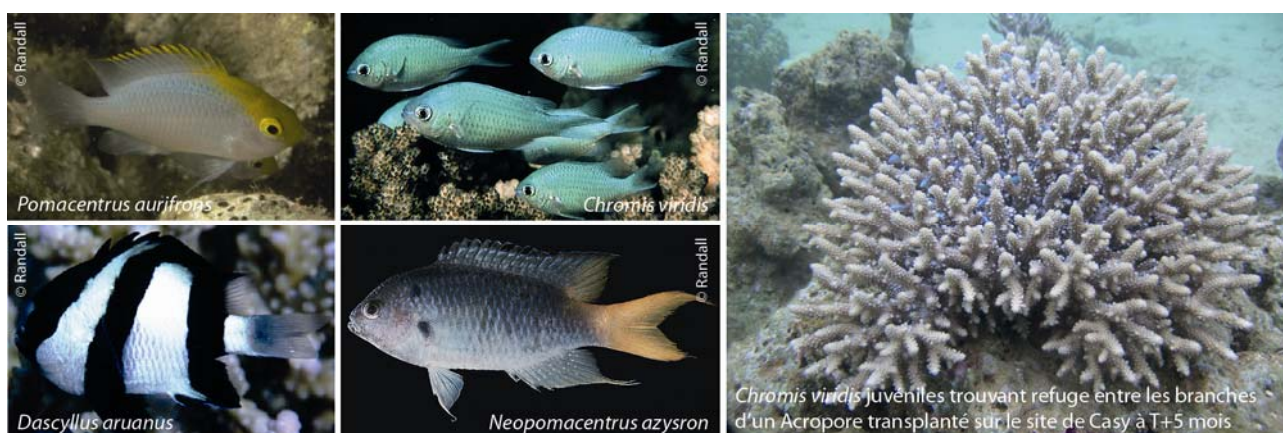


Figure 31 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau du site 3

La plupart des espèces de poissons papillons se nourrissent de coraux durs ainsi la présence de ces espèces, et leur distribution spatiale a souvent été corrélée avec la couverture corallienne vivante (Pratchett *et al.*, 2008), Le Tableau 13 ci dessous liste les espèces de poissons papillons recensées au cours des 54 mois de suivi, en présentant leurs régimes alimentaires (tiré de Pratchett, 2005), et les abondances relevées au cours des différents suivis, sur les secteurs transplantés et témoins. Seuls les poissons papillons corallivores stricts ou se nourrissant majoritairement de coraux vivants sont pris en compte dans l'analyse des tendances observées. Ainsi les espèces suivantes ont été écartées : *Chaetodon auriga*, *C. ephippium*, *C. lineolatus* et *C. vagabundus*, se nourrissant majoritairement de proies non coralliennes.

**Tableau 13 : Espèces de poissons papillons corallivores recensées sur les secteurs transplantés (TR) et témoins (TE) au cours des différents suivis. Les zones grisées correspondent aux données qui semblent valider la présence en abondance supérieure des poissons corallivores sur les zones transplantées par rapport aux zones témoins.**

	Genre	Espèce	Régime alimentaire	T+1an		T+2ans		T+3ans		T+4ans	
				TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR
Site 1	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	Majoritairement corallivore			1	1				
	<i>Chaetodon</i>	<i>melanotus</i>	Majoritairement corallivore					1			
	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>	Majoritairement corallivore		1					1	
	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore	1							1
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	Corallivore strict						3	2	2
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	Corallivore strict	1	1		1		2	2	2
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict			1	1	1	3	3	2
			<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
Site 2	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	Majoritairement corallivore				1				
	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore		2						
	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>	Majoritairement corallivore		1						
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	Corallivore strict					2		1	
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	Corallivore strict	1	2		1		6		6
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict		3			1	2	2	
	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>	Corallivore strict								1
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	
Site 3	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore		1						
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict					1	1	1	
		<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Bien qu'il soit délicat de conclure en l'absence de données de recouvrement corallien au niveau des zones témoins et vu la faible abondance des poissons papillons observée, il semble que :

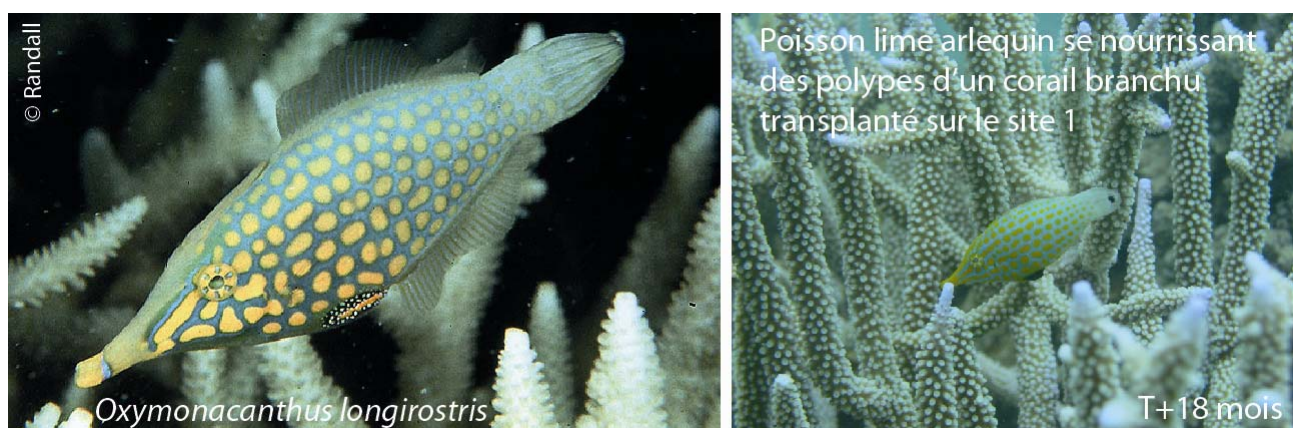
- Il n'y a pas de tendance particulière sur les sites 1 et 3, hormis lors du suivi à T+3ans sur le site 1 où l'on observe un peuplement uniquement composé de corallivores stricts et plus abondant sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins.
- Un effet apparaît au niveau du site 2, avec une abondance en corallivores plus importante sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, et ce au cours des 4 années de suivi.

Ces données restent toutefois à prendre avec précaution et demanderaient quelques investigations complémentaires.



**Figure 32 : Poissons papillons les plus communément rencontrés au niveau des sites de comptage**

Le poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris*, Figure 33) est plutôt rare sur les sites témoins et restaurés. Cette espèce est un corallivore strict qui se nourrit généralement de colonies du genre *Acropora*, sur des récifs relativement abrités et peu profonds (<-30m) (Randall, 2005). L'analyse des données collectées ne permet pas de mettre en évidence une quelconque tendance.



**Figure 33 : Poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris*)**

## 5 SYNTHÈSE DES RESULTATS

	Surface du site transplantation	Nombre de transplants	Nombre de Transects pour le suivi	% de recouvrement moyen en Corail vivant				% de survie moyen des transplants			Nombre moyen annuel de coraux juvéniles/100m <sup>2</sup>
				T=0	T= 1 mois	T= 4 ans	Croissance annuelle moyenne (§ 4.2.2)	T=1 mois	T= 24 mois	T=54 mois	Moyenne sur 5 années
Site 1 (Montravel abrité)	1000 m <sup>2</sup>	832	10	4%	14,4%	27,90%	3%	94,8%	89,0%	89,0%	54
Site 2 (Montravel exposé)	600 m <sup>2</sup>	615	5	5%	13,0%	31,70%	3,10%	90,2%	91,0%	89,0%	32
Site 3 (Casy)	400 m <sup>2</sup>	315	5	11%	17,0%	22,90%	<<1%	65,5%	45,0%		9

Presque 5 ans après transplantation, les résultats obtenus illustrent le succès global de l'opération de transplantation en baie de Prony (voir illustrations sur planches photographiques par site en annexe). D'un point de vue technique les méthodes de transplantation appliquées dans le cadre de ce projet ont montré leur efficacité et la pertinence de leur choix. Un total de 1762 colonies coralliennes a été prélevé et transplanté sur trois sites de la Baie de Prony.

Le choix des sites de transplantation est un facteur essentiel dans la réussite des opérations comme le montre les résultats qui diffèrent entre les sites. Les deux sites présents au niveau de l'île de Montravel montrent un excellent taux de survie de près 90% à 24 mois, taux stabilisé jusqu'à la fin du suivi. Le site de Casy présente lui un taux de mortalité plus important avec un taux survie nettement moins bon de 50% après 30 mois de suivi.

Les conditions environnementales présentes sur les sites de transplantation sont probablement à l'origine de différences observées. Plusieurs raisons expliquent les différences dans le succès de l'opération sur le site de Casy :

- Les récifs frangeants du site d'accueil présentaient des eaux beaucoup plus claires que celles du site de prélèvement. Cela a pu induire un stress supplémentaire aux coraux lié à une plus forte irradiance et expliquer un plus fort taux de mortalité durant la phase d'acclimatation ;
- Un plus faible hydrodynamisme nécessaire à l'alimentation des polypes et leur oxygénation;
- Une prédation par deux espèces de la classe des *asteroidae* : l'étoile de mer coussin (*Culcita novaguinea*) et l'étoile de mer épineuse (*Acanthaster planci*). Lors du premier mois après transplantation nous avons en effet mesuré une dégradation (mortalité ou nécroses) de plus d'un tiers des transplants, une stabilisation de ce phénomène pendant quelques mois, puis à nouveau une forte augmentation des taux de mortalité et de nécroses touchant plus de la moitié des transplants 9 mois.

Le taux de survie des transplants est souvent considéré comme un indicateur dans la réussite des projets de transplantation. Par comparaison avec d'autres projets similaires menés de part le monde, la transplantation des coraux du port de Vale NC s'inscrit comme une réussite. Nos résultats montrent qu'il est possible de transplanter des coraux d'un récif frangeant de fond de baie vers un récif frangeant sous influence plus océanique.

Depuis 2006, le recouvrement corallien vivant est en constante augmentation sur les trois sites de transplantation, avec un accroissement plus important sur les sites de la presqu'île de Montravel. Une approche simplifiée par régression linéaire nous a permis d'estimer l'évolution du taux annuel d'accroissement de recouvrement qui est de 1% sur le site de Casy et de 3% sur les sites de Montravel. Cette augmentation est une subtile combinaison liée à la dynamique des populations entre les colonies transplantées, celles déjà présentes et celles nouvellement recrutées.

Outre la croissance et la survie des transplants, on a pu observer lors de chaque suivi sur les sites de Montravel la présence de nombreuses recrues coralliennes (visibles à l'œil nu et dont le diamètre est inférieur à 3cm) et de colonies dites « juvéniles » (dont le diamètre est compris entre 3 et 20cm) principalement de la famille des Acroporidae, indiquant que les portions de récif restaurées sont en bonne santé et équilibrées : de nouvelles larves s'y installent régulièrement et y croissent. Le site de Casy présente toutefois un plus faible nombre de recrues coralliennes. Le site de Casy semble donc s'inscrire dans une dynamique corallienne différente où la croissance et le recrutement sont plus faibles. Ce constat est probablement en rapport avec

- une plus faible occurrence de substrats durs favorables à la fixation ;
- une activité de prédation par broutage plus intense notamment par les échinodermes plus abondants ;
- un taux de sédimentation plus important ;

- une localisation sur une zone où l'hydrodynamisme est moins important et qui peut induire une plus faible connectivité avec les zones sources de larves.

L'effet de la transplantation sur les communautés de macro-invertébrés benthiques et populations de poissons est difficilement mesurable du fait de l'absence de suivi des communautés coralliennes et des macro-invertébrés au niveau de sites témoins. L'assemblage des espèces de macro-invertébrés benthiques est dominé par les échinodermes : les oursins diadèmes en particulier mais également les holothuries. Les bivalves sont bien représentés : arches ventrues, huîtres *Isognomon isognomon* et bénitiers occupent une part importante de la communauté macro-benthique des sites transplantés. Cet assemblage a présenté une relative stabilité de 2005 à 2009 (36 mois) puis un accroissement important lors du dernier suivi, tant en termes de diversité que d'abondance. Une très forte augmentation de l'abondance en oursins a été constatée, sur les trois sites. Elle est probablement liée à une variation naturelle du recrutement (larves pélagiques) dont l'origine est une combinaison de variables environnementales (à différentes échelles) difficile à cerner sans étude spécifique et dédiée. L'augmentation du nombre est relative puisqu'en termes de densité on reste à des niveaux de population faible ( $\ll 1/m^2$ ). Les oursins jouent un rôle majeur dans l'équilibre dynamique des récifs coralliens et leur bonne santé en limitant la croissance algale et en favorisant la disponibilité de substrats de recrutement pour les coraux. Les bénitiers ont vu leur nombre croître fortement au cours des 2 derniers suivis sur le site 1: 12 individus étaient recensés à T+3ans, et 28 individus à T+4ans.

L'abondance en poissons cibles est toujours supérieure sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, quel que soit le site considéré. En fournissant abri et nourriture l'ajout de colonies coralliennes, branchues et tabulaires en particulier, a probablement entraîné une attraction des populations de poissons papillons, poissons demoiselles et poissons limes arlequins sur les sites de restauration. Toutefois en l'absence de données sur le recouvrement en corail sur les zones témoins, il est impossible de valider cette hypothèse. On remarque enfin que les tendances interannuelles (augmentation ou diminution) entre les secteurs témoins et transplantés sont identiques semblant indiquer un contrôle indépendant du facteur « transplantation ».



## BIBLIOGRAPHIE

- Adjeroud M, Fernandez JM, Carroll AG, Harrison PL & Penin L (2010). Spatial patterns and recruitment processes of coral assemblages among contrasting environmental conditions in the south western lagoon of New Caledonia. *Mar. Poll. Bull.* 61 : 375-386.
- Alcala AC, Gomez E & Alcala LC (1982). Survival and growth of coral transplants in Central Philippines. *Kalikasan Philipp. J. Biol.* 11(1): 136-147.
- Auberson B (1982). Coral transplantation : an approach to the reestablishment of damaged reefs. *Kalikasan Philipp. J. Biol.* 11(1): 158-172.
- Bak RPM and Luckhurst BE (1980). Constancy and change in coral reef habitats along depth gradients at Curacao. *Oecologia*. Vol. 47(2): 145-155.
- Berumen ML & Pratchett MS (2006). Effects of resource availability on the competitive behaviour of butterflyfishes (Chaetodontidae). *Proc. 10th Int. Coral Reef Sympo.* pp 644-650.
- Bouchon C, Jaubert J & Bouchon-Navaro Y (1981). Evolution of a semi-artificial reef built by transplanting coral heads. *Tethys*. 10: 173-176.
- Chabanet P & Naim O (2001). Restauration mixte d'un récif détruit par le passage d'un cyclone. Programme de recherche « Recréer la nature ».
- Clark S & Edwards AJ (1995). Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs*. 14: 201-213.
- Edwards AJ (2010). Reef Rehabilitation Manual. *Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program*: St Lucia, Australia. ii+166 pp.
- Edwards AJ & Clark S (1998). Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Mar. Poll. Bull.* 37: 8-12.
- English SA, Wilkinson CR & Baker VJ (1997). Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Harriott VJ (1985). Mortality rates of scleractinian corals before and during a mass bleaching event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 21: 81-88.
- Harriott VJ & Fisk DA (1988). Coral transplantation as a reef management option. . *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.* 2: 375-379.
- Kojis BL & Quinn NJ (2001). The importance of regional differences in hard coral recruitment rates for determining the need for coral restoration. *Bull. Mar. Sci.* 69: 967-974.
- Morancy R, Job S & Thomassin B (2005). Transplantation des coraux du port de Longoni et suivi de l'opération. Rapport technique. Carex Environnement.
- Munoz-Chagin RF (1997). Coral transplantation program in the Paraiso Coral Reef, Cozumel Island, Mexico. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 2: 2075-2078.
- Ortiz-Prosper AL, Bowden-Kerby A, Ruiz H, Tirado O, Caban A, Sanchez G, Crespo JC (2001). Planting small massive corals on small artificial concrete reefs or Dead coral heads. *Bull. Mar. Sci.* 69: 1047-1051.
- Permetta JC (1993). Monitoring coral reefs for global change. IUCN. ISBN 2-8317-0117-1. 76p.
- Plucer-Rosario GP & Randall RH (1987). Coral transplantation. *Bull. Mar. Sci.* 41: 586-593.

Pratchett MS (2005). Dietary overlap among coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae) at Lizard Island, northern Great Barrier Reef. *Mar. Biol.* 148:373-382.

Pratchett MS, Munday PL, Wilson SK, Graham NAJ, Cinner JE, Belwood DR, Jones GP, Polunin NVC & McClanahan TR (2008). Effects of climate-induced coral bleaching on coral reef fishes – Ecological and economic conséquences. *Oceanography and Marine Biology: An annual review.* 46: 251-296.

Randall JE (2005). Reef and shore fishes of the South Pacific : New Caledonia and the Pitcairn Islands. University of Hawai'i Press, Honolulu.

Richmond RH & Hunter CL (1990). Reproduction and recruitment of corals: comparisons among Caribbean, the tropical Pacific and the Red Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60: 185-203.

Salvat B, Chancerelle Y, Schrimm M, Morancy R & Porcher M (2002). Restauration d'une zone corallienne dégradée et implantation d'un jardin corallien. *Rev. Ecol. Supp.* 9: 81-96.

Thornton SL, Dodge RE, Gilliam DS, DeVictor, Cooke P (2002). Success and growth of corals transplanted to cement Armor mat tiles in SE Florida: implications for reef restoration. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.* 2: 955-962.

## ANNEXES

### Planches photographiques :

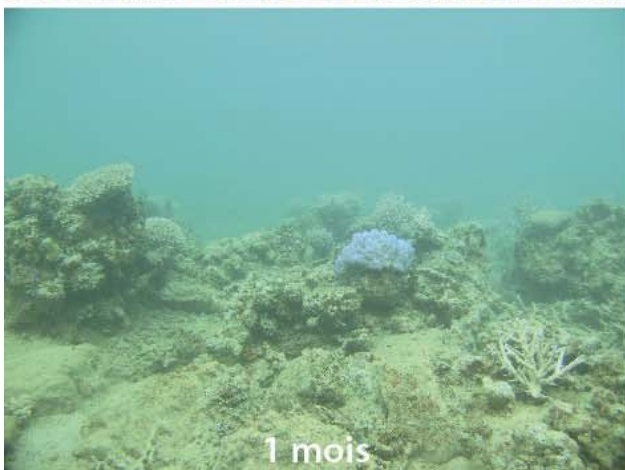
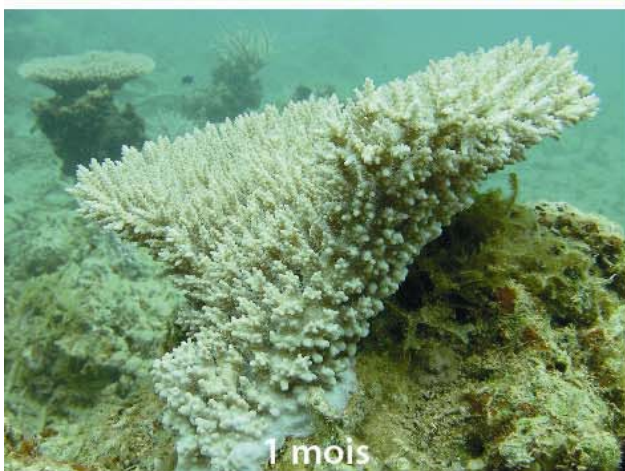
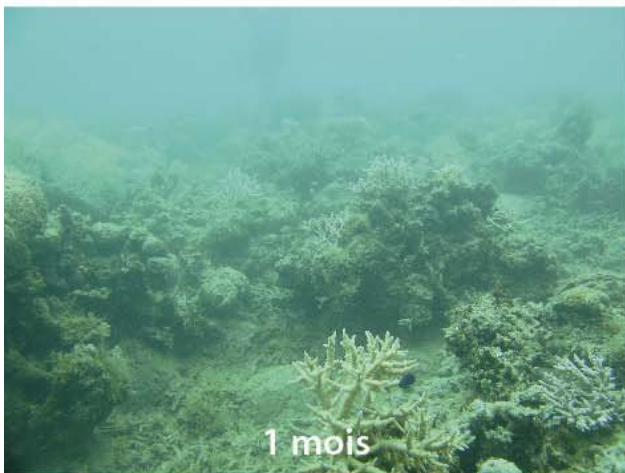
- Planches 1 & 2 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (site 1)
- Planche 3 : Aspect des fonds sur le site de Montravel exposé (site 2)
- Planche 4 : Aspect des fonds sur le site de Casy (site 3)

*Remarque sur les planches photographiques : des comparaisons sont présentées entre le suivi initial (T+1 mois) et le suivi final (T+54 mois) sur les sites 1 et 2, les photos n'ont pas toujours été prises avec le même angle, cependant elles ont été prises sur le même secteur de transplantation.*

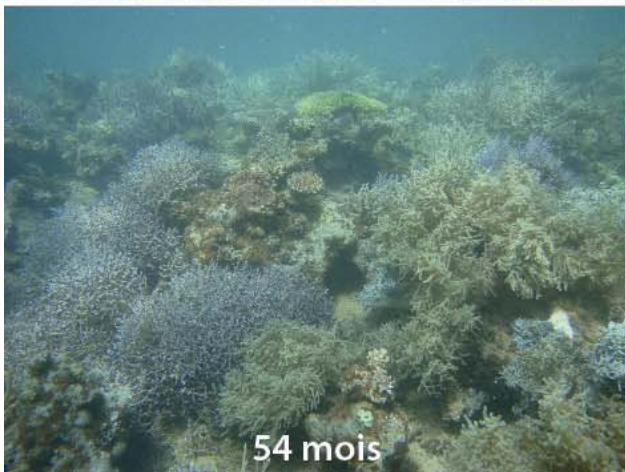
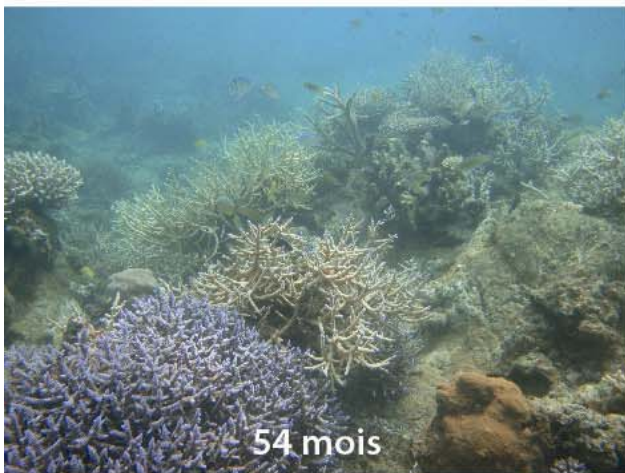
### Tableaux de synthèse des données sur l'ensemble des suivis :

- Données sur les macro-invertébrés par espèce
- Données sur les macro-invertébrés par groupe taxonomique
- Données sur les poissons cibles par famille
- Données sur les poissons cibles par espèces

**Planche 1 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (Site 1)**



### Planche 2 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (Site 1)



**Planche 3 : Aspect des fonds sur le site de Montravel exposé (Site 2)**

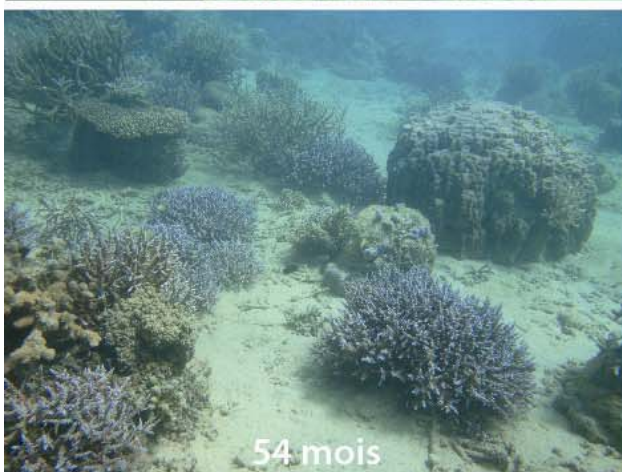
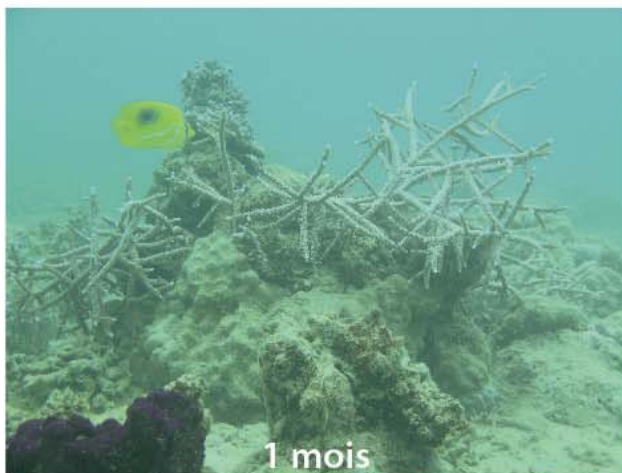


Planche 4 : Aspect des fonds sur le site de Casy (Site 3) à T+54 mois







Densité en macro-invertébrés (nombre d'individus par m<sup>2</sup>) par taxons

SITE	Sous-groupe	T+1mois										T+1an										T+1,5ans										T+3ans										T+4ans											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SITE 1	Astérides	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0,06	0,06	0,03	0,12	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Bivalves	0	0,05	0,03	0,11	0,09	0,09	0	0	0,05	0	0	0	0,21	0	0,08	0,05	0	0,03	0	0	0,19	0	0,03	0	0	0	0,04	0,08	0,07	0	0,11	0,17	0,07	0,18	0,09	0,22	0	0	0,14	0,07	0,14	0,3	0,53	0,2	0,4	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3		
	Crinoïdes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,03	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		
	Echinides	0,2	0,11	0,07	0,22	0,14	0,27	0,19	0,1	0,53	0,25	0,07	0,05	0	0	0,04	0	0,07	0,03	0,08	0	0,13	0,12	0,15	0,03	0,06	0	0,09	0,04	0,03	0	0,08	0,14	0,1	0,11	0	0,09	0	0,18	0,17	0,18	0,28	0,36	0,33	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6		
	Gastéropodes	0	0	0	0,04	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,7	
	Holothurides	0	0	0,03	0,04	0,05	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0	0	0,03	0	0,03	0,03	0,03	0,05	0	0	0	0,04	0,03	0,03	0	0,04	0	0,04	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
	Nudibranches	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	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	
	Ophiurides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sabellides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Serpulides	0	0	0,03	0	0	0	0	0,1	0	0,05	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SITE 2	Astérides	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0					0	0,08	0,03	0,03	0						0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0							
	Bivalves	0	0	0,13	0,09	0,35					0,14	0,13	0,03	0	0						0	0	0,71	0							0,41	0,09	0,23	0,04	0						0,29	0,89	0,19	0,3	0,2								
	Crinoïdes	0	0	0,03	0,03	0					0	0	0	0	0						0	0	0,03	0,05							0	0	0,03	0	0						0,05	0,03	0	0	0								
	Echinides	0	0,2	0,09	0,06	0,1					0	0	0,03	0,04	0,18						0	0,12	0,2	0,15	0,05						0	0,25	0,2	0,05							0,29	0,37	0,29	0,3	0,6								
	Gastéropodes	0	0	0	0,03	0					0	0	0	0,04	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0,06	0,06	0	0,2								
	Holothurides	0	0	0	0,06	0					0	0	0	0,04	0,09						0,05	0,08	0	0,06	0,05						0	0	0,13	0,04	0						0,1	0	0	0	0								
	Nudibranches	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0,04	0						0	0	0	0	0								
	Sabellides	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0,03	0	0,1								
	Serpulides	0	0	0,03	0	0					0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0								
	SITE 3	Astérides	0,1	0,07	0,06	0,03	0,03					0	0	0,03	0,03	0,03						0	0	0,18	0,06	0,03						0,04	0	0	0	0						0,04	0,03	0,1	0	0							
Bivalves		0,5	0,8	0,31	0,91	1,59					0,25	0,26	0,03	0,03	0,45						0,61	0,37	1,16	0,73	0,76						0,82	0,94	1,14	0,82	1,15						1,4	2,19	1,18	1,7	1,4								
Echinides		0,1	0,27	0,13	0,47	0,12					0,25	0,93	0,18	0,58	0,13						0,08	0,37	0,57	0,06	0,14						0,19	0,3	0,23	0,38	0,29						0,23	1,39	0,2	0,9	0,4								
Gastéropodes		0	0	0	0	0					0	0	0	0	0						0,08	0,09	0	0	0						0	0	0	0	0						0,04	0,1	0,03	0	0								
Holothurides		0,3	0,27	0,47	0,24	0,53					0,22	0,13	0,5	0,34	0,31						0,27	0,28	0,27	0,2	0,16						0,26	0,37	0,26	0,06	0,26						0,15	0,36	0,24	0,3	0,4								
Sabellides		0	0	0	0	0					0	0	0	0	0,03						0	0	0,03	0	0,03						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0								
Serpulides		0	0,07	0	0	0					0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0,08	0	0	0	0,1								
Total Chaetodontidae		1	0	1	1	3	2	0	1	3	6	0	3	0	0	3	1	3	0	0	4	0	0	2	3	5	1	4	4	0	9	3	5	1	2	11	0	3	2	2	7												
Total Monacanthidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2													
Total Pomacentridae		68	42	164	163	437	176	177	109	102	564	33	107	41	21	202	95	139	54	131	419	28	49	62	83	222	142	117	151	106	516	173	128	102	43	446	211	109	200	78	598												
ABONDANCE TOTALE		69	42	165	164	440	178	177	110	105	570	33	110	41	21	205	96	142	54	131	423	28	49	64	89	230	144	121	155	106	526	176	133	103	45	457	211	114	202	80	607												
SITE 2																																																					
Total Chaetodontidae		0	1	0	0	1	1	7	0	0	8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1	5	5	0	0	10	3	1	0	0	4	4	4	0	0	8												
Total Monacanthidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5	0	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2												
Total Pomacentridae		0	0	0	0	0	0	117	177	0	294	51	31	0	0	82	209	124	0	0	333	33	166	0	0	199	109	252	0	361	87	104	0	191	135	113	0	0	248														
ABONDANCE TOTALE		0	1	0	0	1	118	184	0	0	302	51	31	0	0	82	212	124	0	0	336	34	171	0	0	205	115	257	0	372	90	105	0	0	195	141	117	0	0	258													
SITE 3																																																					
Total Chaetodontidae		1	0	0	0	1	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1												
Total Monacanthidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
Total Pomacentridae		67	84	0	0	151	295	128	0	0	423	13	59	0	0	72	160	40	0	0	200	188	49	0	0	237	160	234	0	0	394	153	16	0	0	169	84	248	0	0	332												
ABONDANCE TOTALE		68	84	0	0	152	297	130	0	0	427	13	59	0																																							

