



Suivi environnemental Premier semestre 2012

MILIEU MARIN



Vale Nouvelle-Calédonie
Août 2012

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. ACQUISITION DES DONNEES | 1 |
| 1.1. LOCALISATION..... | 1 |
| 1.1.1. <i>Positionnement des stations des suivis règlementaires du milieu marin</i> | <i>1</i> |
| 1.1.2. <i>Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau</i> | <i>2</i> |
| 1.1.3. <i>Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées.....</i> | <i>3</i> |
| 1.1.4. <i>Stations de suivi de la bio- accumulation éventuelle des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (caging).....</i> | <i>5</i> |
| 1.1.5. <i>Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures.....</i> | <i>6</i> |
| 1.1.6. <i>Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire</i> | <i>7</i> |
| 1.1.7. <i>Points de suivi des flux sédimentaire</i> | <i>8</i> |
| 1.2. METHODE..... | 9 |
| 1.2.1. <i>Surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques et structure de la colonne d'eau</i> | <i>9</i> |
| 1.2.2. <i>Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées, méthodologie.....</i> | <i>16</i> |
| 1.2.3. <i>Bio- accumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines</i> | <i>20</i> |
| 1.2.4. <i>Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures</i> | <i>21</i> |
| 1.2.5. <i>Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments.....</i> | <i>22</i> |
| 1.2.6. <i>Flux sédimentaires</i> | <i>23</i> |
| 2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLE EN AOUT 2012..... | 24 |
| 2.1. SYNTHÈSE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN 2012 | 25 |
| 3. RESULTATS | 27 |
| 3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES | 27 |
| 3.2. VALEURS OBTENUES | 30 |
| 3.2.1. <i>Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer</i> | <i>30</i> |
| 3.3. SUIVI DES ECOSYSTEMES CORALLIENS ET DES POPULATIONS ASSOCIEES..... | 49 |
| 3.3.1. <i>Rappels</i> | <i>50</i> |
| 3.3.2. <i>Bilan des observations par station suivie (au second semestre 2011).....</i> | <i>51</i> |
| 3.3.3. <i>Comparaisons spatiales entre stations</i> | <i>53</i> |
| 3.3.4. <i>Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007.....</i> | <i>63</i> |
| 3.3.5. <i>Conclusions sur l'ensemble suivi éco-systémique</i> | <i>84</i> |
| 3.3.6. <i>Suivi des bio-indicateurs transplantés (le caging).....</i> | <i>85</i> |
| 3.3.7. <i>Suivi des flux sédimentaires</i> | <i>85</i> |
| 3.3.8. <i>Suivi spécifique au port (La surveillance de la Station St16 du port de Prony)</i> | <i>86</i> |
| 3.3.9. <i>Synthèse des résultats du suivi lors du premier semestre 2012.....</i> | <i>87</i> |
| 4. INTERPRETATION ET DISCUSSION..... | 88 |
| 5. BILAN DES NON-CONFORMITES | 88 |

Tableaux

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| Tableau 1 : | Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau, référentiel WGS-84 | 2 |
| Tableau 2 : | Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes (peuplements récifaux et poissons associés), référentiel RGNC 91 | 3 |
| Tableau 3 : | Localisation géographique des lieux de position des cages, référentiel WGS-84 | 5 |
| Tableau 4 : | Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84 | 7 |
| Tableau 5 : | Position des points de suivi des flux sédimentaires, référentiel WGS 84 | 8 |
| Tableau 6 : | Méthodes et limites de détection pour le suivi de la structure de la colonne d'eau de mer | 11 |
| Tableau 7 : | Méthodes et limites de détection pour le suivi de la qualité de l'eau de mer | 11 |
| Tableau 8 : | Méthodes et limites de détection pour le suivi des éléments nutritifs et autres en milieu marin | 13 |
| Tableau 9 : | Méthodes et limites de détection pour la détection d'hydrocarbures | 13 |
| Tableau 10 : | Méthodes et limites de détection pour le suivi des métaux en milieu marin | 14 |
| Tableau 11 : | Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins (convention CCB 2009) | 17 |
| Tableau 12 : | Composition du substrat | 17 |
| Tableau 13 : | Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages | 21 |
| Tableau 14 : | Méthodologie pour le suivi des sédiments | 22 |
| Tableau 15 : | Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation | 23 |
| Tableau 16 : | Synthèse des suivis réglementaires effectués en 2012 avec rapports émis à la mi-août (bilan semestriel) | 25 |
| Tableau 17 : | Synthèse des suivis supplémentaires effectués en 2012 | 26 |
| Tableau 18 : | Caractérisation du milieu marin – écosystèmes | 29 |
| Tableau 19 : | pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse pour la campagne du premier semestre 2012 | 33 |
| Tableau 20 : | Températures et salinité en saison fraîche et sèche (mars 2012) | 36 |
| Tableau 21 et carte associée : | Caractéristiques et position des stations et de leurs <i>transects</i> | 49 |
| Tableau 22 et graphes associés : | récapitulation des données ichtyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007) | 52 |
| Tableau 23 : | POISSONS | 60 |
| Tableau 24 : | Densités moyennes par station (sur les 3 <i>transects</i>) et variance de celle-ci (ind. /m ²), par station et sur toutes les campagnes avec la même méthodologie sur liste restreinte | 73 |
| Tableau 25 : | Analyse de la Variance des biomasses (g/m ²) moyennes par station sur toutes les campagnes | 74 |
| Tableau 26 : | Analyse des biodiversités par station sur toutes les campagnes | 75 |
| Tableau 27 : | Synthèse des résultats des missions réglementaires de suivis du milieu marin du 1 ^{er} semestre 2012. | 87 |

Figures

| | | |
|------------|--|----|
| Figure 1 : | Stations et points de surveillance du milieu marin | 1 |
| Figure 2 : | Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau | 2 |
| Figure 3 : | Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes | 4 |
| Figure 4 : | Localisation géographique des cages de transplantation de bio indicateurs | 6 |
| Figure 5 : | Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte ST133 de l'Île Ouen | 7 |
| Figure 6 : | Localisation des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments | 8 |
| 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 | 10 |

| | | |
|-------------------------|---|----|
| 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 | 10 |
| Figure 9 : | Concentration en Nickel dissous dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony..... | 15 |
| Figure 10 : | Rappel des stations de suivi du milieu marin 2011 (rappel) | 26 |
| Figure 11 : | Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations..... | 30 |
| Figures 12 : | Conditions météorologiques et état marées (campagnes lors premier semestre 2012 sur toutes les stations et au niveau de ST14 et ST16, une campagne supplémentaire a eu lieu en mai à raison du suivi trimestriel de ces deux stations) ... | 31 |
| Figure 13a : | Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony) | 34 |
| Figure 13b : | Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Canal de la Havannah) | 34 |
| Figures 14 : | MEST en surface, à mi profondeur et au fond pour les stations ST15 (Creek Baie Nord) et ST16 (Port) | 35 |
| Figure 15 : | Concentration de MES (S = surface, M = mi profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude | 36 |
| Figure 16 : | Concentrations de nitrates + nitrites mesurées en surface, mi-profondeur et fond sur la station St15 du creek de la baie Nord lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012) | 38 |
| Figure 17 : | Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies | 39 |
| Figure 18 : | Concentrations en Cobalt (Co) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012. | 40 |
| Figure 19 : | Concentrations en Co sur toutes les stations en mars 2012. | 41 |
| Figure 20 : | Concentrations en Mn sur toutes les stations en mars 2012..... | 42 |
| Figure 21 : | Concentrations en Ni sur toutes les stations en mars 2012. | 42 |
| Figure 22 : | Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en mars 2012..... | 43 |
| Figure 23a : | Concentrations en Cu sur toutes les stations en aout 2011 | 44 |
| Figure 23b : | Concentrations en Cu sur toutes les stations en mars 2012 | 44 |
| Figure 24a : | Suivi annuel des métaux : Co, Cr VI, sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012. | 46 |
| Figure 24b : | Suivi annuel des métaux : Co, Cr VI, sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012. | 47 |
| Figure 25 : | récapitulation des données ichtyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007). | 53 |
| Figure 26 : | Représentation cartographique – légende..... | 54 |
| Figure 27a : | Résultats de la campagne de suivi, mars 2012 (Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03 | 55 |
| Figure 27b : | Résultats de la campagne de suivi, mars 2012 (Canal de la Havannah)..... | 56 |
| Figure 28 : | SUBSTRAT | 57 |
| Figures 29 a, b, c, d : | BENTHOS: | 58 |
| Figure 29b : | Détails au niveau des coraux : familles selon les stations..... | 58 |
| Figure 29c : | Détails au niveau du benthos, selon des groupes d'Invertébrés (autres que les coraux) et par stations | 59 |
| Figures 29d : | Détails au niveau des Invertébrés et Macrophytes selon les 3 grands compartiments : Canal de la Havannah, canal Woodin et baie du Prony | 59 |
| Figure 30 : | Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station, Mars 2012 | 60 |
| Figure 31 : | Densité de poissons (individus par m2) par station, Mars 2012 | 61 |
| Figure 32a : | Biomasse des poissons (liste restreinte règlementaire) par station. Mars 2012 | 61 |

| | |
|--|------------------------------------|
| Figure 32 b : Biomasse moyenne des poissons depuis 2007 (liste restreinte réglementaire) par station..... | 62 |
| Figure 33: Classement des stations en fonction de leur biodiversité α | 62 |
| Figure 33 -1 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléactiniaires) depuis 2007 | 65 |
| Figure 33-2 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2007 | 65 |
| Figure 33-3 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2007 | 66 |
| Figure 34 : Comparaison des richesses spécifiques des coraux, par station, entre aout 2007 et mars 2012 | 67 |
| Figure 35 : Indicateurs de l'état de santé des coraux (occurrence du nombre d'espèces concernées par le recrutement, la mortalité, l'augmentation et la diminution d'abondance et le blanchissement) entre octobre 2011 et mars 2012 | 69 |
| Figure 36: Densités (toutes stations confondues) | 73 |
| Figure 37: Biomasse. Toutes les stations confondues | 75 |
| Figure 38: Biodiversité toutes stations..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 39 : Représentation par station des densités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance | 77 |
| Figure 40 : Représentation par station des biomasses moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance | 77 |
| Figure 41 : Représentation par station des biodiversités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance | 78 |
| Figure 42 : Récapitulation des résultats quant aux tests d'homogénéités selon les années et selon les stations..... | 79 |
| Figure 43 : Evolution de de la densité, biomasse, biodiversité | 80 |
| Figure 44 : Biodiversité α pour chaque station, depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive)..... | 82 |
| Figure 45 : Evolution de la biodiversité $B\alpha$ par station et en moyenne sur toute la zone depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive)..... | 82 |
| Figure 46 : Evolution moyenne globale de la biodiversité $B\alpha$ sur la zone : Baie du Prony et sur la zone : canal de la Havannah séparées (Listes exhaustives des poissons) | 83 |
| Figure 47 : Rappel de la position des cages pour la croissance des algues et des bivalves transplantés dans une d'une cage de croissance par 10 m de profondeur..... | 85 |
| Figure 48 : Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires | 85 |
| Figure 49 : Rappel de la position des stations suivies trimestriellement..... | 86 |
| Figure 50 : Rappel des positions des points de suivis au niveau du port de Prony. ST03 est une station de suivi fixe sous – marine | 86 |

Annexes

| | |
|------------|---|
| Annexe 1 | Liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique selon le plan de suivi réglementaire. |
| Annexe 2 | Rapport intégral : Suivi environnemental de la qualité de la colonne d'eau de mer – Structure de la colonne d'eau, qualité physico-chimique et concentration en métaux dissous (Premier semestre 2012). |
| Annexe 3 | Rapport intégral : Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah (Premier semestre 2012). |
| | Annexe 3.1 Les 12 stations suivies en mars 2012. |
| | Annexe 3.2 Analyse des résultats : évolution temporelle. |
| Annexe 4 : | Abréviations et acronymes |

INTRODUCTION

La surveillance du milieu marin s'effectue sur la base de quatre groupes d'indicateurs physico-chimiques et biologiques 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 bio-accumulation dans l'environnement par des algues et des bivalves élevés en cages ;
- Indicateurs physico-chimiques des sédiments marins : géochimie et sédimentologie.

Cette surveillance s'effectue au niveau de stations sous-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° C238-09)

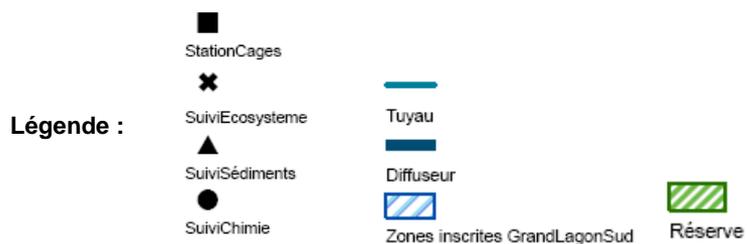
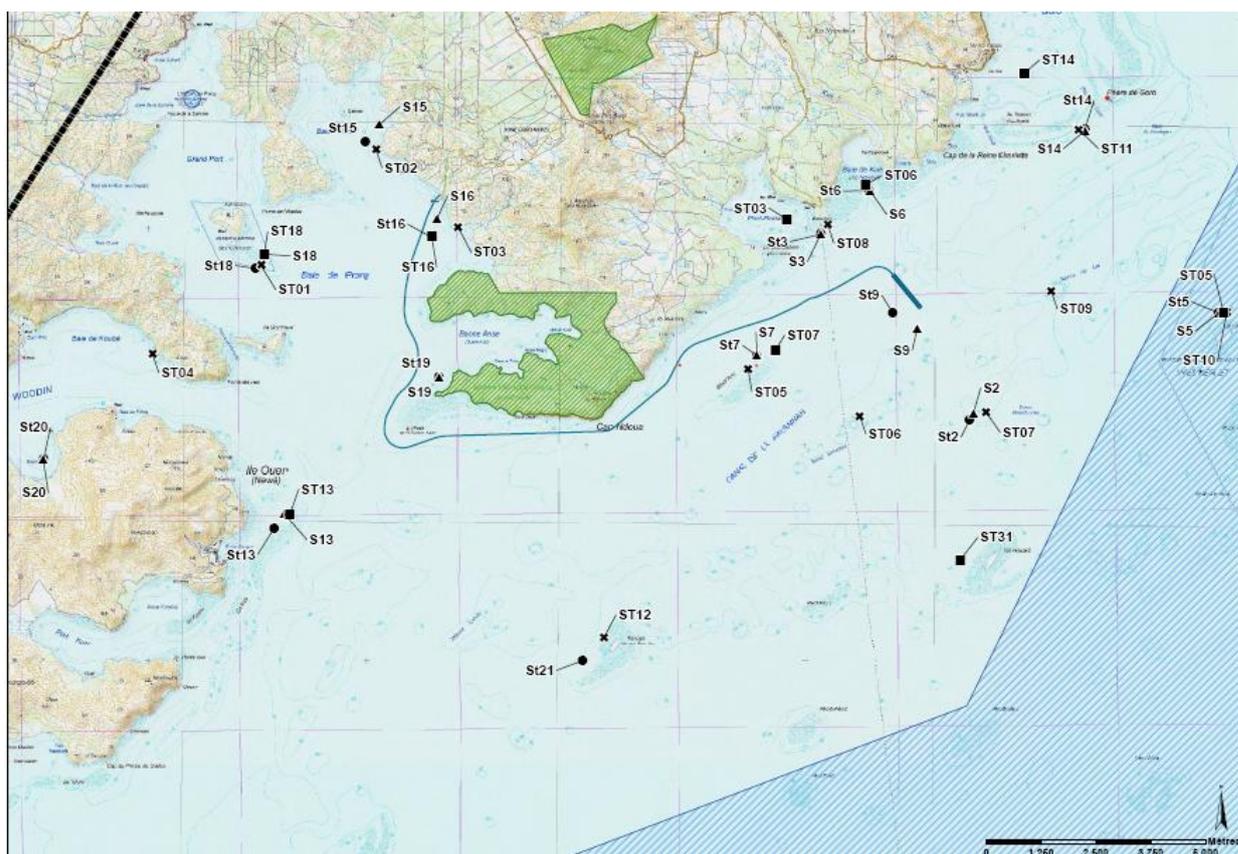
1. ACQUISITION DES DONNEES

1.1. Localisation

1.1.1. Positionnement des stations des suivis règlementaires du milieu marin

La carte suivante synthétise l'ensemble des points de suivi du milieu marin.

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin



Les paragraphes suivants reprennent les positions exactes de chaque station, en fonction des indicateurs suivis.

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

Le tableau suivant présente les positions réglementaires des points de prélèvement de l'eau de mer et la profondeur du lagon à ce poste, les prélèvements sont effectués en surface, à mi profondeur et au fond.

Tableau 1 : Localisation géographique des 14 stations de prélèvement d'eau, référentiel WGS-84

| Localisation | Station | Longitude E | Latitude S | Profondeur (m) |
|-------------------------|---------|-------------|------------|----------------|
| Basse Chambeyron | St2 | 167° 00,506 | 22° 23,599 | 33 |
| Baie Port Boisé | St3 | 166° 58,010 | 22° 21,190 | 29 |
| Ilot Kié | St5 | 167° 03,100 | 22° 22,050 | 34 |
| Récif de la Baie Kwé | St6 | 166° 59,112 | 22° 20,830 | 20 |
| Récif Ioro | St7 | 166° 57,910 | 22° 22,820 | 41 |
| Canal de la Havannah | St9 | 166° 59,754 | 22° 22,540 | 47 |
| Pointe Nord du récif Ma | St13 | 166° 51,354 | 22° 24,914 | 35 |
| Port de Goro | St14 | 167° 01,160 | 22° 19,350 | 37 |
| Prony Creek Baie Nord | St15 | 166° 52,590 | 22° 20,037 | 25 |
| Prony Wharf | St16 | 166° 53,365 | 22° 21,210 | 44 |
| Prony Ilot Casy | St18 | 166° 51,061 | 22° 21,668 | 26 |
| Rade de l'Est | St19 | 166° 53,340 | 22° 23,170 | 38 |
| Baie Iré | St20 | 166° 48,150 | 22° 24,180 | 25 |
| Ilot Ugo | St21 | 166°55,501 | 22°26,728 | 36 |

La carte suivante montre le positionnement de ces points.

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 ; cette dernière est suivie sur tous les paramètres physico-chimiques ainsi que sur son

aspect éco systémique selon les bio-indicateurs de l'étude : « État des peuplements récifaux et organismes associés ».

Le réseau de suivi physico-chimique d'eau de mer correspond à une surveillance :

- de l'effluent,
- de la qualité des eaux des baies recevant des apports terrigènes,
- de la qualité de l'eau sous l'influence du port de Prony
- et à une veille renforcée à l'égard de l'île Ouen.

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

Les tableaux suivants présentent la position des 12 stations fixes de surveillance de la santé des écosystèmes par un suivi des peuplements récifaux et des poissons, dans le domaine d'influence du projet global Vale NC.

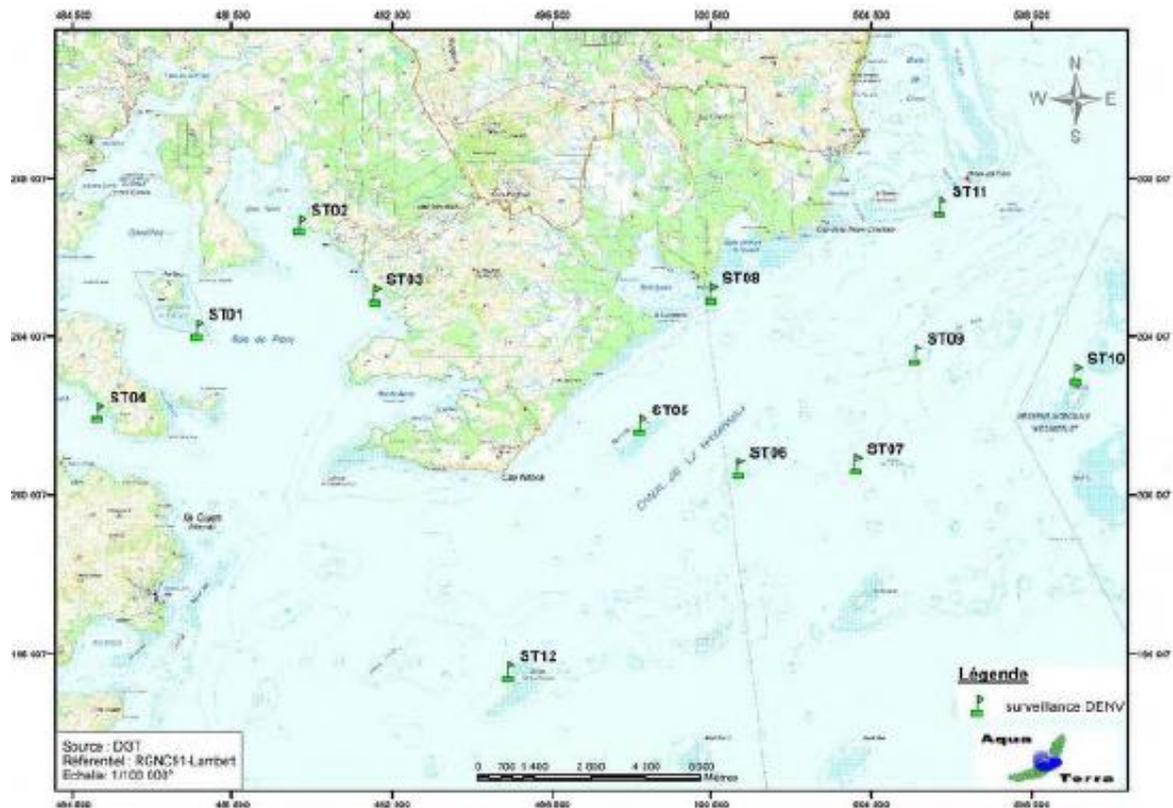
Tableau 2 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des peuplements récifaux et poissons associés dans le canal de la Havannah (référentiel RGNC 91)

| Stations | Localisation | Longitude | Latitude |
|----------|-------------------|------------|-----------|
| ST05 | Récif Ioro | 166°57.507 | 22°23.072 |
| ST06 | Banc Ionontea | 166°58.995 | 22°23.650 |
| ST07 | Basse Chambeyron | 167°00.671 | 22°23.591 |
| ST08 | Récif Pointe Puka | 166°58.566 | 22°21.243 |
| ST09 | Banc de Kié | 167°01.529 | 22°22.070 |
| ST010 | Ilot Kié | 167°03.862 | 22°22.324 |
| ST011 | Récif Touémo | 167°01.875 | 22°20.046 |
| ST012 | Ugo | 166°55.625 | 22°26.438 |

Tableau 3: Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des peuplements récifaux et poissons associés en baie de Prony et dans le canal Woodin (référentiel RGNC 91)

| Stations | Localisation | Longitude | Latitude |
|----------|-----------------------|------------|-----------|
| ST01 | Ilot Casy | 166°51.033 | 22°21.799 |
| ST02 | Creek de la baie Nord | 166°52.546 | 22°20.356 |
| ST03 | Port de Prony | 166°53.639 | 22°21.312 |
| ST04 | Canal Woodin | 166°49.593 | 22°22.933 |

La carte suivante présente les stations.

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


Les stations suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées sont au nombre de 12 :

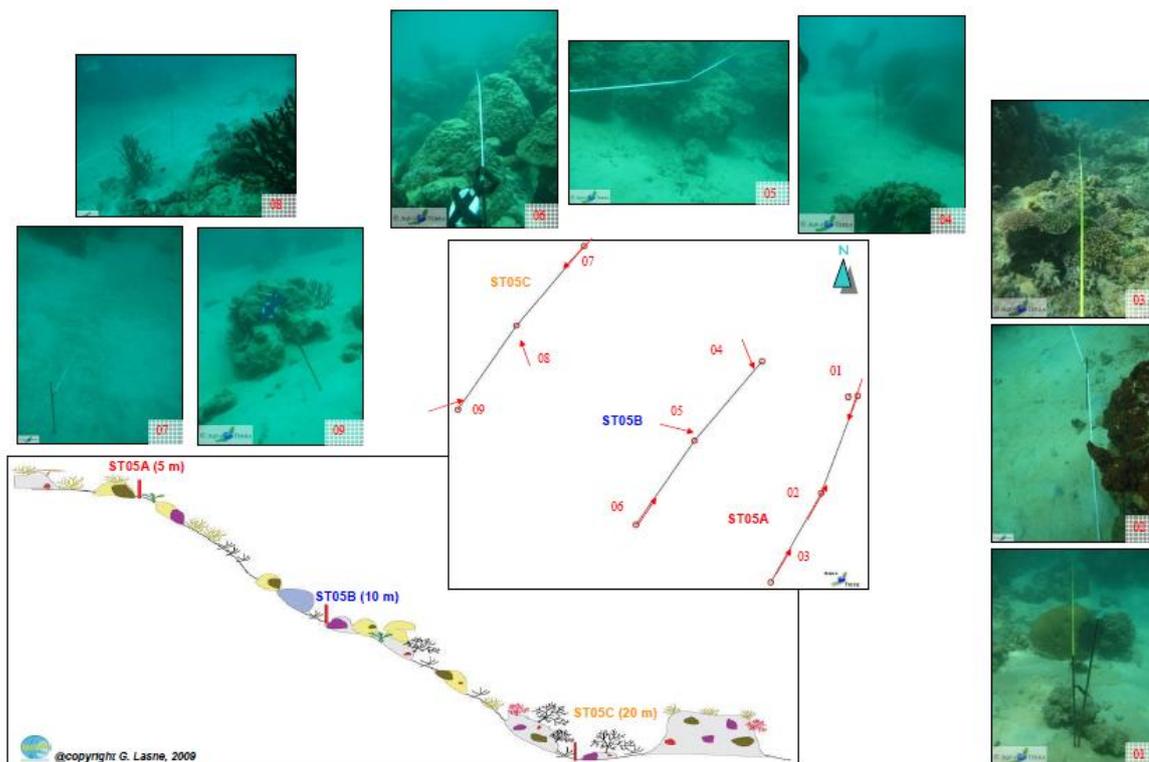
- 7 dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (une demande d'autorisation spéciale est effectuée auprès de la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an) ;
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 à l'entrée du canal Woodin ;
- 1 station supplémentaire est inventoriée depuis juin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

Une station est constituée de 3 *transects* fixes délimités sur le fond par des piquets implantés. Elle est composée de 2 *transects* seulement, quand la topologie du fond ne permet pas d'en placer 3. Un schéma structural de chaque station est réalisé à la fin de chaque mission, avec iconographie associée, selon l'exemple présenté en figure suivante.

Exemple de schéma structural, station ST05b

Rapport « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés » / Mission octobre 2011 - Projet Goro Nickel

Page 95/942

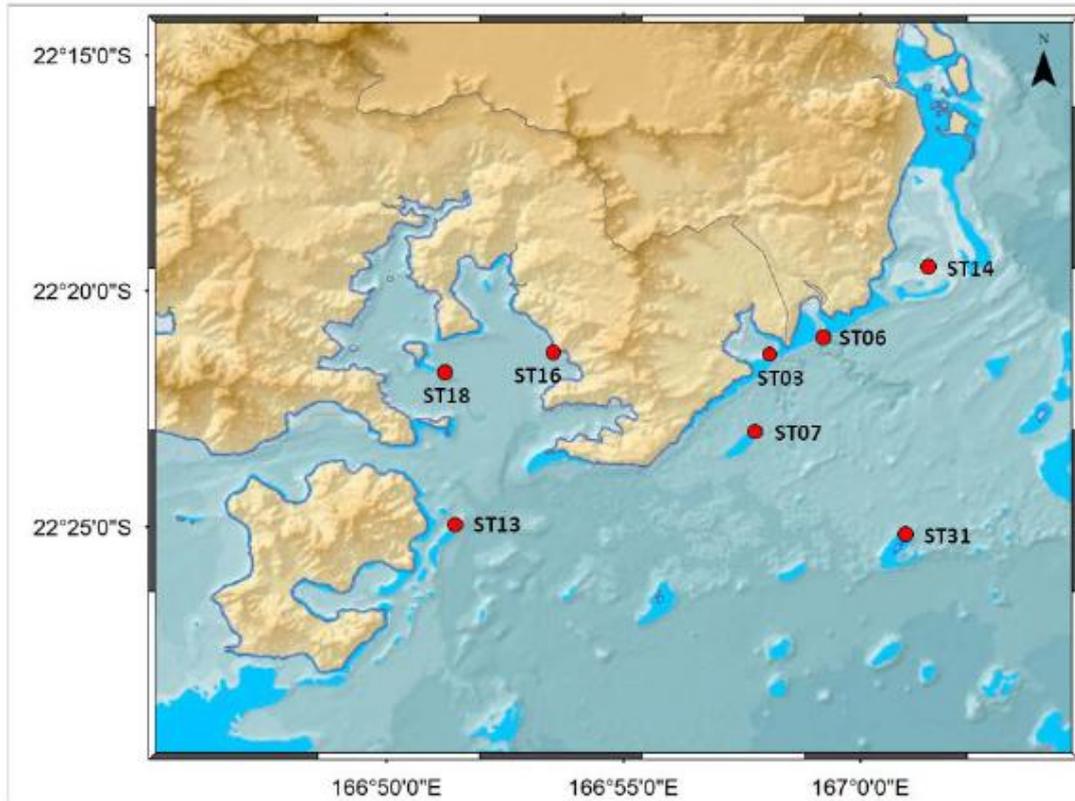


Stations de suivi de la bio-accumulation éventuelle des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (*caging*)

Tableau 4 : Localisation géographique des lieux de position des cages, référentiel WGS-84

| Localisation | Station | Longitude E | Latitude S | Profondeur de la zone (en m) | Profondeur d'immersion de la cage (en m) |
|-------------------------|---------|-------------|------------|------------------------------|--|
| Chenal Baie Port Boisé | St03 | 166° 58,011 | 22° 21,190 | 28,4 | 10,5 |
| Chenal de la Baie Kwé | St06 | 166° 59,117 | 22° 20,829 | 27,2 | 10 |
| Récif Ioro | St07 | 166° 57,633 | 22° 22,893 | 38,5 | 12,5 |
| Pointe Nord du récif Ma | St13 | 166° 51,356 | 22° 24,914 | 32,4 | 10 |
| Port naturel de Goro | St14 | 167° 01,153 | 22° 19,351 | 35,2 | 12,5 |
| Port de Prony | St16 | 166° 53,290 | 22° 21,441 | 42,6 | 12,5 |
| Prony Ilot Casy | St18 | 166° 51,068 | 22° 21,667 | 22 | 10 |
| Ilot Nouaré | St31 | 167° 00,450 | 22° 25,560 | 35 | 11,5 |

Les cages ne doivent pas être placées à une profondeur trop grande, en fonction de la turbidité, afin que la photosynthèse puisse être effectuée par les algues en croissance dans les cages. Il est recommandé de les immerger entre 9 et 12m de profondeur.

Figure 4 : Localisation géographique des cages de transplantation de bio indicateurs

Il existe 8 stations de transplantation d'espèces bio-indicatrices en cages. Le choix de leur position a été effectué d'après les conseils d'experts, suite aux études prédictives du comportement de l'effluent¹ (et après validation par la direction de l'environnement de la Province Sud en 2009).

Elles ont été choisies dans l'objectif de réaliser la surveillance des impacts éventuels suivants :

- du port de Prony ;
- de l'effluent marin et
- des apports terrigènes au niveau des baies.

La cage située au niveau de la station St31 est un témoin référentiel.

1.1.4. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures

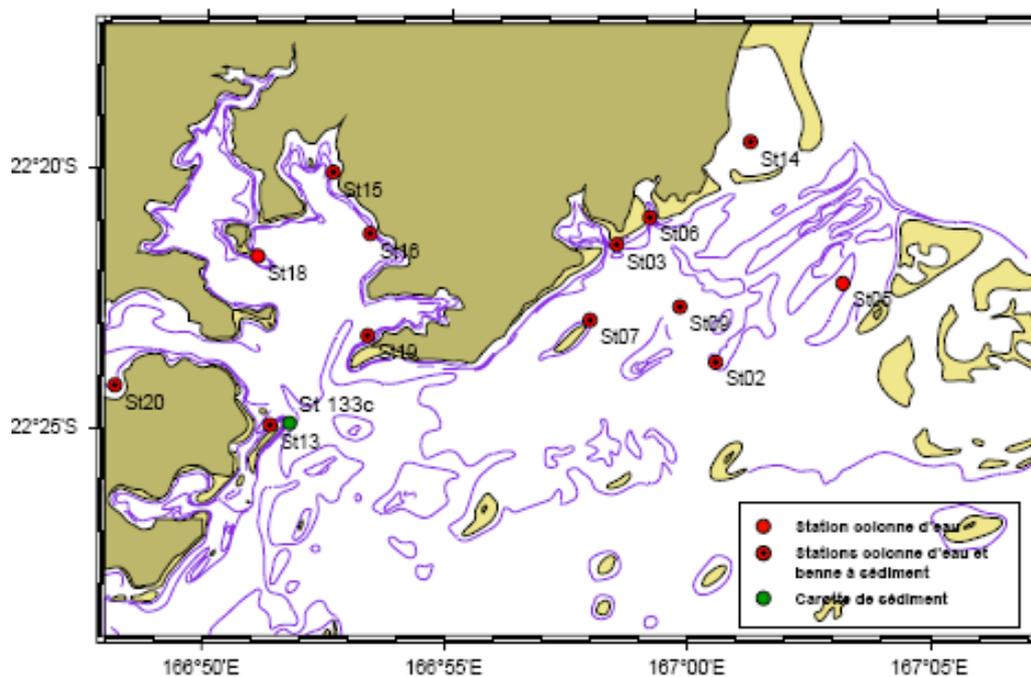
Le suivi de la qualité des sédiments marins est effectué sur les stations indiquées dans le tableau suivant.

¹ 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'étude, de 2007 à 2009.

Tableau 5 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84

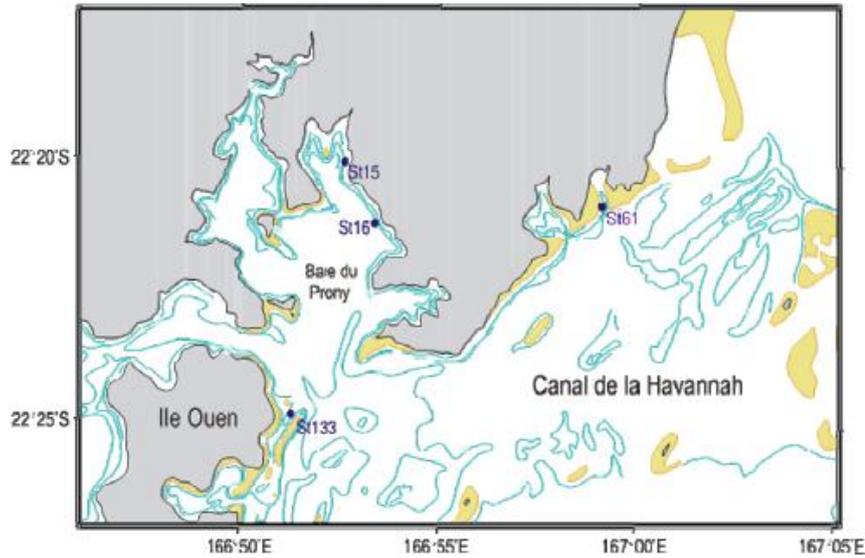
| Localisation | Station | Longitude E | Latitude S | Profondeur (m) |
|-------------------------|---------|-------------|------------|----------------|
| Basse Chambeyron | S2 | 167° 00,506 | 22° 23,599 | 33 |
| Baie Port Boisé | S3 | 166° 58,010 | 22° 21,190 | 29 |
| Ilot Kié | S5 | 167° 03,100 | 22° 22,050 | 34 |
| Récif de la Baie Kwé | S6 | 166° 59,112 | 22° 20,830 | 20 |
| Récif Ioro | S7 | 166° 57,910 | 22° 22,820 | 41 |
| Canal de la Havannah | S9 | 166° 59,754 | 22° 22,540 | 47 |
| Pointe Nord du récif Ma | S13 | 166° 51,354 | 22° 24,914 | 35 |
| Port de Goro | S14 | 167° 01,160 | 22° 19,350 | 37 |
| Prony Creek Baie Nord | S15 | 166° 52,590 | 22° 20,037 | 25 |
| Prony Wharf | S16 | 166° 53,365 | 22° 21,210 | 44 |
| Prony Ilot Casy | S18 | 166° 51,061 | 22° 21,668 | 26 |
| Rade de l'est | S19 | 166° 53,340 | 22° 23,170 | 38 |
| Baie Iré | S20 | 166° 48,150 | 22° 24,180 | 25 |
| Ilot Ugo | S21 | 166°55,501 | 22°26,728 | 36 |
| + Ile Ouen | S133 | 166° 52,398 | 22° 25,147 | 60 |

La carte suivante montre ces stations de surveillance.

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


1.1.5. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont installées en baie de Prony : au niveau de l'embouchure du creek de la Baie Nord et près du port de Prony ; une station se trouve dans la baie Kwé et une autre, la station ST33, est située à l'Est de l'île Ouen. 3 stations sont suivies de façon triennale et la station du port est, quant à elle, 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.

1.1.6. Points de suivi des flux sédimentaire

Les flux des sédiments sont suivis sur 3 postes indiqués sur le tableau suivant

Tableau 6 : Position des points de suivi des flux sédimentaires, référentiel WGS 84

| Station | Latitude S | Longitude E | Profondeur |
|---------|------------|-------------|------------|
| St60SW | 22°22.154 | 166°59.621 | 37m |
| St60NE | 22°22.113 | 166°59.677 | 39m |
| StKW-1 | 22°20.75 | 166°59.144 | 18m |

Les photographies suivantes montrent la position de ces postes de suivis, dans le canal d'ouverture de la Baie Kwé et de part et d'autre du diffuseur. Le diffuseur est schématisé par un trait rouge sur la première photographie.



Remarque : En ce qui concerne le milieu marin, dont les stations de suivis réglementaires ont été listées dans les chapitres précédents, la surveillance effectuée par Vale Nouvelle-Calédonie est plus poussée que celle qui est imposée par les prescriptions réglementaires.

Les résultats des suivis supplémentaires sous initiative Vale Nouvelle-Calédonie (stations supplémentaires, fréquences de suivis accrues ou indicateurs supplémentaires : les cyanobactéries, le corail, les espèces exogènes, la liste exhaustive des poissons inventoriées, le suivi de la biodiversité, etc.) sont inclus dans les rapports des suivis, en annexe de ceux-ci.

Vale NC garde l'initiative de telles études quand elles ne sont pas réglementaires, ni via les arrêtés ICPE ni via la Convention pour la conservation de la biodiversité (CCB).

1.2. Méthode

Rappel : L'annexe 6 de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB) présente les plans de suivi des milieux « vivants » (biologiques), les indicateurs sélectionnés, les positions des stations et la méthodologie de chacun des suivis. Le plan de suivi du milieu marin constitue l'annexe 6.4. 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 initiée dès 2000 et s'est poursuivie 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, ont été respectées au cours des différentes campagnes de suivi.

Si une modification avait lieu elle serait automatiquement indiquée dans le rapport correspondant afin de prendre en compte l'éventualité des biais méthodologiques.

1.2.1.1. Structure physique de la colonne d'eau

Les 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 sont les suivants :

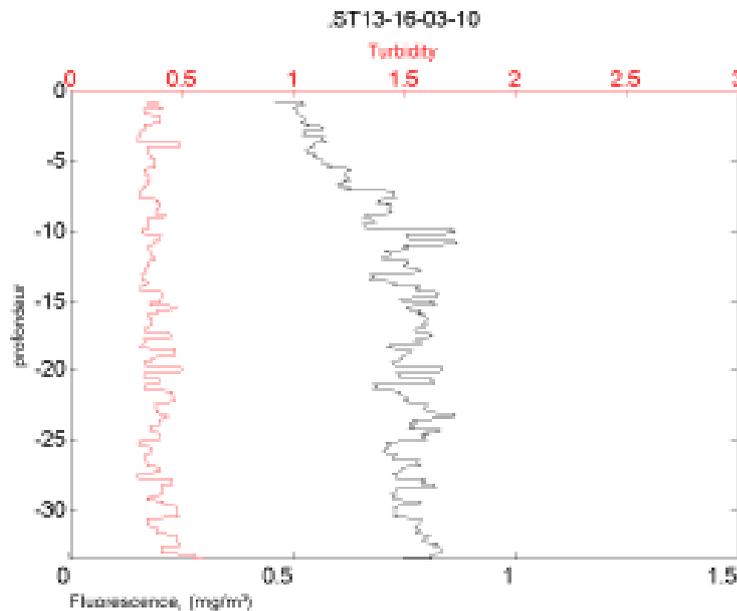
- température,
- salinité,
- fluorescence,
- turbidité,
- irradiance.

Ces paramètres sont des indicateurs classiques de la structuration verticale de la colonne d'eau de mer reconnus internationalement depuis de nombreuses années.

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 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 ». 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 du phytoplancton.

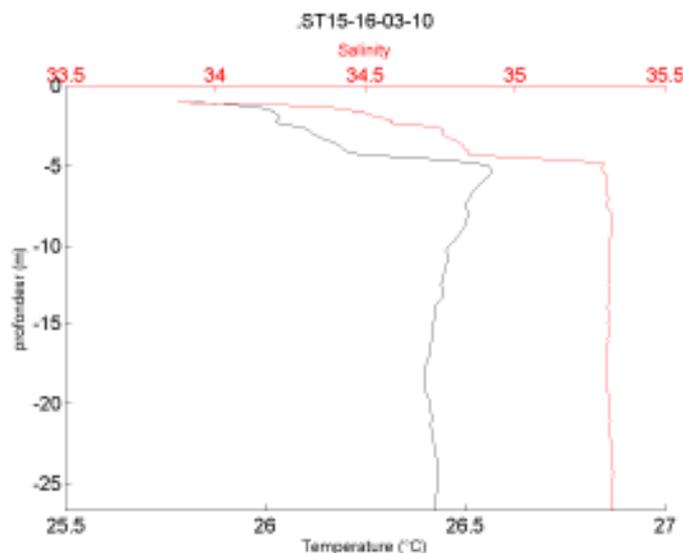
Pour chacune des stations suivies des profils obtenus sont présentés selon les schémas suivants qui permettent une lecture rapide adaptée à cette méthodologie (voir figures 7, 8 et 9) :

**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**



Cette figure ci-dessus signifie que la turbidité et la fluorescence ont été enregistrées par une sonde multiparamétrique, entre 0 et 35 m de fond, sur la station St13 du récif Ma (pour cet exemple), le 16/03/2010 ; l'état de la marée et la pluviométrie au moment précis de ces relevés ont été notés. Une telle structure est dite « homogène », elle est caractéristique du canal de la Havannah ; par opposition à la structure suivante qui montre que la colonne d'eau n'est pas homogène en baie du Prony.

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



Cette figure ici dessus signifie que 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 nettement détectée et indiquée par le profil des courbes : dessalure sur les 6 premiers mètres, température de l'eau de surface plus basse. L'état

de la marée et la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés, ils sont corrélés à la structure de la colonne d'eau.

Méthodes et limites de détection

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.

Tableau 6 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la structure de la colonne d'eau de mer

| Prélèvements | Sonde multiparamétrique CTD | Seabird Modèle SBE 19 |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| Paramètres | Méthode | Limites de détection |
| Profondeur | Pression | |
| 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 ³ |
| Irradiance | Atténuation lumineuse | Sans unité |

NB : la turbidité par mesure de la néphélogéométrie est exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1FTU ~ 1 mg L⁻¹ de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;

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

1.2.1.2. Qualité chimique de la colonne d'eau

➤ Ph, MES et éléments majeurs

Pour déterminer la qualité chimique de la colonne d'eau les paramètres pH, matières en suspension (MES), calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, et sulfates sont analysés et prélevés à 3 profondeurs différentes pour chacune des stations.

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

Les prélèvements sont réalisés à l'aide de bouteilles Niskin. Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD. Les échantillons sont conservés au froid (4 °C) jusqu'à leur analyse en laboratoire.

Le tableau 7 présente les méthodes et limites de détections de chaque paramètre analysé pour déterminer la structure chimique de la colonne d'eau suivie.

Tableau 7 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la qualité de l'eau de mer

| Paramètres | Analyses en laboratoire | | Limites de détection |
|-------------------------------|--|----------------------------|----------------------|
| pH | pH mètre WTW | | 0,01 |
| MES | Filtre Nucleopore de | 0,45 µm de porosité | 0,1 mg/L |
| Ca | ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, marque Varian, modèle Vista | (Varian-SpectrAA-300/400). | 0,050µg/L |
| K | | | |
| Na | | | |
| Mg | | | |
| SO ₄ ²⁻ | Chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ; | | - |
| Cl | Méthode de Mohr | | - |

➤ **Sels nutritifs**

Les paramètres suivants sont suivis sur chacune des 14 stations et aux 3 profondeurs (surface, médiane et de fond) :

- **L'ammonium (NH_4^+)** : dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excréments animales 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 nitrates et les nitrites (NO_3 et NO_2)** : l'ion nitrate 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 (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 (PO_4^{2-})** : dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions ortho-phosphates (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 (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

Pour les éléments suivants la méthode de prélèvement est celle des bouteilles NISKIN 5L en surface, à mi profondeur et au fond (sans toucher le fond).

Tableau 8 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des éléments nutritifs et autres en milieu marin

| Paramètres | Méthodes : adaptées spécifiquement au milieu oligotrophe marin | Normes et publications | Limite de détection |
|--|--|------------------------|---------------------|
| NH₄ | Fluorimètre de terrain | Homes et Al 1999 | 1,5 nmol/L |
| NOD | Auto analyser Technicon | | 0,02 µmol/L |
| POD | Auto analyser Technicon | Raimbault et Al 1999 | 10 µmol/L |
| NO₂ + NO₃ | Auto analyser Technicon | Outot 1988 | 0,002 µmol/L |
| PO₄ | Auto analyser Technicon | Murphy et Riley 1962 | 0,01 µmol/L |
| SiO₄ | Auto analyser Technicon | Fanning et Pilson 1973 | 0,05 µmol/L |
| POP | Auto analyser Technicon | Raimbault et Al 1999 | 10 µmol/L |
| CHN | Auto analyser Technicon | | 0,05 µg/L |
| Chlorophylle a | Fluorimètre | | 0,05 µg/L |
| MES | Filtration sur membrane spécifique | | 0,1 mg/L |
| pH | Electrode au Calomel | | 0,01 unité de pH |

➤ **Hydrocarbures totaux**

Des sous-échantillons sont collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®).

Les eaux sont conditionnées dans des flacons en verre afin d'éviter tout contact prolongés avec des matières plastiques pouvant induire une contamination potentielle.

L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée d'après la norme NF T90-203 ou bien DINEN 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 CCl₄ aujourd'hui interdite en raison de la très haute toxicité du solvant organique.

Tableau 9 : Méthodes et limites de détection pour la détection d'hydrocarbures

| Paramètres | Méthode | Normes et publications | Limite de détection |
|------------|--|---|---------------------|
| HT | Du laboratoire : Micropolluants Technologie S.A., Thionville, France | Norme NF T90-203 ou bien DINEN ISO 9377-2 | 0,1mg/L |

➤ **Métaux**

Les éléments métalliques suivants sont analysés : Nickel (Ni), cobalt (Co), manganèse (Mn), fer (Fe), chrome total/Cr (VI), arsenic (As), cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb), zinc (Zn).

La méthodologie de surveillance de la qualité de l'eau de mer a sélectionné ces métaux parce que la concentration des éléments métalliques naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud est distribuée selon un gradient côte-large très net : Mn, Ni, Co et Cr, qui est un bon indicateur de l'influence terrigène. Tandis que Cu et Fe montrent un comportement inverse. Le cuivre suit cependant un comportement moins prévisible que le fer. 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, cependant ils sont recherchés.

Les stations influencées par les masses d'eau océaniques se distinguent toujours clairement des stations côtières ou de la baie de Prony, avec une concentration particulièrement homogène.

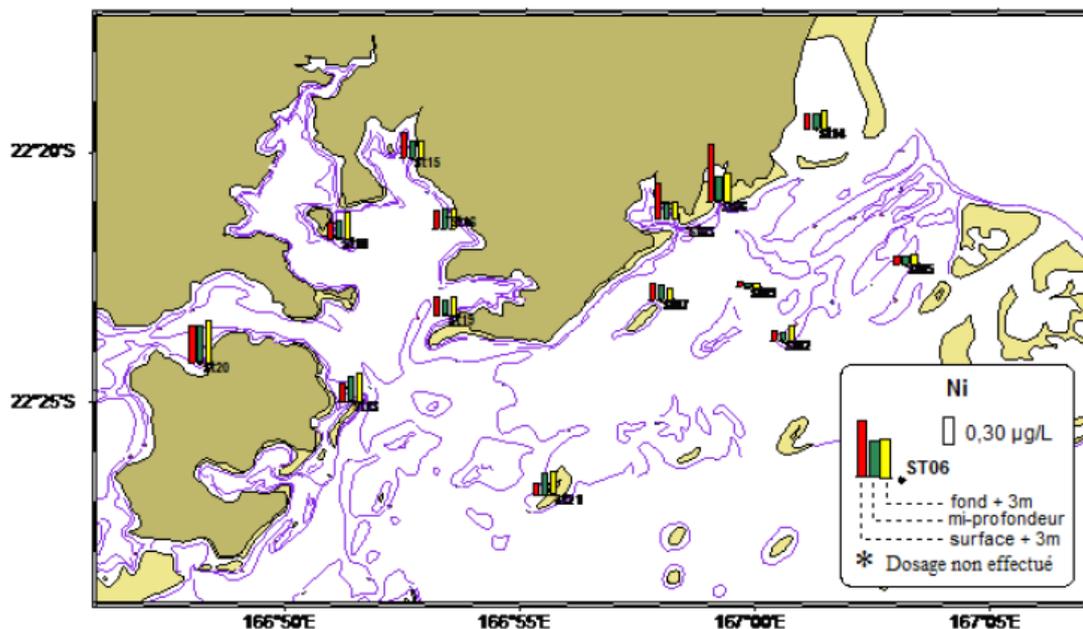
Tableau 10 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des métaux en milieu marin

| Analyses en laboratoire Paramètre | Méthode et normes -Publication | Limites de détection |
|--------------------------------------|---|----------------------|
| Co | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,012 µg/L |
| Cd | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,040 µg/L |
| Cu | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,015 µg/L |
| Fe | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,011 µg/L |
| Mn | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,011 µg/L |
| Ni | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES | 0,011 µg/L |
| Pb | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,050 µg/L |
| Zn | Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009) | 0,030 µg/L |
| Cr/crVI | 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 concentrations analysées sont infimes aussi il est très important d'éviter toute contamination, en manipulant les échantillons, en touchant la coque du bateau (*antifouling*) etc. Cette méthodologie validée par la direction de l'environnement de la Province Sud et l'IRD de Nouméa est très sensible et garantit une surveillance optimale du milieu marin.

Les résultats semestriels sont schématisés et synthétisés pour chaque métal selon l'exemple en figure 9. Cette présentation doit être pérennisée car elle permet une lecture facile bien adaptée à la méthodologie du suivi.

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



1.2.1.3. Fréquences des suivis physico-chimiques

Pour l'ensemble des stations et des suivis de la colonne d'eau de mer, la fréquence minimale réglementaire est semestrielle, sauf au port pour la station ST16 où elle trimestrielle. Une campagne en saison sèche et une campagne en saison humide sont nécessaires, elles sont régulièrement effectuées en février/mars (fin de la saison chaude dite cyclonique) et en août (saison fraîche). En raison des fluctuations des saisons des pluies il est plus pertinent de parler de saison fraîche et de saison chaude.

Remarque :

La fréquence du suivi sur la station ST15 Creek baie Bord a été augmentée ; de suivi semestriel il est passé à un suivi trimestriel en 2011. Ainsi les suivis sur ST16 et ST15 (proches de l'usine et sous la pression de deux bassins versants d'influence du projet) sont effectués au minimum tous les trois mois.

1.2.1.4. Validation des résultats

- Les conditions météorologiques (qui ont précédé la mission d'échantillonnage) et l'état de la marée (au moment de la prise de l'échantillon) doivent être pris en compte. La structure des masses d'eau de mer et leur qualité chimique sont en étroite relation avec les flux entrant et sortant par la passe de la Havannah et les apports d'eau douce des creeks ; de plus, ces éléments ont une influence variable en fonction de la position des stations suivies.
- Les modélisations de l'hydrodynamisme du canal de la Havannah (2006 /2009), de la baie du Prony (2011/2012) et du transport des fractions dissoutes et particulaires sont des outils importants. Une incohérence des résultats des suivis avec ces modèles serait analysée par les experts.
- La méthodologie complète d'échantillonnage et d'analyse, pour chaque paramètre échantillonné, est décrite dans chaque rapport de suivi. Un rappel des raisons du choix de chaque indicateur est aussi effectué. En cas de modification quelle qu'elle soit, le cas serait noté. Le travail sur les quantités infinitésimales demande une attention poussée à l'égard de contaminations fortuites.

- Les analyses : le laboratoire certifie que des échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrés par la société Environnement Canada sont intercalés dans chaque série d'analyses pour valider la calibration. Les résultats de cette calibration sont donnés en annexe de chaque rapport.
- Les missions de suivi sont sous-traitées et consistent à :
 - prélever des échantillons et
 - analyser des échantillons.En cas de changement de prestataire le rapport doit le signaler.

Ces missions sont confiées par Vale Nouvelle-Calédonie à un bureau d'études, un institut ou un laboratoire externalisé, à condition qu'il soit techniquement équipé pour effectuer ce travail en toute sécurité, dans des délais compatibles avec les fréquences des suivis et avec des limites de détection assez infimes pour permettre une validation statistique et une comparaison des résultats.

- Les rapports semestriels ou annuels présentent les données brutes en annexe, leur rédaction est également confiée au bureau d'étude indépendant qui a assuré la mission. Il est important que le rédacteur ait bien participé à la mission, lui-même.
- La synthèse des données obtenues comprend une analyse comparative des résultats avec l'état initial et avec les résultats des campagnes précédentes, elle est effectuée par les experts qui effectuent la mission. Cette analyse est à la fois spatiale (comparaison des stations entre elles) et temporelle (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs).
Toute tendance qui pourrait évoluer vers un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné, pour un suivi attentif de ce paramètre lors des missions suivantes. En cas de confirmation d'une modification significative la conclusion du rapport indiquerait bien ce fait.
- Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.
- Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous- traitant (externalisé) 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

1.2.2.1. Les paramètres suivis

Selon les prescriptions établies par la DENV de la Province Sud suite à l'atelier de mars 2006 et validées dans la Convention pour la Conservation de la Biodiversité:

- **Le substrat** selon la méthode des *transects* fixes (3 *transects* de 20 m de longueur sur 3 profondeurs différentes par station). Méthode classique dite : « 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.
Remarque : Selon cette méthodologie les 3 transects à 3 profondeurs différentes présentent des faciès différents et ne peuvent pas être statistiquement des répliques l'un de l'autre.
- **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 11 : Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins (convention CCB 2009)

| Paramètres et variables | Substrat (Habitats) | |
|-------------------------|---|---|
| | Epi benthos : macro invertébrés | |
| | Poissons : Espèces cibles | |
| Prélèvements | Pas de prélèvement. Observations et photographie + vidéo | |
| Méthode | Définie lors de l'atelier du 03 mars 2006 DRN Noumea | |
| Normes et Publications | Line Intercept Transect LIT de English et Al (1994-1997) et transects à largeur variable (Kulbicki et Al 1994 ; 1995 et Kulbicki Sarraména 1999) | |
| Analyses | | |
| Paramètre | Méthode | Limites de détection |
| | LIT fixe | LIT fixe sous largeur du ruban |
| | LIT fixe sur couloir | 100m ² |
| | Comptage sur transect à largeur variable | Vision du plongeur et visibilité de l'eau |

Tableau 12 : Composition du substrat

| COMPOSANTES : 12 catégories et 28 codes descriptions | | | | |
|---|--|---|---|--|
| Coraux (corail dur, 11 items codifiés) | Autres coraux(2) | Autres org. Vivants (3) | Algues (6) | Substrat Abiotique (6) |
| <p>Scléractiniaires</p> <p>Acropora Branchu ACB Au moins 2 niveaux de branches</p> <p>Acropora Encroûtant ACE</p> <p>Acropora Submassif ACS</p> <p>Acropora Digité ACD Branches en forme de doigts</p> <p>Acropora Tabulaire ACT Branches aplaties horizontalement</p> <p>Non-Acropora Branchu CB Au moins 2 niveaux de branches</p> <p>NB : les non acropora digité ont été placés ici</p> <p>Non-Acropora Encroûtant CE</p> <p>Non-Acropora Foliaire CF Corail en forme de feuille</p> <p>Non-Acropora Massif CM Non-Acropora Submassif CS</p> <p>Fungia CMR Corail solitaire</p> | <p>Millepora CME ou Corail de feu</p> <p>Corail mou SC</p> | <p>Éponges SP</p> <p>Zoanthaires ZO</p> <p>Autres OT dont Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénéitiers</p> | <p>Assemblages AA</p> <p>Calcaire CA</p> <p>Halimeda HA</p> <p>Macroalgue MA</p> <p>Filamenteuse F</p> <p>NB : les cyanobactéries ont été placées ici en F</p> <p>Corail mort avec algues DCA (Corail mort recouvert d'algues)</p> | <p>Corail mort DC de Couleur blanche</p> <p>Sable S avec Particules < 2 cm</p> <p>Débris R avec Particules > 2 cm</p> <p>Vase SI</p> <p>Eau W si Crevasse de plus de 50 cm</p> <p>Roche Dalle - Roche RC</p> |

L'épi-macro benthos

Evaluation sur un couloir de 2,5 m de chaque côté du transect (i.e. 100 m²) :

- Présence absence d'algues et phanérogames à l'échelle du genre.
- Densité en bénéitiers, 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.

L'ichtyofaune

Le plan de suivi impose une liste restreinte de poissons cibles: celle-ci est présentée en annexe 1 de ce document et dans chaque rapport de suivi.

Cependant afin d'alimenter une base de donnée Vale Nouvelle-Calédonie demande la liste exhaustive des poissons observées, elle est fournie en annexe de chaque rapport semestriel.

Recommandations méthodologiques

Vale Nouvelle-Calédonie demande que l'entretien des stations n'interfère pas avec les échantillonnages des espèces mobiles (poissons) et qu'il ne soit pas effectué plus de deux stations complètes par journée d'échantillonnage, l'expérience montrant qu'une plus grande rapidité d'expertise nuit à la qualité des évaluations.

Le journal de plongée permet de valider cette demande.

De plus la forte courantologie de la zone du canal interfère avec les évaluations et il est demandé de « viser » le moment de l'étal de marée.

Vale Nouvelle-Calédonie complète ce suivi (sur son initiative) par :

- La surveillance d'éventuelles espèces exogènes ; un plan de veille à l'égard des espèces exotiques envahissantes est en fonction sur le site Vale Nouvelle-Calédonie, cette veille concerne aussi le milieu marin.
- Le suivi des Cyanobactéries et de l'évolution saisonnière et pluriannuelle de leur couverture. Cet indicateur est couplé à la surveillance du risque ciguatérique qui est un indicateur toujours pris en compte par Vale Nouvelle-Calédonie.
- Le suivi des Dinoflagellés qui sont des micro-organismes potentiellement cigua-toxinogènes
- Le suivi des algues macroscopique et de l'évolution saisonnière de leur couverture. (Il n'y a pas d'herbier dans la zone d'étude aussi l'indicateur « Taux de recouvrement des phanérogames » n'est pas pris en compte. Cependant une étude spécifiquement dédiée à la couverture algale est pertinente). En 2012 une synthèse de l'évolution depuis 2007 sera effectuée.
- Le suivi du corail et de son éventuel blanchissement ; notamment après les fortes dépressions tropicales et à l'embouchure du creek de la Baie Nord ou des stations « témoins ». La corrélation avec la température et la salinité de l'eau de mer est effectuée grâce au suivi de la structure de la colonne d'eau de mer (décrite au chapitre précédent).
- Le suivi des étoiles de mer ravageuses du corail
- Le 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 pour chaque station suivie (conditions météorologiques, pluviométrie, visibilité et moment de la marée). La visibilité, la marée, les événements climatiques précédents, sont des éléments influant notamment sur l'ichtyofaune.
- 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, en accord avec les prescriptions de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité CCB entre La Province sud et Vale Nouvelle-Calédonie, si validation et prescription par les autorités administratives compétentes.

1.2.2.2. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes

Semestrielle, en saison chaude et en saison fraîche, plus souvent si nécessaire ou de façon ponctuelle.

1.2.2.3. Validation des résultats

- Les conditions météorologiques qui ont précédé la mission d'échantillonnage doivent être prises en compte ainsi que les conditions de la plongée.
- Les rapports semestriels ou annuels présentent les données brutes en annexe, leur rédaction est confiée au bureau d'étude qui a assuré la mission, il est important que le rédacteur ait bien participé à la mission en tant qu'expert, cela évite des biais interprétatifs notamment pour cette méthodologie semi quantitative.
- Un changement au niveau des experts qui effectuent les comptages (poissons/corail/substrat) doit être inscrit dans le rapport et doit être pris en compte. La littérature et l'expérience indiquent un % de variations dû aux échantillonneurs dans ce cas de suivi semi qualitatif qui laisse une part interprétative à l'expert, bien que cette part soit bien réduite par la méthodologie il faut tenir compte de ce biais.
- La synthèse des données obtenues comporte une analyse comparative spatiale (comparaison des stations entre elles) et temporelle (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs). Elle est réalisée par les experts qui effectuent la mission.
- Toute tendance qui pourrait évoluer vers un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné. Un suivi attentif de ce paramètre lors des missions suivantes est réalisé. Une mission supplémentaire ciblée sur ce paramètre peut être effectuée. En cas de confirmation d'une modification significative la conclusion de synthèse du rapport indiquerait bien ce fait.
- Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.
- Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous-traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.

Remarque :

- En 2011, une mission a été effectuée sur des stations placées exactement sur l'émissaire et sur le diffuseur ainsi que sur le récif corallien le plus proche du diffuseur. Ainsi l'évolution du peuplement biotique qui s'installe sur et à proximité de l'émissaire peut être évaluée, deux ans après la première mission qui avait eu lieu sur les mêmes stations, en 2009.
- A la suite des dépressions cycloniques Vania (janvier 2011) et Zelia engendrant de très forts événements pluvieux du début de l'année 2011, un suivi du blanchissement corallien à l'embouchure des creeks de la baie de Prony a été effectué, en corrélation avec les études 2009 et 2010.

1.2.3. Bioaccumulation 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 menées sur 3 années, dédiées à l'écotoxicité éventuelle de l'effluent marin, ont fait l'objet d'une convention entre l'IRD et Vale Nouvelle-Calédonie. (Convention 1124 : IRD/ Vale Nouvelle-Calédonie. Volet éco-toxicologie : L. BREAU, J. SENIA, A. PANGRANI, K. GARCIA, J.P. DEBENAYUR-103 CAMELIA, IRD Nouméa UR-055 Paléotropique, IRD Nouméa 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.

Elle fait l'objet d'un travail dans le cadre des études sur les indicateurs d'impacts et de pression ADIIP menées par le CNRT.

La méthode de transplantation des 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, les espèces sont locales et elles peuvent être implantées sans fuir, ou du moins sans se déplacer en champ proche d'une pollution suspectée.

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.

Les métaux analysés dans les tissus des bio accumulateurs sont les suivants : As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn. Sont aussi suivies les variables biologiques : croissance et condition physiologique, chez les bivalves transplantés susceptibles d'être altérées par une éventuelle contamination.

Chaque année, les résultats sont comparés avec les résultats des années précédentes ainsi qu'avec les résultats de la caractérisation des bio-indicateurs avant tout rejet.

Tableau 13 : Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages

| Description | Identification et quantification de polluants bio-disponibles dans des espèces bio-indicatrices transplantées |
|--|---|
| Normes et Publications | Norme ASTM E 2122(2002) + RINBIO IFREMER |
| Prélèvements | |
| Méthode | Récolte en zone de référence (non contaminée), mesure et sélection des spécimens puis transplantation sur les stations |
| Norme | Norme ASTM E 2122(2002) |
| Nombre de Stations | 8 |
| Fréquence | 1 campagne de 3 mois chaque année |
| Echantillonnage | |
| Algues | <i>Isognomon Isognomon</i> ou <i>Gafrarium tumidum</i> |
| Bivalves | <i>Lobophora variegata</i> |
| Prélèvements pour analyses | Chair ou algues entières |
| Pré traitements | 3 mois immersion et récupération des cages |
| | Mesures biométriques |
| | Préparation des échantillons |
| | Minéralisation des tissus |
| Analyse et limites de détection | Analyse chimique (ICP-OES) des métaux accumulés Méthodologie Breau 2003/ Limite de détection : 0,01 à 1 µg/g de poids sec pour l'ensemble des métaux Sauf pour le zinc : 1 à 8 µg/g de poids sec. |

La méthodologie est détaillée en introduction de chaque rapport.

- **Fréquence** : L'analyse des tissus est annuelle après 3 mois de croissance des bio-indicateurs en cage.
- **Remarque** : Afin que les algues puissent effectuer leur photosynthèse et en fonction de la turbidité de l'eau, les cages ne peuvent pas être maintenues à une profondeur supérieure à 12 ou 13 mètres, et en corrélation avec la cage de référence (témoins). Le fort ressac de surface et le trafic maritime peuvent faire perdre des cages, certaines ont dû être récupérées au fond, d'autres ont été perdues. L'optimisation de la position des cages (qui doivent rester immergées 3 mois) et de leur profondeur est en cours.
 - Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.
 - Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous-traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.

1.2.4. Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures

Les paramètres suivis pour la surveillance les sédiments marins sont les suivants :

- **granulométrie** des sédiments par granulométrie laser ;
- **composition minéralogique** par diffraction de rayons X (DRX),
- **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 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 $\mu\text{S.cm}^{-1}$) 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 14 : Méthodologie pour le suivi des sédiments

| Description | | Distribution des métaux dans les sédiments disponibles : granulométrie, minéralogie et concentration en métaux | | |
|--|--|--|--------------------|--|
| Normes et publication | Tessier et Al 1979 | | | |
| Prélèvements | | | | |
| Méthode | Benne à sédiments ou carottier | | | |
| Nombre de stations | 14 | | | |
| Fréquence | Tous les 3 ans sauf au port où le suivi est annuel | | | |
| Analyses | | Méthode | Normes | Limites de détection |
| Granulométrie | | Diffraction laser | | 0,01 μm |
| Minéralogie | | Diffraction aux rayons x | | |
| Extraction séquentielle des phases organiques | | Dissolution fractionnée et dosage ICP-OES | Tessier et Al 1979 | Entre 0,005 et 0,02 $\mu\text{g/L}$ selon le métal |
| Métaux | | Attaque totale et dosage par ICP-OES | | Entre 0,005 et 0,02 $\mu\text{g/L}$ selon le métal |

La méthodologie est décrite en introduction de chaque rapport de suivi. Ce suivi est externalisé par Vale Nouvelle-Calédonie. Le calibrage et la validation des analyses sont assurés par le laboratoire traitant.

- **La fréquence** de suivi de la qualité des sédiments est triennale, sauf au port (ST16) où elle est annuelle. Le suivi ayant été effectué en 2009 (Cf. rapport annuel de suivi – année 2009), il ne sera pas effectué en 2010, ni en 2011, sur toutes les stations, il sera effectué en 2012.

1.2.5. Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments

La topologie des fonds marins de la baie du Prony et de la zone Nord du canal de la Havannah a été étudiée lors de la convention d'étude de 3 ans passée entre Vale Nouvelle-Calédonie et l'IRD de Noumea.

La méthodologie et la grille de lecture proviennent de l'unité de recherche Camelia de l'IRD de Noumea.

Le taux d'accumulation des sédiments s'exprime en $\text{g.cm}^{-2}/\text{an}$.

Le calcul nécessite d'extraire une carotte sédimentaire de quelques dizaines de cm de longueur (> 20 cm), cette carotte découpée en tranche centimétrique doit être conservée à 4°C. Les analyses sont effectuées au laboratoire sur chaque tranche sédimentaire. Chaque horizon sédimentaire fait l'objet d'une détermination de la radio activité du ^{210}Pb ainsi que des paramètres géochimiques indiqués ci-dessous.

Tableau 15 : Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation

| Description | Rapidité du taux de sédimentation | | |
|---|--|------------|--|
| Normes et publication | Godberg ED 1963, Geochronologie with Pb-210 in radioactive dating. Internat atom Energy Agency 121-131 | | |
| Prélèvements | Carottier piston | | |
| Analyses | Méthode | Normes | Limites de détection |
| Datation | Spectométrie Gamma basse énergie 46, 54 KeV (pour Pb ²¹⁰) | Faure 1986 | 0,003 Bq/g |
| Densité | Teneur en eau | | 0,01 mg/L |
| Granulométrie et minéralogie | Diffraction laser et Diffraction rayons x | | 0,1µm Traces |
| Métaux : Geo-chimie : As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn | Attaque totale ICP-OES | | Entre 0,001 et 0,02µg/L selon les éléments |

La méthodologie est décrite dans chaque rapport de suivi.

- **La fréquence est triennale**, une fréquence plus rapprochée ne permettrait pas de déceler une évolution temporelle.
Le suivi a été effectué en 2010 sur 4 stations (Cf. rapport annuel 2010). Etant donné sa fréquence triennale il sera effectué à nouveau en 2013.

1.2.6. Flux sédimentaires

1.2.6.1. Les flux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwé

Ils sont estimés par collecte de séries temporelles d'échantillons de MES. Cette opération est assurée par le déploiement de pièges à sédiments séquentiels (Technicap, type PPS4/3) grées sur une ligne de mouillage équipée d'un largueur acoustique. La durée d'immersion est de 1,5 mois environ. Les MES sont caractérisées de manière à évaluer les fractions terrigènes et marines (carbonates). Les flux sont estimés en fonction des régimes météorologiques et/ou hydrodynamiques.

Dans les zones à faible profondeur il est important d'installer les pièges à une profondeur supérieure à 15m.

Les pièges séquentiels comportent des avantages par rapports aux simples tubes à sédiments qui sont moins performants.

Dosage des carbonates : la teneur en carbonate est déterminée par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ». Cette méthode consiste en une attaque du sédiment grâce à une solution d'acide chlorhydrique qui génère la formation de CO₂. Le volume de gaz est titré et la concentration en carbonate de calcium est déterminée par relation stœchiométrique.

Granulométrie : l'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction <40 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution des populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (Pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons.

Minéralogie : les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. La détermination des espèces est effectuée par diffraction de rayons X (DRX) sur les échantillons de l'étude granulométrique.

La densité du flux vertical de particules est exprimée en g.m⁻²/jour.

1.2.6.2. Evaluation des flux de particules transportées par l'effluent

Les flux verticaux de matière particulaire (gypse, calcite, oxy-hydroxydes + MES) apportée par l'effluent industriel seront estimés par collecte de séries temporelles. Cette opération est assurée par le déploiement de deux pièges à sédiment séquentiels (Technicap, type PPS4/3) mouillés de part et

d'autre du diffuseur. Les pièges sont individuellement grésés sur des lignes de mouillage équipées d'un largueur acoustique. La durée d'immersion est de 1,5 mois. Le mouillage des pièges s'effectue aux stations St60SW et St60NE qui font notamment l'objet d'une surveillance de la physico-chimie de la colonne d'eau.

Dosage des carbonates : la teneur en carbonate est déterminée par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ».

Granulométrie : l'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction <40 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution des populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons.

Minéralogie : les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. La détermination des espèces est effectuée par diffraction de rayons X (DRX) sur seulement 4 échantillons.

Dosage des métaux : le dosage des métaux, nécessaire pour le suivi, est conduit par attaque totale des fractions pélitiques des sédiments, soit aux acides forts, soit par fusion alcaline. Seuls Ca et 5 métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) sont analysés par ICP-OES.

Dosage du soufre : le dosage de S est conduit par attaque totale des fractions pélitiques des sédiments, soit aux acides forts, soit par fusion alcaline. L'analyse est effectuée par ICP-OES.

Dosage des HCT : la capacité de concentration des particules peut permettre le dosage des hydrocarbures totaux indétectables actuellement à l'état dissous dans la colonne d'eau. L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée par NF EN ISO 9377-2. Le dosage sera conduit sur seulement 3 ou 4 échantillons en concertation avec Vale-Nouvelle-Calédonie.

- **Fréquence** : les pièges à sédiments doivent être immergés 1 à 2 mois, deux fois par an.

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLE EN AOUT 2012

Le présent rapport concerne les suivis semestriels effectués pendant les campagnes du premier semestre 2012, il s'agit du :

- **Suivi N°1 / 2012 de la qualité physico-chimique de l'eau –Mission MARS 2012-. (Rapport finalisé en AOUT 2012)**
- **Suivi N°1 / 2012 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission MARS/AVRIL 2012, (Rapport finalisé en AOUT 2012)**

Les autres campagnes de suivi sont déployées sur **toute l'année 2012** et leurs rapports seront présentés dans le rapport de suivi annuel, fin 2012:

- Le *caging* ou transplantation d'espèces bio accumulatrice : La mission est en cours. (JUIN/JUILLET/ AOUT 2012. - Le rapport sera finalisé en décembre 2012) ;
- Le suivi des flux sédimentaires : Mission en cours (Le rapport sera finalisé en décembre 2012)
- Le suivi trimestriel du Port de Prony : qualité de l'eau et des sédiments 2012. (Le rapport global sera finalisé en décembre 2012).
- Le suivi de la qualité des sédiments. (Le rapport global sera finalisé en décembre 2012).

Il n'y a pas eu de retard ou de dysfonctionnement dans l'acquisition des données au cours du premier semestre 2012 ; les missions d'évaluation et les échantillonnages ainsi ont tous été effectués en temps.

Conformément aux recommandations les échantillonnages de l'eau de mer et les observations des écosystèmes sont effectués à la même période.

Le calendrier des missions de suivi 2012 est rappelé ci-dessous.

2.1. Synthèse des suivis du milieu marin 2012

Le tableau suivant présente l'ensemble des suivis réglementaires, les dates auxquelles les missions de terrain ont été effectuées et les rapports communiqués

| | |
|--|--------------------------------------|
| | Préparation de la mission de terrain |
| | Mission effectuée ou en cours |
| | Rapport semestriel rendu fin août |
| | Rapport annuel prévu |

Tableau 16 : Synthèse des suivis réglementaires effectués en 2012 avec rapports émis à la mi-août (Bilan semestriel)

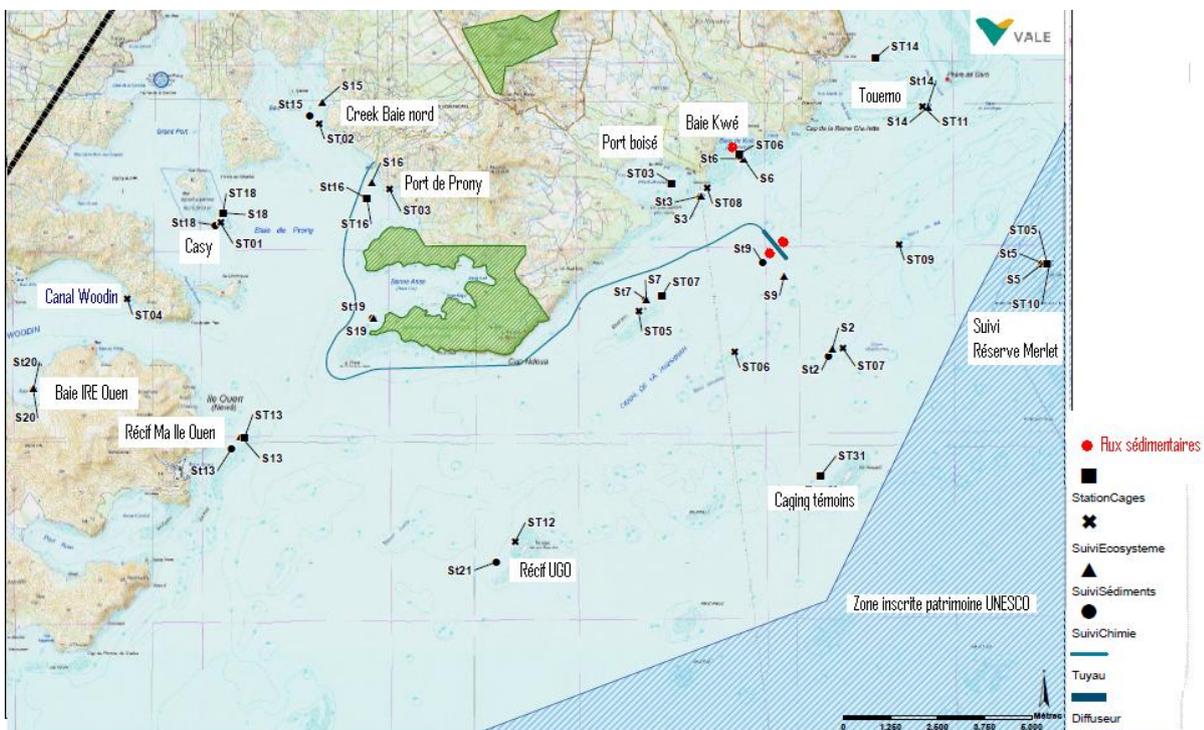
| Suivis réglementaires | Indicateurs | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jui | Jui | Aou | S | O | N | D | Jan 2013 |
|--|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|----------|
| Structure de la colonne d'eau 14 stations | Physique Chimique | | | | | | | | | | | | | |
| Qualité de l'eau dont les concentrations en métaux | Chimique | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi des écosystèmes | Biologique Corail Benthos Poissons | | | | | | | | | | | | | |
| Bio accumulation Sur transplants | Bio accumulateur | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi du taux de sédimentation | Physique | Suivi triennal, dernière mission en 2010, prochain suivi en 2013 | | | | | | | | | | | | |
| Suivi de la qualité des sédiments | Chimique | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi des flux sédimentaires | Physique | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi spécial zone Portuaire | Physique Chimique Sédiments | | | | | | | | | | | | | |

Le tableau suivant présente les études de surveillance du milieu marin qui sont effectuées en 2012

Tableau 17 : Synthèse des suivis supplémentaires effectués en 2012

| Suivis sur Initiative Vale NC 2011 | Indicateurs | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Ju | Ju | Aou | S | O | N | D | Jan 2013 |
|--|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|---|---|---|---|----------|
| Population des baleines à bosse | Biologique Animal emblématique | | | | | | | | | | | | | |
| Surveillance ciguatera | | | | | | | | | | | | | | |
| Surveillance phyto sanitaire des espèces consommées Poissons et coquillages | | | | | | | | | | | | | | |

La figure suivante est un rappel du déploiement des points de surveillance.

Figure 10 : Rappel des stations de suivi du milieu marin 2011 (rappel)


3. RESULTATS

3.1. Valeurs réglementaires et états de références

Pour le suivi du milieu marin il n'y a pas de dépassement de seuils réglementaires proprement dit, il ne s'agit pas d'émissions sujettes à des seuils mais de la santé des écosystèmes (milieux récepteurs).

- **Ce sont les états initiaux observés** avant le développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie qui servent de référence. Les états de référence sont présentés dans les dossiers ICPE (Caractérisation des milieux, VOLUME III, SECTION A, Caractérisation de l'environnement, Chapitre 5 : Océanographie physique, Chapitre 7 : Milieu écologique marin.)
- **Le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie**, élaboré par les membres des programmes ZONECO, le CNRT et de nombreux contributeurs, en 2011, présente des grilles de lecture ainsi que des références bibliographiques pour chaque type d'indicateurs, il peut servir de guide, avec toutes les recommandations interprétatives et les précautions qu'il préconise.
- **Les bases de données issues des missions de suivis antérieures** permettent une recherche des tendances évolutives. Ce sont ces tendances qui sont analysées par les prestataires qui assurent les suivis. Les prestataires externalisés qui effectuent les suivis ont en leur possession les bases de données des années précédentes pour pouvoir effectuer ces analyses comparatives.

Il est essentiel de raisonner en termes d'évolution et il est impossible de comparer des résultats ponctuels avec une grille de lecture immuable et universelle ou calédonienne. Comme le souligne le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie :

Il est impossible de donner une grille de lecture fiable de valeurs seuils, c'est la variabilité temporelle (saisonnnière et inter annuelle) ou bien spatiale des valeurs qui permettra de se prononcer sur la signification des données. Pour mettre en évidence un changement significatif, cette variabilité est une information nécessaire.

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 de référence. Tout changement significatif est signalé.

La mise en annexe de l'intégralité du rapport de suivi effectué par le bureau d'étude mandaté et des données brutes montre la transparence des conclusions. Rappel : Le suivi du milieu marin est entièrement externalisé.

Rappels : 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) et ils ont été effectués pendant les missions suivantes :

Caractéristiques du milieu marin :

- **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 de Prony. IRD 2007
 - Dernières campagnes effectuées : mars 2009, août 2009, mars 2010, août 2010, mars 2011 et aout 2011.

- Campagne actuelle de ce rapport : mars 2012.

➤ **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.
- Convention de recherches n° 1124 entre l'IRD et Vale NC (Goro Nickel à l'époque) portant sur 3 années prédictives quant au comportement de l'effluent : IRD 2007-2009. Volet éco-toxicologie.
- Dernières campagnes : 2010 et 2011
- Campagne actuelle de ce rapport : année 2012.

➤ **Sédiments**

- Rescan 2000
- Apports sédimentaires à l'embouchure du creek de la rade nord en baie de 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 de 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'autre part, de la dynamique sédimentaire dans la Baie de Prony et de la Baie de Kwé (évaluation de taux de sédimentation) ».
- Dernières campagnes effectuées : 2009 et 2010.
- Campagne actuelle : année 2012.

➤ **Stations éco-systémiques**

- La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données du suivi semestriel depuis 2007, suivi qui a été effectué sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (Premier trimestre 2012 : 8^{ème} mission de suivi).
- Les études d'état des lieux 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** », travail commandé par Vale Nouvelle-Calédonie pour la **période 1994-2007**, ACREM, 2008.
(Cf. tableau récapitulatif ci-dessous).
- D'autres inspections et inventaires sous-marins peuvent donner lieu à des analyses comparatives, comme les cinq missions de suivi supplémentaires de l'embouchure du creek de la baie Nord (suite à avril 2009), ou les suivis écologiques avant et après la pose de l'émissaire sur des stations situées sur l'émissaire.
- Dernières campagnes réglementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, mars 2010, Aout/septembre 2010, mars 2011 et aout 2011.
- Campagne actuelle : mars 2012.

Le tableau n°18 suivant rappelle l'ensemble des missions d'évaluation éco-systémiques et de suivis sous-marins qui ont été effectués depuis 1994 dans le domaine d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie. L'ensemble des bureaux d'études et des spécialistes calédoniens a participé à ce travail.

Tableau 18 : Caractérisation du milieu marin – écosystèmes

| Date de l'évaluation | Auteurs et/ou bureaux d'études | Titre |
|--|----------------------------------|--|
| 1994 | Pieere Thollot / Laurent Wantiez | Caractérisation des milieux marins dans la région de Prony |
| 1996 | Pierre Thollot/ Laurent Wantiez | Evaluation des impacts du projet Goro Nickel sur les communautés biologiques marines de la baie Kwé et de la zone portuaire de la baie du Prony |
| Aout 2000 | Rescan/ACREM/A2EP | Évaluation environnementale du projet Goro Nickel Milieu marin |
| Juillet 2000 | ACREM/ Sebastien Sarramegna | Caractérisation des communautés biologiques coralliennes dans le cadre du projet Goro Nickel |
| Avril 2004 | Rescan/ ACREM | Caractérisation du milieu marin (15 stations) |
| Mai et juin 2004 | Sabrina Virly/ Pierre Laboute | Caractérisation des communautés biologiques du banc Ionontea dans le canal de la Havannah |
| Nov 2004 | Pierre Laboute | Expertise du site : zone du débarcadère en baie du Prony |
| Mai 2005 | Sabrina Virly/Pierre Laboute | Caractérisation des communautés marines biologiques autour du futur émissaire du projet Goro Nickel |
| Juillet 2005 | Pierre Laboute | Caractérisation des communautés marines biologiques sur 6 stations du canal de la Havannah |
| Aout 2005 | A2EP/ACREM | Etat de référence des peuplements récifaux et poissons associés en baie du Prony et dans le canal de la Havannah |
| Aout 2005 | Pierre Laboute | Expertise en baie du Prony |
| Mars 2007 | Melanopus | Etat de référence des habitats coralliens le long du tracé de l'émissaire. Baie Kwé et canal dela Havannah. |
| Mai 2007 | Soproner | Caractérisation du milieu marin le long du tracé de l'émissaire |
| Nov 2007 | Aqua terra/ ACREM | Etat biologique de 5 stations sur le tracé de l'émissaire |
| Dec 2007 | A2EP | Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie du Prony et canal de la Havannah |
| 2008 2009 2010a 2010b 2011a 2011b | Aqua terra / ACREM / Biocénose | Suivis de l'état des communautés coralliennes et des populations associées en baie du Prony et dans le canal de la Havannah Suivis semestriels réglementaires |

Tous les rapports sur les états de référence ont été communiqués aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (chapitre : Caractérisation des milieux) ainsi que les rapports de suivi et les études. Ils ont aussi été communiqués à l'ŒIL (Observatoire créée en 2009) en 2010, dans leur intégralité.

La figure suivante montre le déploiement des efforts d'évaluation du milieu éco-systémique sous-marin dans la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie pour effectuer un état des lieux entre 1994 et 2007.

Figure 11 : Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations



➤ Flux sédimentaires

L'état de référence des densités de flux verticaux de particules a été déterminé pour le canal de la Havannah et la baie Kwé en 2007 (convention IRD/Goro nickel n°1230)

- Dernière campagne réglementaire : 2011
- Campagne actuelle : année 2012

3.2. Valeurs obtenues

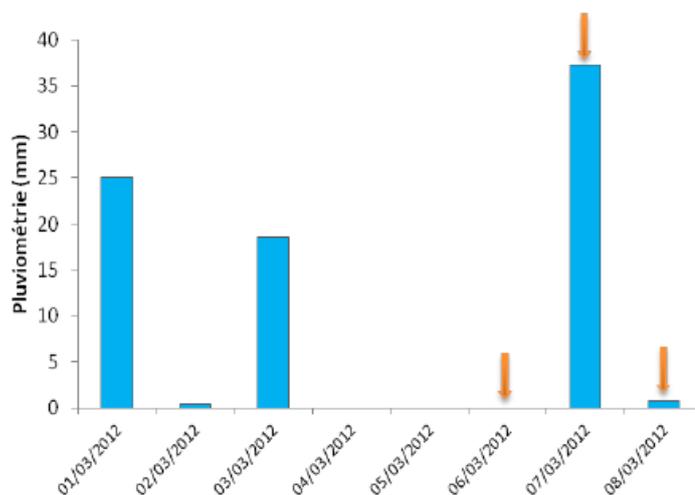
3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain ont été réalisées :

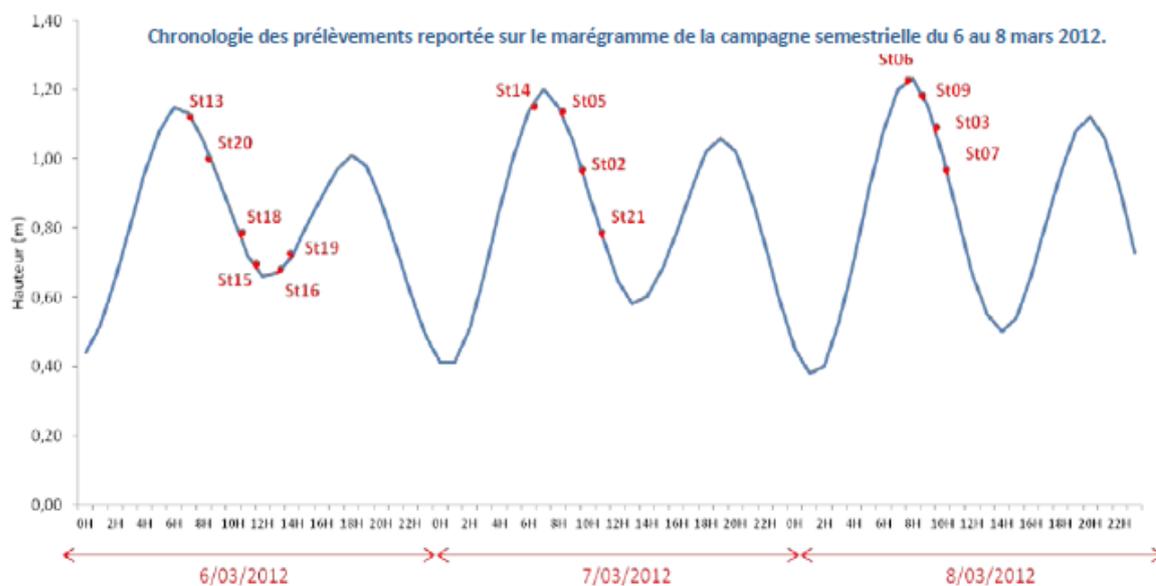
- campagne semestrielle du 6 au 8 mars 2012 sur les 14 stations prédéfinies
- la campagne trimestrielle a eu lieu le 10 mai 2012 sur les deux stations St15 et St16 (au port et près de l'embouchure du creek de la Baie Nord)

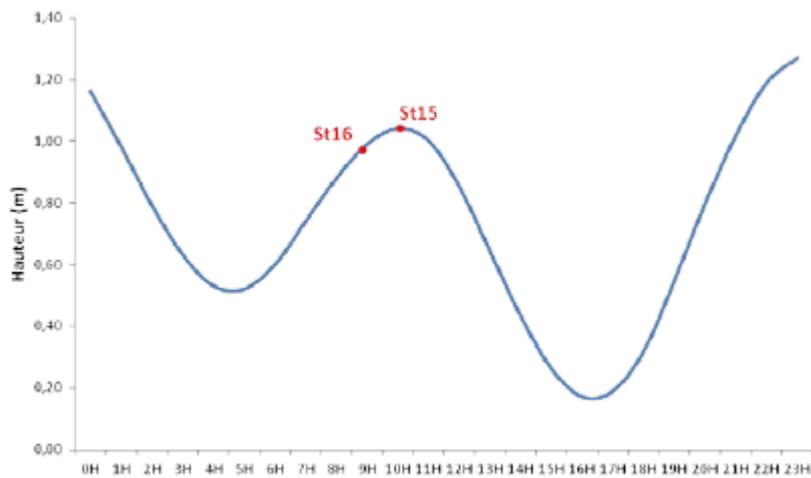
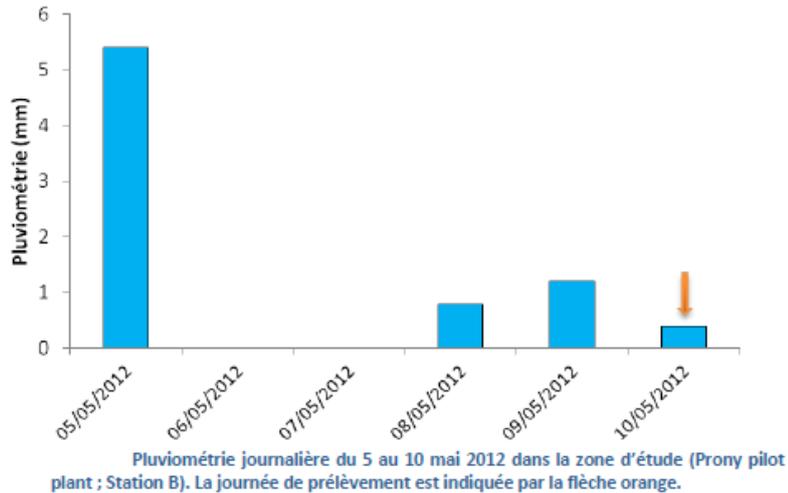
Les figures suivantes situent les prélèvements lors de la mission du second semestre 2011, en fonction des marées et des précipitations.

Figures 12 : Conditions météorologiques et état marées (campagnes du premier semestre 2012) sur toutes les stations. Au niveau des stations ST14 et ST16, une campagne supplémentaire a eu lieu en mai à raison du suivi trimestriel de ces deux stations.



Pluviométrie journalière du 1^{er} au 8 mars 2012 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; Station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches orange.





Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude (missions de février/mars) sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche (missions d'août) sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie et les températures est forte et la pertinence des conclusions doit tenir compte des saisons. Cependant la séparation entre saison sèche et saison humide n'est pas rigide, il est plus judicieux de parler de saison fraîche et de saison chaude.

Les conditions météorologiques observées durant la campagne semestrielle de 2012 sont les plus proches, depuis 2007, des caractéristiques climatiques des zones tropicales.

Le rapport complet présentant les résultats des analyses de tous les paramètres (28 paramètres indicateurs suivis sur 14 stations) est donné en annexe n°2 du présent document ainsi que les données brutes. Il peut être résumé comme suit :

Mission de MARS 2012 (Saison chaude, premier semestre 2012)

- **Éléments majeurs et le pH:** les résultats sont conformes aux valeurs attendues, sur toutes les stations et à toutes les profondeurs.

Aucune variation significative n'est observable par rapport aux résultats des missions précédentes. pH moyen de 8,26 +/- 0,05

Le tableau suivant présente les valeurs du pH et les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) sur le domaine entier puis sur les deux sous domaines différents que sont le canal de la Havannah et baie du Prony. Les stations ST15 (embouchure du creek baie Nord) et ST16 (port de Prony) font l'objet d'un suivi plus fréquent et d'un rapport séparé en fin d'année.

Tableau 19 : pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse pour la campagne du premier semestre 2012

: PH et concentrations des éléments majeurs dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

| | | pH | Ca (µg/L) | K (mg/L) | Mg (mg/L) | Na (mg/L) | Cl (mg/L) | SO4 (mg/L) |
|----------------------|---------|-------------|-----------|----------|------------|-------------|-------------|------------|
| Domaine entier | Minimum | 8,08 | 439 | 335 | 1292 | 11587 | 19813 | 2562 |
| | Maximum | 8,31 | 568 | 398 | 1714 | 13709 | 21487 | 2923 |
| | Moyenne | 8,26 ± 0,05 | 488 ± 38 | 352 ± 13 | 1432 ± 106 | 12382 ± 599 | 20449 ± 407 | 2713 ± 74 |
| Canal de la Havannah | Minimum | 8,28 | 439 | 335 | 1292 | 11704 | 19905 | 2562 |
| | Maximum | 8,31 | 568 | 398 | 1714 | 13709 | 21425 | 2923 |
| | Moyenne | 8,29 ± 0,01 | 510 ± 38 | 359 ± 17 | 1489 ± 116 | 12231 ± 679 | 20462 ± 455 | 2737 ± 88 |
| Baie du Prony | Minimum | 8,14 | 442 | 336 | 1308 | 12604 | 20312 | 2630 |
| | Maximum | 8,25 | 468 | 357 | 1399 | 13406 | 20826 | 2803 |
| | Moyenne | 8,23 ± 0,03 | 453 ± 9 | 345 ± 7 | 1343 ± 31 | 12845 ± 229 | 20617 ± 170 | 2702 ± 59 |

: Valeur du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates mesurées lors des campagnes trimestrielles de mars et mai 2012.

| Campagne | Station | Niveau | pH | Mg (mg/L) | SO4 (mg/L) |
|-----------|---------|--------|------|-----------|------------|
| Mars 2012 | St15 | S | 8,24 | 1328 | 2742 |
| | | M | 8,24 | 1317 | 2652 |
| | | F | 8,24 | 1370 | 2630 |
| Mars 2012 | St16 | S | 8,24 | 1325 | 2780 |
| | | M | 8,24 | 1331 | 2774 |
| | | F | 8,22 | 1394 | 2803 |
| Mai 2012 | St15 | S | 8,29 | 1384 | Nd |
| | | M | 8,29 | 1386 | Nd |
| | | F | 8,26 | 1412 | Nd |
| Mai 2012 | St16 | S | 8,31 | 1376 | 2650 |
| | | M | 8,30 | 1405 | 2696 |
| | | F | 8,29 | 1369 | 2666 |

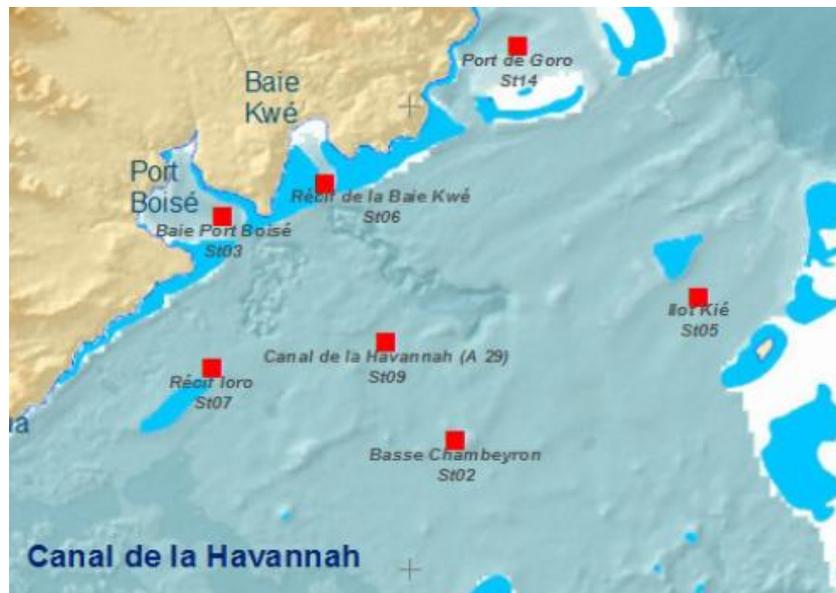
Nd : Concentrations non déterminées (Les concentrations de sulfates de la station S15 seront fournies dans le rapport final de novembre 2012).

- **Hydrocarbures:** L'analyse des prélèvements aux stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limites de détection de la méthode (LQ < 0,1 mg/L).
- **Carbonates :** Les résultats d'analyse des carbonates des campagnes de mars et mai 2012 sont relativement similaires et conformes aux valeurs attendues
- **Matières en suspension totales (MEST) :** Les concentrations moyennes obtenues au niveau des stations du Canal de la Havannah (0,45 ± 0,12 mg/L) et en Baie du Prony (0,43 ± 0,12 mg/L) sont relativement similaires. Les stations de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) ainsi que les stations St13 (Pointe du récif Ma) et St20 (Baie Iré) montrent des concentrations de MEST en profondeur plus élevées que les concentrations de mi- profondeur et de surface. Cette distribution n'est pas été observée au niveau des autres stations. Les figures suivantes rappellent la position de ces stations afin de faciliter la lecture.

Figure 13a : Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony)



Figure 13b : Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Canal de la Havannah)



Dans la couche de fond, les concentrations de MEST mesurées aux stations St06 Près du phare de bonne Anse, (35,24 mg/L) et St07 au récif Ioro (3,24 mg/L) sont très élevées; Ces fortes concentrations ont probablement été causées par une remise en suspension du sédiment au moment des prélèvements sur des fonds de 20 et 40 m. Elles ont donc été écartées des interprétations.

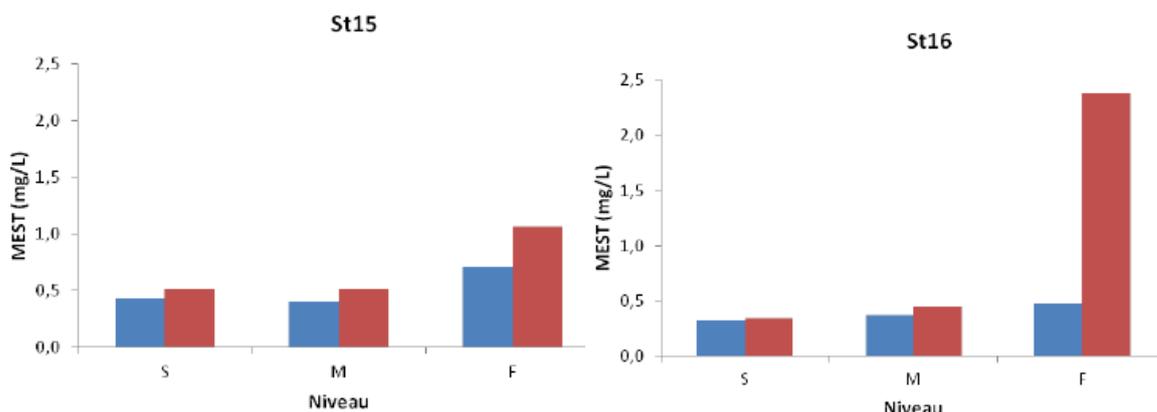
Les concentrations de MEST de la couche de fond des stations St15 (Creek Baie Nord) et St16 (port) sont plus élevées que les celles de mi- profondeur et surface (Cf. Figure 14). Ces deux stations font l'objet d'un suivi trimestriel, les concentrations de MEST en mai 2012 sont légèrement plus élevées qu'en mars 2012, à l'exception de la concentration des eaux profondes de la station St16. En effet, cette dernière présente une concentration de fond 5 fois plus élevées en mai 2012 (2,39 mg/L) que

celle mesurée en mars 2012 (0,48 mg/L). Cette différence se retrouve dans les profils de turbidités réalisés avec la sonde multiparamétrique.

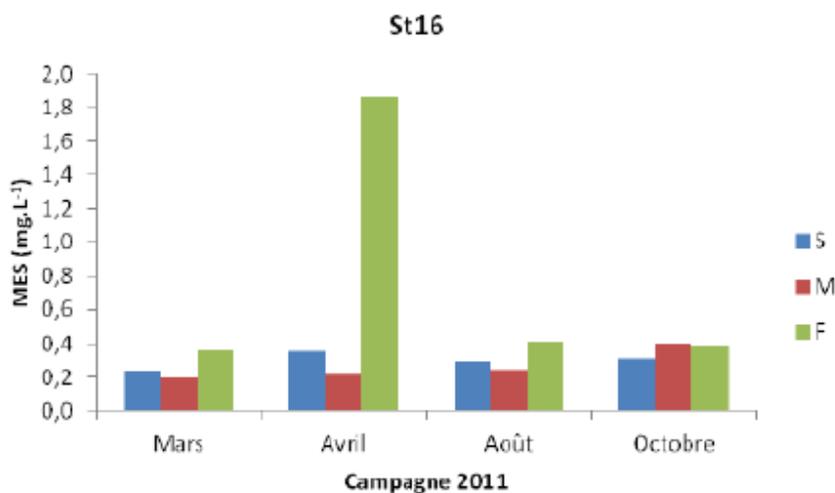
Cette même configuration avait été relevée ponctuellement en avril 2011.

Pour ces deux stations la synthèse annuelle sera donnée en fin d'année 2012 avec une analyse approfondie de l'évolution des MEST en relation avec la météorologie et le trafic portuaire.

Figures 14 : MEST en surface (S), à mi profondeur (M) et au fond (F) pour les stations ST15 (Creek Baie Nord) et ST16 (Port) lors des relevés trimestriel de MARS 2012 (couleur bleue) et de MAI 2012 (couleur bordeaux)

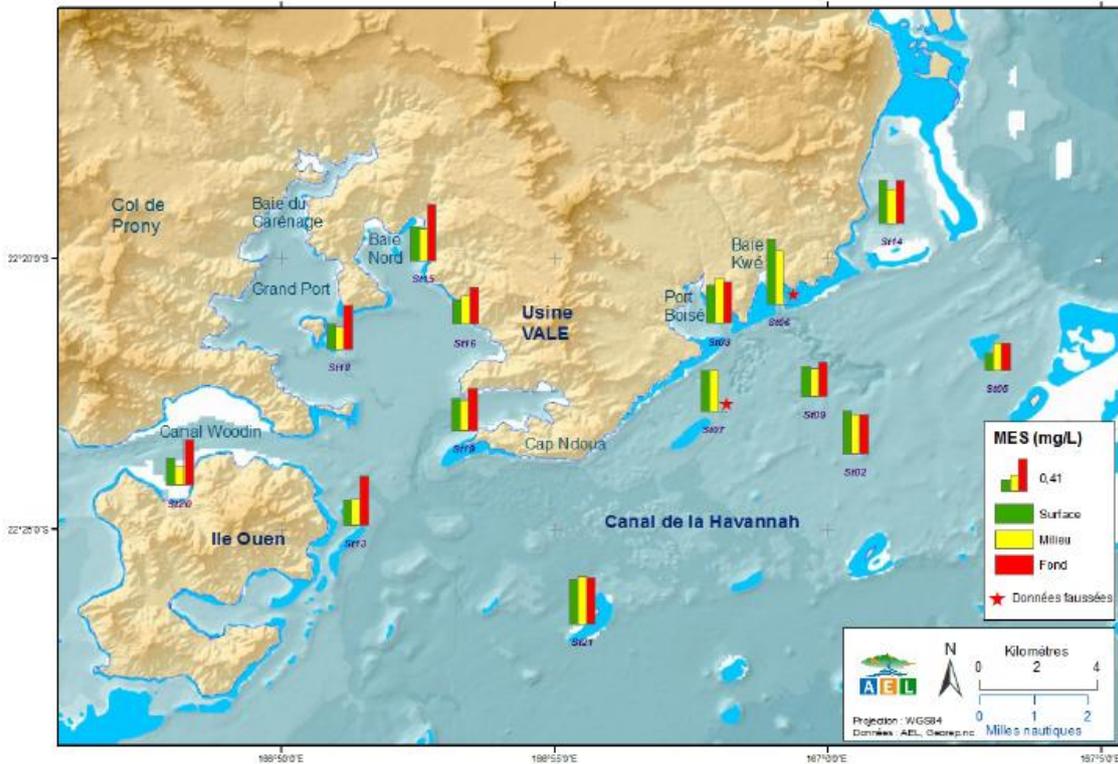


Et pour rappel les résultats de 2011 sur ST16 lors des 4 campagnes trimestrielles de mars, avril, août et octobre 2011 sont présentés sur la figure ici dessous, S=en surface ; M=à mi profondeur et F=au fond.



L'ensemble des concentrations en MEST sur toutes les stations lors de la mission de mars 2012 est synthétisé sur la figure 15 suivante. Les données brutes sont en annexe.

Figure 15 : Concentration de MES (S = surface, M = mi profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



- **Structure de la masse d'eau : Profils de température, salinité, fluorescence et turbidité en fonction de la profondeur** : les résultats sont conformes aux valeurs attendues, sur toutes les stations. La caractérisation des stations sous influence terrigène et sous influence marine confirme les analyses des années précédentes et les études courantologies. (Détails dans le rapport intégral en annexe).

La température :

Le tableau suivant présente température et salinité sur le domaine étudié..

Tableau 20 : Températures et salinité en saison fraîche et sèche (mars 2012)

Synthèse des valeurs de température, salinité, turbidité et fluorescence dans le domaine entier, le Canal de la Havannah et la Baie du Prony lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

| | | Température (°C) | Fluorescence (mg/m ³) | Turbidité (NTU) | Salinité (‰) |
|----------------------|---------|------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------|
| Domaine entier | Minimum | 26,06 | 0,02 | 0,13 | 34,74 |
| | Maximum | 27,25 | 0,97 | 8,26 | 35,33 |
| | Moyenne | 26,74 ± 0,1 | 0,39 ± 0,09 | 0,51 ± 0,32 | 35,17 ± 0,09 |
| Canal de la Havannah | Minimum | 26,38 | 0,23 | 0,15 | 35,13 |
| | Maximum | 26,80 | 0,80 | 4,10 | 35,22 |
| | Moyenne | 26,70 ± 0,06 | 0,41 ± 0,06 | 0,46 ± 0,19 | 35,15 ± 0,01 |
| Baie du Prony | Minimum | 26,06 | 0,02 | 0,13 | 35,03 |
| | Maximum | 27,25 | 0,97 | 8,26 | 35,33 |
| | Moyenne | 26,81 ± 0,15 | 0,38 ± 0,15 | 0,69 ± 0,56 | 35,25 ± 0,04 |

La salinité : Dans la Baie du Prony, la salinité est plus faible en surface au niveau de la station S115 (min = 35,127 ‰), sous l'influence du Creek de Rade du Nord mais également à la station S118 de l'îlot Casy (min = 35,025 ‰), dessalure quelque peu inhabituelle. (Bien qu'il n'ait pas plu les trois jours précédant la mission, Cf. figure12) Toutefois, les valeurs de salinité de ces

stations augmentent rapidement à partir de 3 et 10 m de profondeur, respectivement, pour ensuite stagner dans le reste de la colonne d'eau. Les profils sont en annexe de ce document.

La turbidité : Parmi toutes les stations, la valeur maximale de turbidité, a été mesurée en surface à la station St19 ; celle-ci atteint 8,26 NTU. De 0 à 15 m de profondeur, la turbidité diminue passant de 8,26 à 0,50 NTU puis les valeurs varient entre 0,23 et 0,82 NTU dans le reste de la colonne d'eau. La position de la station St19 placée sous le vent du récif de Bonne Anse combinée aux conditions météorologiques fortes du 6 mars 2012 (20 nœuds de secteur S-E) peut fournir une explication à cette observation avec une remise en suspension de particules carbonatées.

La fluorescence : Les valeurs de fluorescence des stations de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) augmentent toutes progressivement avec la profondeur. Cette augmentation est particulièrement forte au niveau de la station St16 où les valeurs passent de 0,03 à 0,91 mg/m³. La valeur de fluorescence maximale a été mesurée à la station St19 en profondeur et s'élève à 0,97 mg/m³. L'augmentation des valeurs de fluorescence permet de mettre en évidence l'augmentation du métabolisme benthique en période chaude qui entraîne dans la colonne d'eau des éléments nutritifs minéralisés dans les sédiments.

Conclusion : Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, voire St18 à Casy), de la station Kwé (St06) et de celle de Port Boisé (St03). Les apports d'eaux douces sont décelés par des salinités plus faibles en surface (St03, St15 et St18). Ces apports sont également nettement mis en évidence par la formation de couches de forte turbidité en surface comme observé à la station St16 ou en profondeur (néphéloïdes benthiques des stations St03 et St15) ; la forte turbidité mesurées à la station St19 relève plus probablement de phénomènes de remise en suspension de particules carbonatées sous l'influence des conditions météorologiques particulières.

- **Chlorophylle « a » et phéo-pigments :**

Les concentrations de chlorophylle a et phéo-pigment ne mettent pas en évidence de gradient horizontal ni vertical dans le domaine d'étude

- **Concentrations en sels nutritifs : ammonium NH_4^+ , nitrates et nitrites, phosphates, silicates.**

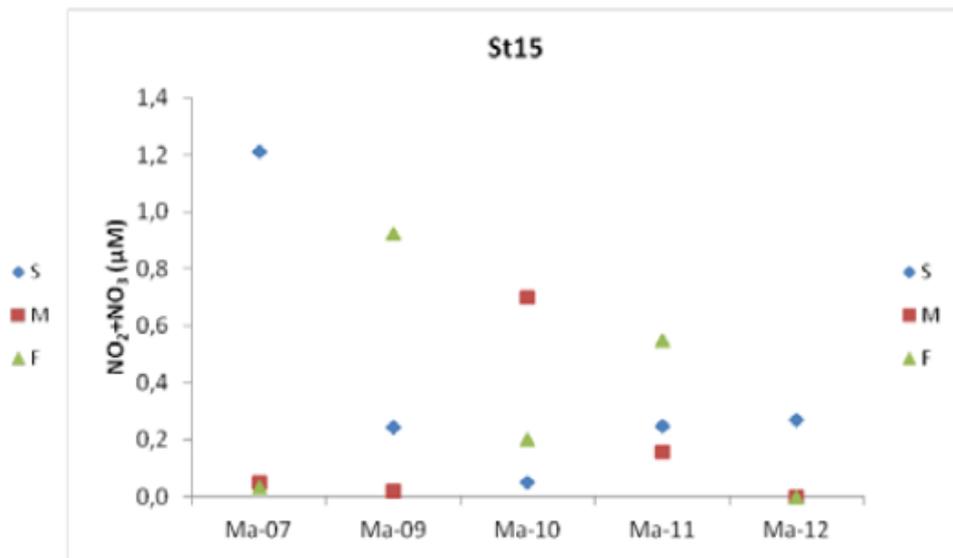
↳ *Les analyses de silicates n'ont pas été réalisées en raison d'un problème technique qui a touché la chaîne de mesure en flux continu. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et seront fournis dans le prochain rapport annuel de novembre 2012.*

Les concentrations d'ammonium des stations de la Baie du Prony ainsi que des stations St03 et St06 mettent en évidence un gradient vertical avec des concentrations de fond nettement supérieures aux concentrations de mi- profondeur et surface ; cette distribution est accord avec les observations effectuées en fluorescence (chlorophylle) et les concentrations en ammonium.

Les concentrations de phosphates sont plus élevées au niveau des stations de la Baie du Prony et de la station St20 (île Ouen). Bien que souvent plus marquées dans la couche de fond, les concentrations ne présentent pas de gradient très précis.

La figure 16 suivante présente l'évolution temporelle des nitrates/nitrites sur la station St 15 à l'embouchure du Creek de la Baie Nord.

Figure 16 : Concentrations de nitrates + nitrites mesurées en surface (S) , mi-profondeur (M) et fond (F) sur la station St15 du creek de la baie Nord lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012)



Pour rappel le guide ZoNeco /CNRT indique un milieu non perturbé jusqu' à des concentrations de 0,5 µmol/L de nitrates.

- **Carbone, azote et phosphore organiques** : NOD, POD, NOP, POP et COP selon s'ils sont dissous ou particulaires, la distinction entre la matière dissoute et la matière particulaire étant généralement située à la limite de 0,45 µm.

Aucune distribution ni anomalie particulières ne sont observées au cours de cette mission.

(Résultats intégraux en annexe de ce document)

- **Concentration en métaux :**

Comme il a été observé lors des campagnes précédentes et de l'état des lieux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé. Les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eau océaniques, se distinguent clairement par des concentrations en métaux (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) nettement inférieures à celles mesurées aux stations proches des côtes (St03, St06, St14, St15, St18, St19 et St 20).

Rappel :

Les concentrations habituellement observées dans le lagon, en métaux dissous indicateurs est indiqué dans le guide du lagon ZoNeco / CNRT 2011, en fiche 9.

Un état des lieux a été effectué par l'IRD en 2005 pour la zone Vale NC et notamment pour les stations suivies dans ces missions de surveillance qui ont toutes été incluses dans la caractérisation 2005.

↳ Les analyses de l'arsenic et de chrome total n'ont pas été réalisées en raison d'un problème d'appareillage. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et feront l'objet d'un addendum. Le rapport annuel les présentera en intégralité. Le Cr VI quant à lui, a bien été analysé.

Les concentrations de Co (0,092 µg/L), Mn (1,13 µg/L) et Ni (0,37 µg/L) maximales ont été mesurées à la station St15 en profondeur. En effet, cette station est directement influencée par les apports terrigènes de la Baie du Prony ; ceux-ci ont probablement dû être accentués par les précipitations ayant eu lieu avant (34,1 mm) et pendant la campagne (56,6 mm).

Les concentrations de Cd et Pb sont en dessous des limites de quantification fixées, compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du Sud calédonien.

Les concentrations maximales des métaux dissous Co, Mn et Ni ont toutes été mesurées à la station St15 en profondeur. Cette station est fortement influencée par les apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony.

L'analyse temporelle des fluctuations des paramètres est expliquée par le lessivage des sols latéritiques. Le gradient de distribution des métaux indicateurs d'influence terrigène est bien marqué, de la cote vers le centre du canal de la Havannah (Ni, Co, Cr VI, Mn) en cohérence avec les études précédentes.

Les figures suivantes montrent les résultats pour les stations les plus caractéristiques :

- **St15: Embouchure Creek Baie Nord en baie du Prony**
- **St06 : Embouchure baie Kwé**
- **St09: Canal de la Havannah près du diffuseur**

Pour faciliter la lecture du document nous rappelons la position et le nom usuel des stations suivies et les domaines différents distingués: Baie du Prony, canal Woodin, zone côtière du canal de la Havannah, centre du canal de la Havannah

Figure 17 : Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies



Les grands domaines distincts:

1. Domaine de la baie du Prony : St15 ; St16, St18 et St19
2. Domaine du canal Woodin: St20
3. Domaine des baies côtières : St03 et St06
4. Domaine du canal de la Havannah : St09, St02, St05, et St 21.

| Localisation | Station | Profondeur (m) |
|-------------------------|---------|----------------|
| Basse Chambeyron | St02 | 33 |
| Baie Port Boisé | St03 | 29 |
| Ilot Kié | St05 | 34 |
| Récif de la Baie Kwé | St06 | 20 |
| Récif loro | St07 | 41 |
| Canal de la Havannah | St09 | 47 |
| Pointe Nord du récif Ma | St13 | 35 |
| Port de Goro | St14 | 37 |
| Prony Creek Baie Nord | St15 | 25 |
| Prony Wharf | St16 | 44 |
| Prony Ilot Casy | St18 | 26 |
| Rade de l'est | St19 | 38 |
| Baie Iré | St20 | 25 |
| Ilot Ugo | St21 | 36 |

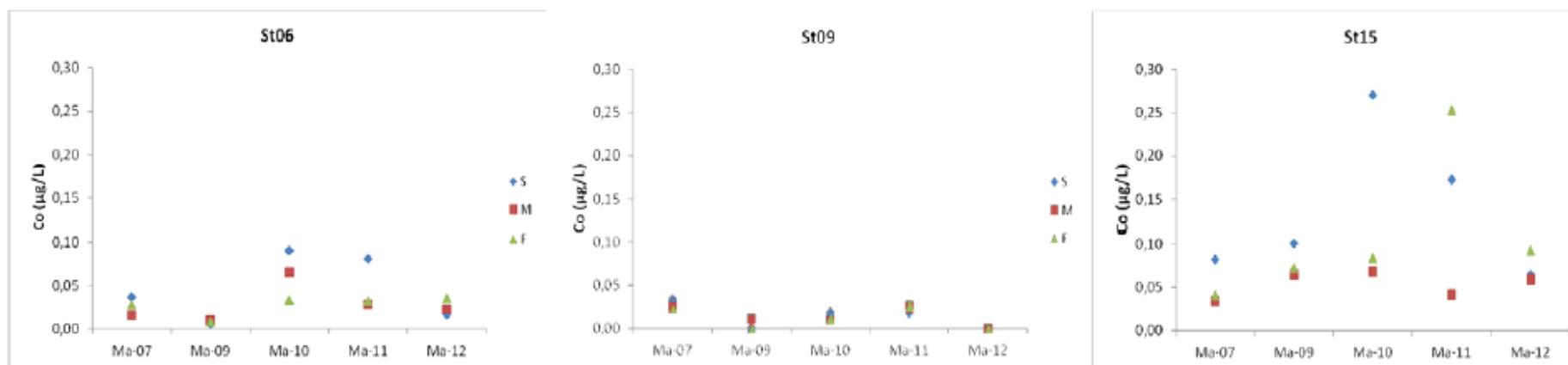
Les figures suivantes présentent l' évolution temporelle entre 2007 et 2012.

Figure 18 : Concentrations en Cobalt (Co) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)

Les valeurs non marquées sont inférieures à la limite de quantification (au centre du canal de la Havannah en St 09 pour le Co)

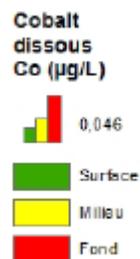
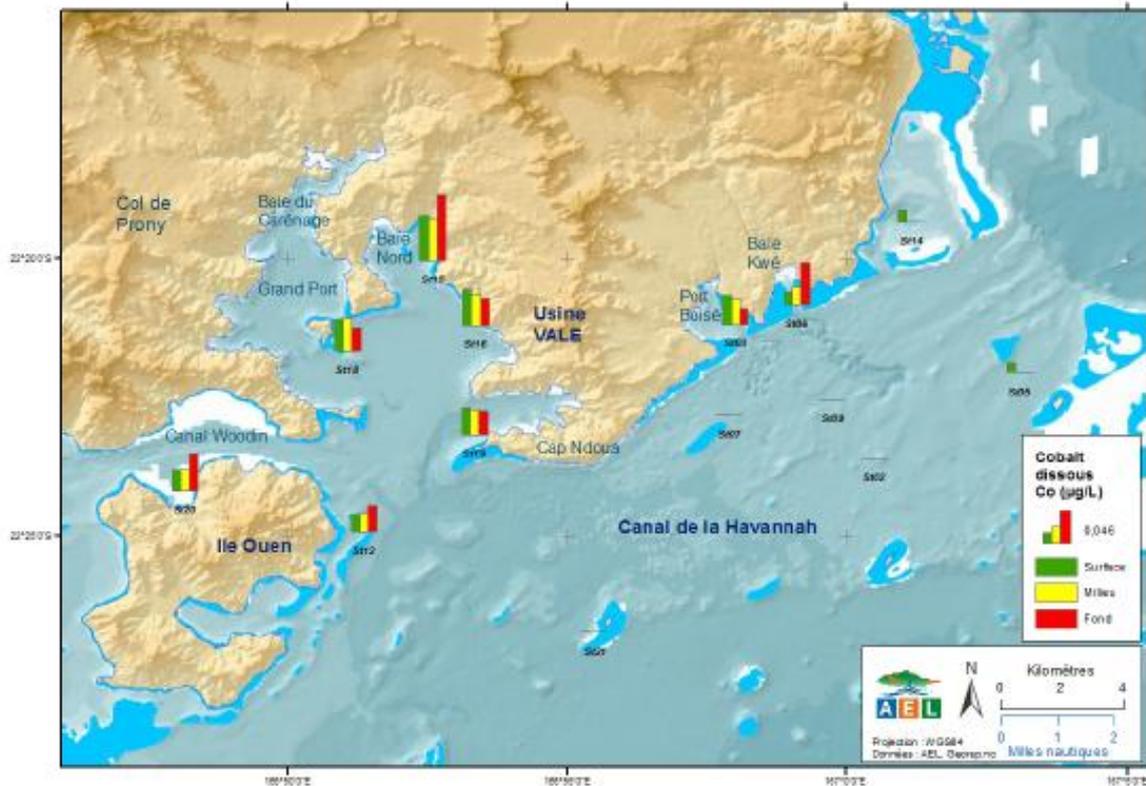
Concentrations de Co mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).



La carte suivante montre la distribution spatiale des concentrations en Co sur toutes les stations (en mars 2012). Ce marqueur terrigène est absent ou en infime quantité sur les stations du canal de la Havannah, malgré les pluies précédant la mission d'échantillonnage. Cela confirme bien les modélisations hydrodynamiques de la zone.

Quand la concentration en Co sur la couche d'eau de surface est plus élevée cela indique un flux d'eau douce dû à un creek et pendant un épisode pluvieux, la carte suivante indique ce fait au niveau de la station St20 à l'île Ouen, et aux stations St15, St03 et St06. Ce qui est attendu et normal et confirme la qualité des analyses.

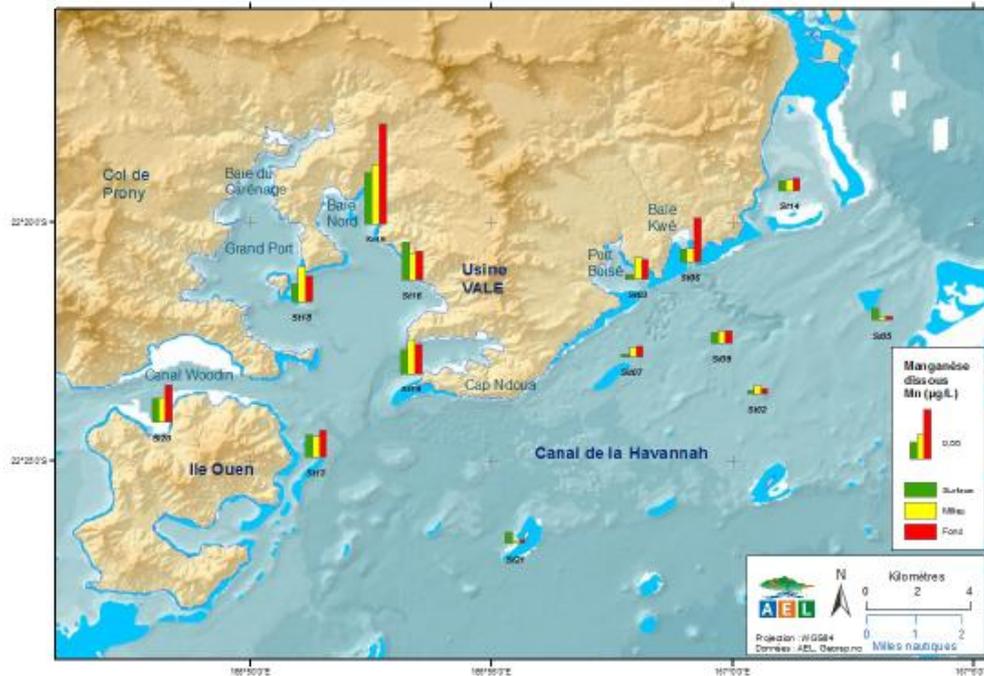
(Données brutes en annexe de ce rapport).

Figure 19 : Concentrations en Co sur toutes les stations en mars 2012.


La carte suivante montre la distribution spatiale des concentrations en manganèse sur toutes les stations en mars 2012. Les mêmes conclusions sont observées, cet indicateur terrigène est en très faible concentration dans le canal malgré les pluies précédant la mission.

Figure 20 : Concentrations en Mn sur toutes les stations en mars 2012.

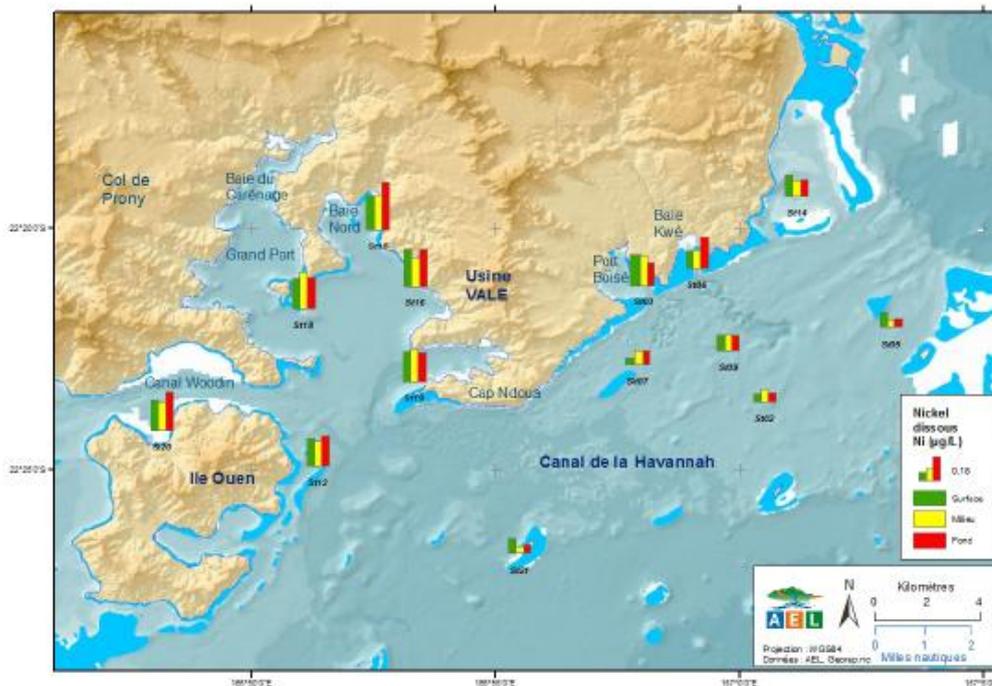
Concentration de manganèse (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Le nickel suit le même schéma de distribution spatiale que le cobalt et le Mn.

Figure 21 : Concentrations en Ni sur toutes les stations en mars 2012.

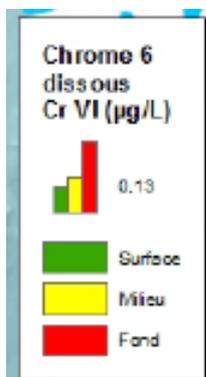
Concentration de nickel (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



(Toutes les données brutes sont en annexes de ce rapport)

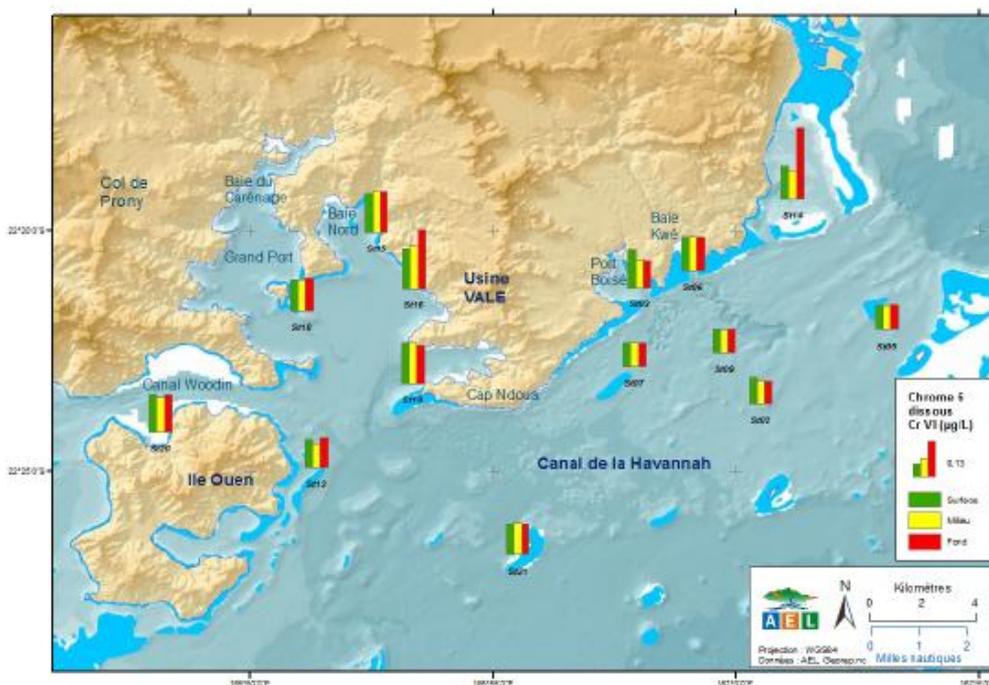
Les résultats du premier semestre 2012 corroborent les résultats des dernières campagnes de suivis.

Figure 22: Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en mars 2012.



Maximum sur St 14 (le port de Goro) en surface avec 0,26 µg/L +/- 0,005

Concentration de chrome(VI) (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Le guide ZoNeco /CNRT 2011 donne en grille de lecture indicative les concentrations en métaux suivants : Mn, Ni et Chrome VI (fiche 9).

Milieu non perturbé : Cr VI < 0,25 µg/L ; ne pas dépasser 0,60 µg/L

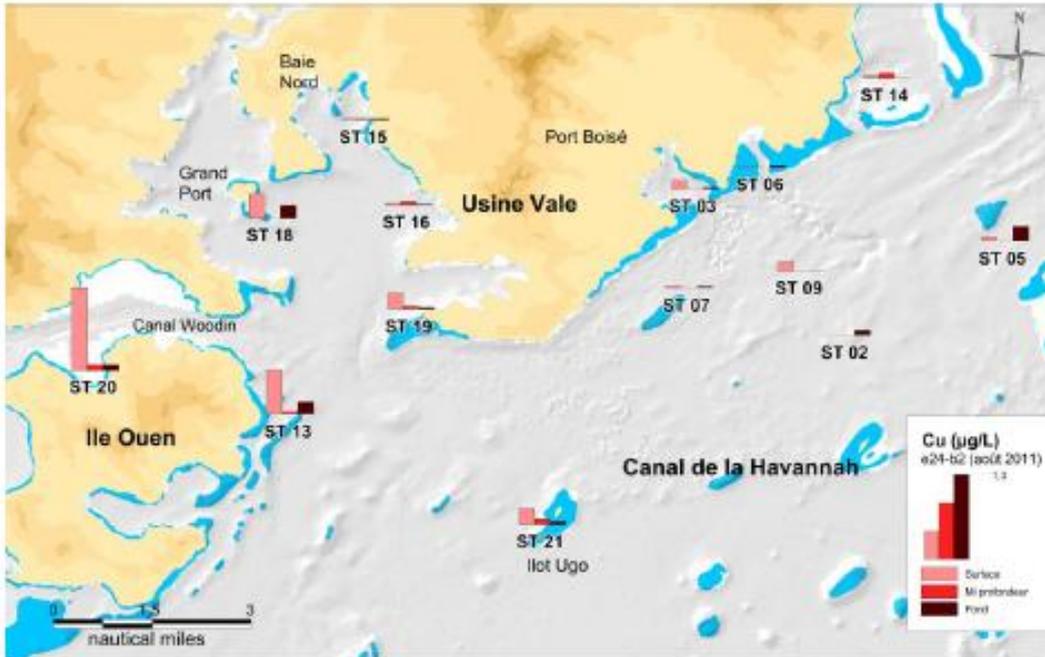
Milieu non perturbé : Ni < 0,40 µg/L ; ne pas dépasser 0,75 µg/L

Milieu non perturbé : Mn < 0,35 µg/L ; ne pas dépasser 0,80 µg/L

Les deux figures suivantes (23 a et 23 b) présentent les concentrations en cuivre en 2011 & en 2012, en mars 2012 et comme précédemment en aout 2001, elles sont plus élevées en surface dans la baie Iré (Nord de l'île Ouen) en dehors de l'influence du projet Vale Nouvelle-Calédonie.

Figure 23a : Concentrations en Cu sur toutes les stations en août 2011

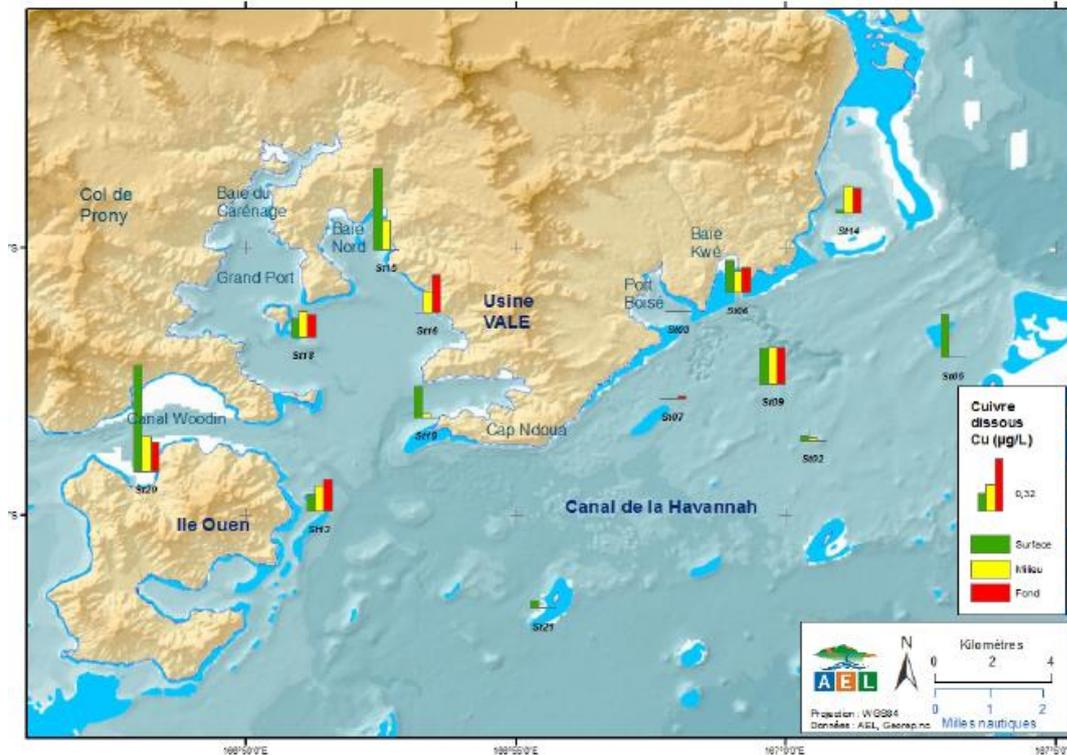
Concentration de cuivre (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Légende : la barre marron entière représente une concentration en Cu de 1,3 µg/L

La station St 20 nous avait alors intrigués car elle présentait 1,21 /L de Cu en surface.
En mars 2012 elle présente toujours une concentration en Cu maximale mais avec 0,63µg/L

Figure 23b : Concentrations en Cu sur toutes les stations en mars 2012



Légende : la barre rouge entière représente une concentration en Cu de 0,32 µg/L

– **Comparaisons interannuelles**

La seconde partie du rapport d'expertise est une analyse de l'évolution temporelle des indicateurs en réponse au cahier des charges et aux exigences du suivi réglementaire. Les conclusions d'expertises sont intégralement données dans ce rapport, en annexe n°2.

- Globalement pour l'ensemble du domaine d'étude, les concentrations moyennes en sels nutritifs mesurées lors des campagnes semestrielles « saison humide » ne montrent pas de tendance particulière entre 2007 et 2012.
- Les concentrations d'ammonium et de phosphates sont similaires entre les campagnes ainsi que dans les deux zones d'étude.
- Les concentrations de nitrates et nitrites ne montrent pas de différence entre les campagnes de 2007 et 2011 mais celles-ci sont nettement plus faibles en 2012.
- Les concentrations moyennes de POD de l'ensemble du domaine étudié ont été multipliées par 4 entre 2007 et 2010 puis elles ont diminué de 2010 à 2012 (Celles-ci sont retombées à des niveaux quasiment identiques à ceux mesurés en 2007).
- Les concentrations de POP et NOP sont relativement stables entre des différentes campagnes de « saison humide » ;
- Les concentrations de chlorophylle a ont presque doublé entre 2007 et 2010 et sont ensuite revenues aux valeurs initialement mesurées entre 2010 et 2012 ;
- Les concentrations moyennes de phé-opigments sont stables entre les campagnes de «saison humide » dans l'ensemble du domaine étudié ;
- Pour le domaine d'étude entier, les concentrations moyennes en Co, Mn et Ni sont stables entre les différentes campagnes menées depuis 2007. Cependant, dans la Baie du Prony, les concentrations de Ni sont plus faibles et moins dispersées en 2012.
- Les concentrations de Cr(VI) du Canal de la Havannah sont stables entre les différentes campagnes Celles-ci sont beaucoup plus dispersées en Baie du Prony et différent entre les campagnes ; elles augmentent entre 2009 et 2011 puis diminuent entre 2011 et 2012. Cependant, au vue des importants écart-types de ces concentrations, cette tendance doit être interprétée avec précaution.
- Les concentrations moyennes de Fe, Zn et Cu varient entre les différentes campagnes. Les écart-types montrent une importante dispersion des concentrations de ces trois métaux, aucune tendance ne peut donc être déterminée entre les différentes campagnes. On peut cependant noter une augmentation des concentrations de Cu dans la Baie du Prony en 2012. En effet, celle-ci s'élève à $0,18 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$ avec un maximum de $0,48 \mu\text{g/L}$, ce qui est moindre que les $0,63\mu\text{g/L}$ en baie Iré.

Les figures 24a et 24b suivantes montrent l'évolution temporelle des concentrations en métaux : Co, Cr VI, Mn et Ni sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)

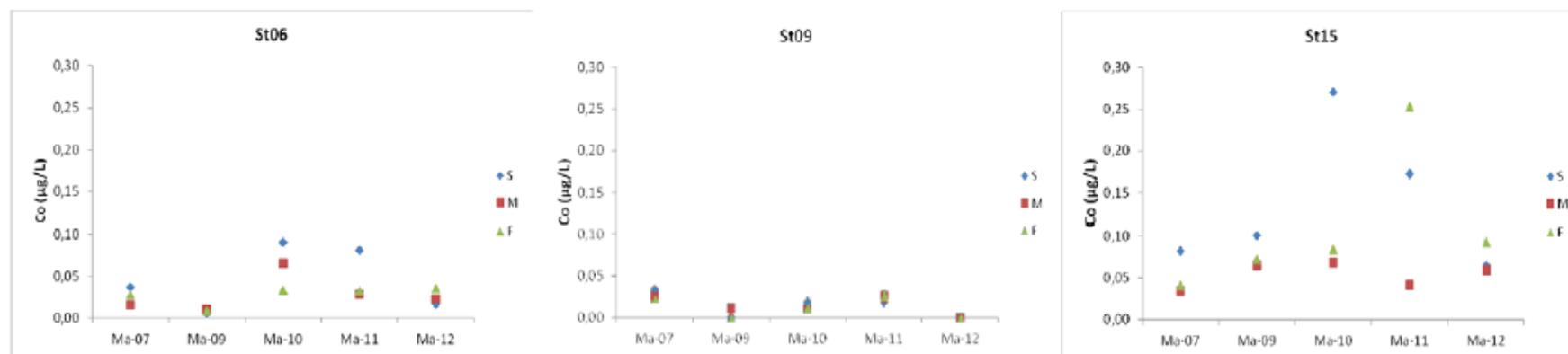
Les valeurs non marquées sont inférieures à la limite de quantification (au centre du canal de la Havannah en St 09 pour le Co).

Figure 24a : Suivi annuel des métaux : Co, Cr VI, sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)

Les valeurs non **marquées** sont inférieures à la limite de quantification (au centre du canal de la Havannah en St 09 pour le Co).

Concentrations de Co mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).



: Concentrations de Cr(VI) mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

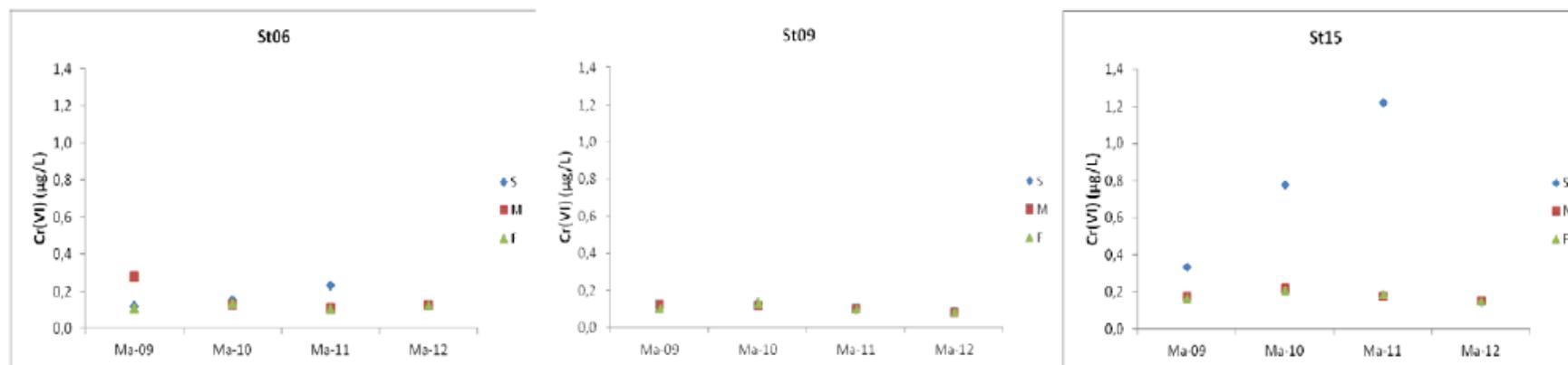
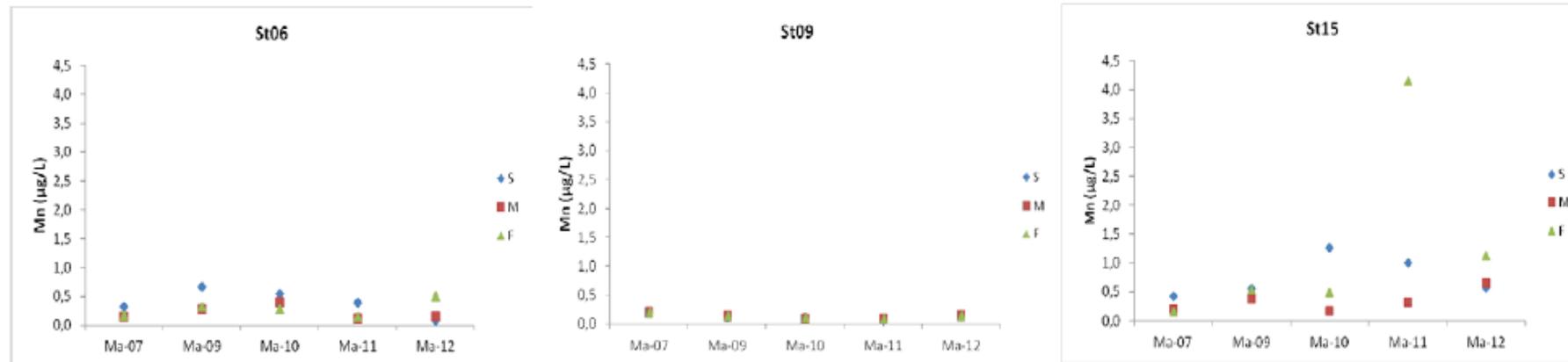


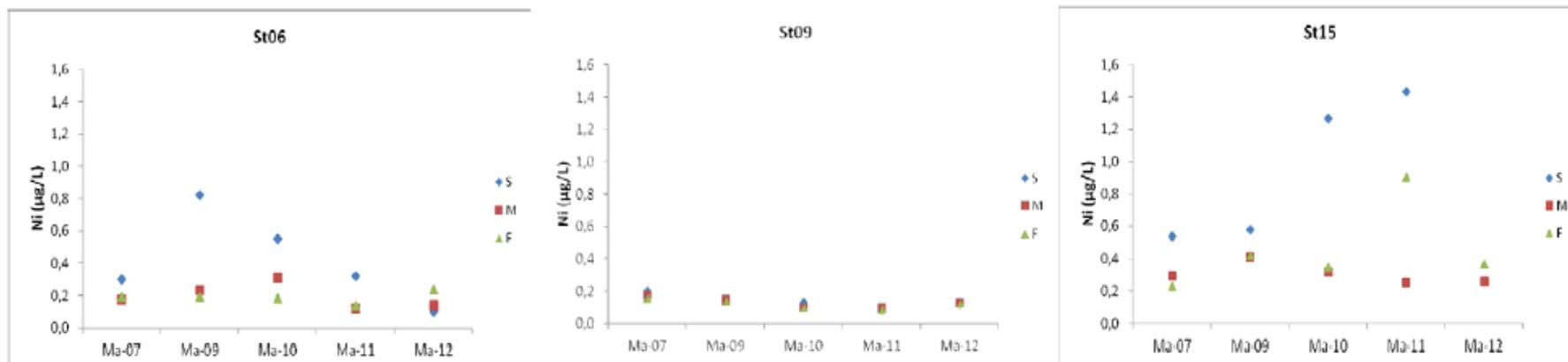
Figure 24b : Suivi annuel des métaux : Mn et Ni sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de mars 2007 à mars 2012.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)

Concentrations de Mn mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).



Concentrations de Ni mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).



– Conclusion

- Les conditions météorologiques observées durant la campagne semestrielle de 2012 sont les plus proches, depuis 2007, des caractéristiques climatiques des zones tropicales. En effet, de fortes pluies ont marqué les jours précédant la mission ainsi que les jours de mesure et de collecte des échantillons. Ces conditions combinées à des températures élevées ont contribué au développement de phénomènes de minéralisation des sels nutritifs par augmentation des processus métabolique au niveau des interfaces « eau-sédiments ».
- Ces processus ont conduit à l'apparition de couches d'eau riches en nutriments (ammonium, nitrates + nitrites, ..) en profondeur dans les zones de faible hydrodynamisme comme la baie du Prony ainsi que celle de Port Boisé et de la Kwé.
- En ce qui concerne les éléments métalliques, les concentrations sont revenues à des niveaux observés jusqu'en 2009.

Cette constatation est particulièrement avérée aux stations sous influence terrigène (St15 et St06) et pour les éléments comme Co, Cr(VI), Mn et Ni. Les autres éléments (Cu et Zn) étant moins représentatifs car en bien moindre teneurs dans les sols latéritiques, la variabilité des concentrations dans l'eau de mer est plus grande. Ailleurs, sur les stations éloignées, les niveaux de concentrations des métaux traces des apports terrigènes ne montrent aucune tendance et demeurent du même ordre que ceux mesurés dans les aires lagonaires fortement influencées par les masses d'eaux océaniques.

Les stations de prélèvement proches du diffuseur n'enregistrent pas de modification des paramètres physico-chimiques.

Au cours de la campagne du premier semestre 2012, il n'apparaît aucune non-conformité aux valeurs attendues, par rapport aux valeurs des états de référence et des campagnes précédentes.

Le rapport intégral et les données brutes se trouvent à l'annexe 2 de ce document.

3.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

L'ensemble des stations été évalué et il n'y a eu aucun manquement à l'égard du suivi réglementaire.

- La mission du premier semestre 2012 a eu lieu du **23 mars au 06 avril 2012**
- La mission de suivi du second semestre 2012 est en préparation et elle aura lieu fin septembre et début octobre.

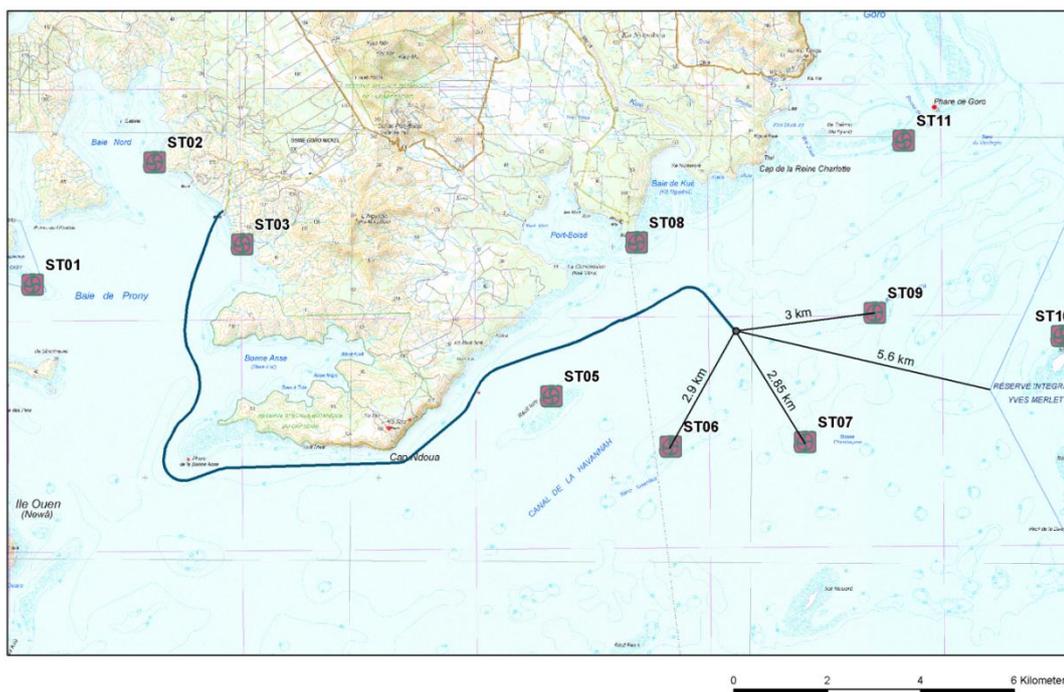
Pour 12 stations à évaluer, le temps imparti pour conduire une mission rigoureuse de suivi est de 10 jours au minimum.

Tableau 21 et carte associée: Caractéristiques et position des stations et de leurs transects

| Stations | Localisation | Longitude | Latitude | Profondeur des transects (mètres) | | |
|----------|-------------------|------------|-----------|-----------------------------------|----|----|
| | | | | A | B | C |
| ST05 | Récif Ioro | 166°57.507 | 22°23.072 | 5 | 10 | 20 |
| ST06 | Banc Ionontea | 166°58.995 | 22°23.650 | 9 | 15 | 21 |
| ST07 | Basse Chambeyron | 167°00.671 | 22°23.591 | 7 | 17 | 22 |
| ST08 | Récif Pointe Puka | 166°58.566 | 22°21.243 | 9 | 12 | — |
| ST09 | Banc de Kié | 167°01.529 | 22°22.070 | 7 | 17 | 20 |
| ST010 | Ilot Kié | 167°03.862 | 22°22.324 | 10 | 16 | 21 |
| ST011 | Récif Touémo | 167°01.875 | 22°20.046 | 6 | 11 | 20 |
| ST012 | Ugo | 166°55.625 | 22°26.438 | 5 | 13 | - |

| Stations | Localisation | Longitude | Latitude | Profondeur des transects (mètres) | | |
|----------|-----------------------|------------|-----------|-----------------------------------|----|----|
| | | | | A | B | C |
| ST01 | Ilot Casy | 166°51.033 | 22°21.799 | 7 | 10 | - |
| ST02 | Creek de la baie Nord | 166°52.546 | 22°20.356 | 10 | 12 | - |
| ST03 | Port de Prony | 166°53.639 | 22°21.312 | 5 | 10 | 13 |
| ST04 | Canal Woodin | 166°49.593 | 22°22.933 | 4 | 11 | 21 |

Suivi Stations Eco Marine



3.3.1. Rappels

Il convient de se remémorer qu'en janvier 2011 le cyclone *Vania* et de forts épisodes dépressionnaires (dont la dépression *Zelia*) avaient affecté le milieu en laissant des traces significatives sur les écosystèmes notamment les récifs coralliens des transects les moins profonds.

- **En mars 2011** : Il avait été observé des modifications dans la composition des biocénoses benthiques. Des dégradations mécaniques dues au fort hydrodynamisme étaient nettement observées et particulièrement marquées pour les niveaux bathymétriques supérieurs du canal de la Havannah, les plus soumis aux agents dynamiques.

L'indicateur corallien (fixe et sensible) avait montré une variation par le taux de blanchissement pour les transects supérieurs situés à proximité des creeks et des rivières (baie de Prony) et pour les transects supérieurs les plus soumis aux agents hydrodynamiques du canal de la Havannah et du canal Woodin. Dans la baie de Prony (milieu protégé), les principales dégradations avaient pour cause une dessalure des eaux de surface causée par les forts apports d'eau douce des épisodes dépressionnaires (confirmation avec les données météo et la pluviométrie), notamment dans la baie du carénage qui est une zone témoins (colonies blanchies encore en place, mortalité importante sur les récifs à proximité des embouchures des creeks et des rivières et sur les transects de surface soumis à la dessalure des eaux douce moins denses).

Les populations de poissons quant à elles n'indiquaient pas un effet du passage de ces dépressions ; densité, biomasse et diversité étaient en augmentation.

- **En octobre 2011** : Le blanchissement avait nettement diminué, laissant derrière lui une mortalité réduite et de nombreuses colonies avaient réintégré leurs zooxanthelles. Ce phénomène de résilience rapide est analysé et quantifié dans le rapport fin 2011. La couverture de cyanophycées n'avait pas profité de cet affaiblissement corallien.
- **En mars 2012** : Des signes nets d'amélioration de la santé récifale sont observés: baisse du blanchissement, baisse du recouvrement des cyanobactéries, aucune prolifération des prédateurs « corallivores » et stabilité, voir légère augmentation, de la richesse spécifique corallienne ; la richesse spécifique des biocénoses benthiques s'intègre dans les variables saisonnières.

Il n'en reste pas moins les effets de *Vania* et *Zelia* sont encore visibles pour les stations les plus dégradées en mars 2011. Dans le canal de la Havannah et le canal Woodin de nombreux débris coralliens jonchent le substrat, les coraux tabulaires sont retournés et les espèces coralliennes les plus sensibles aux variations de l'environnement s'édifient difficilement. Pour la baie de Prony les stigmates sont moindres mais des colonies sont mortes en place par la dessalure des eaux de surface.

- Les cyanobactéries tendent vers une stabilité ou une légère diminution de leur recouvrement.
- Les astéries « corallivores » prédatrices de corail présentent une fréquence et une abondance très faible : *Acanthaster planci* (1 seul spécimen en ST06B) et *Culcita novaeguineae* (1 spécimen en ST02B et ST03B).
- Les mollusques « corallivores » (ex : *Druppela cornus*, *Coralliophilla violacea* et *Ovula ovum*) n'ont pas profité de la phase de stagnation corallienne pour se développer.

Suite à un évènement d'une ampleur exceptionnelle tel qu'un cyclone, les inventaires spécifiques montrent que la recolonisation se fait dans le semestre suivant pour les biocénoses benthiques, par contre l'édification corallienne est plus lente.

3.3.2. Bilan des observations par station suivie (au second semestre 2011)

Conclusions pour la baie de Prony :

- En mars 2012, la richesse spécifique du site Prony (3 stations) est composée de 145 espèces coralliennes, de 56 espèces d'invertébrés, de 12 espèces de Macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries.
- La richesse spécifique corallienne est très forte sur la station ST02 près de Creek de la Baie nord avec 88 espèces sur le *transect* A et 77 espèces sur le *transect* B, ce sont des espèces coralliennes adaptées à l'hyper sédimentation. Le recouvrement corallien est toujours faible à Casy (ST01) où le suivi de la croissance d'une colonie corallienne sur un piquet donne 2,57cm/ 6 mois. Avec 80% de substrat abiotique cette station au Sud de l'îlot Casy n'a jamais présenté un intérêt fort de suivi Eco systémique, ni comme zone témoin ni comme station dans une zone protégée. La station du port de Prony (ST03) est particulièrement surveillée notamment son taux d'envasement qui est dû à un creek proche et éventuellement à la remise en suspension de sédiments fins par le trafic portuaire. Un bilan de synthèse sera effectué en fin d'année.
- Pas de blanchissement corallien ou bien très faible ;
- Recouvrement en cyanobactéries absent ou très réduit.
- Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues brunes et les coraux.
- Présence de deux seuls individus d'étoile de mer *Culcita novaeguinea*. Et pas d'*Acanthaster*.
- Au niveau des poissons, comme toujours, ce sont les 3 stations de la baie de Prony qui présentent les plus faibles chiffres en abondance, richesse spécifique (ST01), densité et biomasse (ST03),
- La biodiversité α des poissons est stable avec de nombreux juvéniles.
- Les algues suivent leur fluctuation saisonnière et seront l'objet d'une analyse de leur évolution depuis 2007 en fin d'année.
- Aucune espèce exogène n'a été observée.

Conclusion pour les stations du canal de la Havannah qui entourent la zone de rejet de l'effluent traité :

- Peuplement corallien adaptée à un très fort hydrodynamisme.
- Les coraux recolonisent les débris et les dalles retournées avec une forte compétition entre les coraux, les alcyonaires et les spongiaires;
- Pas de prolifération d'étoile de mer prédatrice des coraux ni de cyanobactéries, ces dernières sont rares ou absentes ;
- Les algues suivent leur fluctuation saisonnière et seront l'objet d'une analyse de leur évolution (depuis 2007) en fin d'année 2012.
- Biodiversité des poissons stable et toujours maximale sur la station Kié. La structure des peuplements en nombre d'espèces par famille est stable, aussi bien par station que sur l'ensemble de la zone.
- Au niveau de l'ichtyofaune, la ST05 (loro) possède l'indice d'équitabilité le plus élevé de toutes les stations : c'est donc une station avec une structure des populations relativement homogène.
- Il n'y a toujours aucune espèce nomade à Ugo comme des Carangidae, thazard..., ni même de Lutjanidae et cette station reste stable et médiocre tant quantitativement que qualitativement
- De manière générale, la biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Les niveaux supérieur et médian sont généralement très similaires et leur variation dépendra de leur degré d'exposition aux agents hydrodynamiques ou à la dessalure des eaux de surface.

- Aucune espèce exogène n'a été observée

Le cas de la station ST 10 en réserve Merlet :

- De nombreuses dégradations ont été constatées suite aux événements cycloniques de ce début d'année 2011. Cependant, la station du récif frangeant de l'îlot Kié est caractérisée par la plus grande richesse spécifique corallienne et le plus important taux de recouvrement corallien des 12 stations étudiées.
- Au niveau des poissons elle est, comme toujours, largement au premier rang sur tous les paramètres de richesse : richesse spécifique, densité, biomasse et biodiversité maximales par rapports aux autres stations du lagon.
- Les cyanobactéries ont un recouvrement constant depuis la dernière mission et se concentrent sur les colonies scléactiniaires dégradées.
- Biodiversité maximale

Le tableau suivant présente les « indicateurs poissons » sur liste restreinte (densité, biomasse, et biodiversité 1 sur liste restreinte, + la biodiversité des poissons observés sur liste exhaustive) en réserve Merlet, station extrêmement importante, et l'évolution de ces indicateurs depuis 2007. Un tel tableau synthétique avec les courbes d'évolution associées est disponible pour chacune des stations dans le rapport intégral.

Tableau 22 et graphes associés : récapitulation des données ichthyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007).

| Ilot Kié ST10 | | Liste DENV | | | | Toutes espèces | |
|-------------------|------------|--------------|---------|------------------------|----------|----------------|----------|
| | | Transect TLV | | | | Station | Station |
| | | Nb. ind. | Densité | Biom. g/m ² | Biodiv.1 | Biodiv.2 | Biodiv.3 |
| 2012 a | Transect A | 835 | 9,23 | 195,21 | 30 | | |
| | Transect B | 239 | 2,72 | 107,76 | 20 | | |
| | Transect C | 297 | 2,84 | 73,27 | 21 | | |
| | Moy. ABC | 457,00 | 4,93 | 125,40 | 52 | 102 | 146 |
| 2011 b | Moy. ABC | 289,00 | 3,48 | 357,27 | 58 | 90 | 145 |
| 2011 a | Moy. ABC | 461,67 | 5,47 | 1014,91 | 59 | 96 | 131 |
| 2010 b | 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 ² | Moy. ABC | 353,00 | 5,57 | 881,82 | 46 | 65 | 84 |

Abondance : nombre d'individus par transect selon la liste réglementaire restreinte

Densité : en poissons /m² par transect selon la liste restreinte

Biomasse : en grammes /m² par transect et selon la liste restreinte

Biodiversité 1 : espèces observées sur les transects et selon la liste réglementaire restreinte.

Biodiversité 2 : espèces observées sur la station entière et selon la liste réglementaire restreinte

Biodiversité 3 : toutes les espèces observées sur la station et selon la liste exhaustive depuis 2007

Les figures suivantes présentent l'évolution des indicateurs « poissons » sur la station ST10, le rapport intégral (en annexe) montre ces évolutions pour chacun des 12 stations.

² 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 25 : récapitulation des données ichthyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007).



Abondance : nombre d'individus par transect selon la liste réglementaire restreinte

Densité : en poissons /m2 par transect selon la liste restreinte

Biomasse : en grammes /m2 par transect et selon la liste restreinte

Biodiversité 1 : espèces observées sur les transects et selon la liste réglementaire restreinte.

Biodiversité 2 : espèces observées sur la station entière et selon la liste réglementaire restreinte

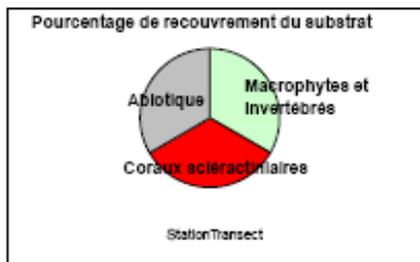
Biodiversité 3 : toutes les espèces observées sur la station et selon la liste exhaustive depuis 2007

Le tableau n° 266 du rapport intégral (annexe 3, partie 3.2, chapitres 6) récapitule les particularités de chaque station et leur évolution.

3.3.3. Comparaisons spatiales entre stations

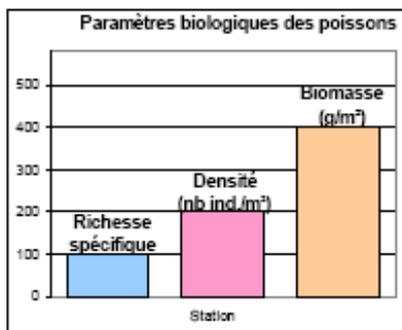
De façon synthétique, il est possible de présenter les résultats de la mission de suivi du mois mars 2012 sur des cartes à vocation de **présentation synoptique** (sujettes à évoluer selon les besoins). Un exemple est donné ci-après.

Ces représentations sont données dans le rapport intégral en annexe 3 partie 3.2

Figure 26 : Représentation cartographique – légende


La légende de cette carte indique :

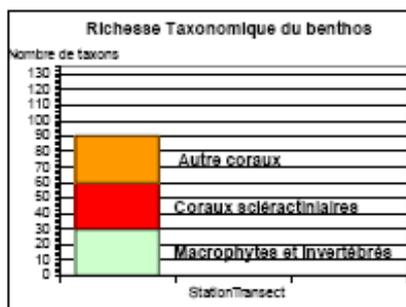
- Le SUBSTRAT : camembert présentant le pourcentage
- Abiotique (en gris) du LIT sur chaque *transect* et à chaque station ;
 - le pourcentage de coraux durs (Sclérectiniaires) en rouge
 - et les Macrophytes (algues) et Invertébrés.



Les POISSONS : histogramme présentant :

- la richesse spécifique,
- la densité et
- la biomasse

Sur liste restreintes règlementaires et par station.



Le BENTHOS : en nombre de taxons par couloir d'inventaire sur chaque *transect* de chaque station avec :

- les coraux durs (Sclérectiniaires) en rouge,
- les autres coraux et les
- Macrophytes (algues) + autres invertébrés.

Figure 27a : Résultats de la campagne de suivi, mars 2012 (Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03)

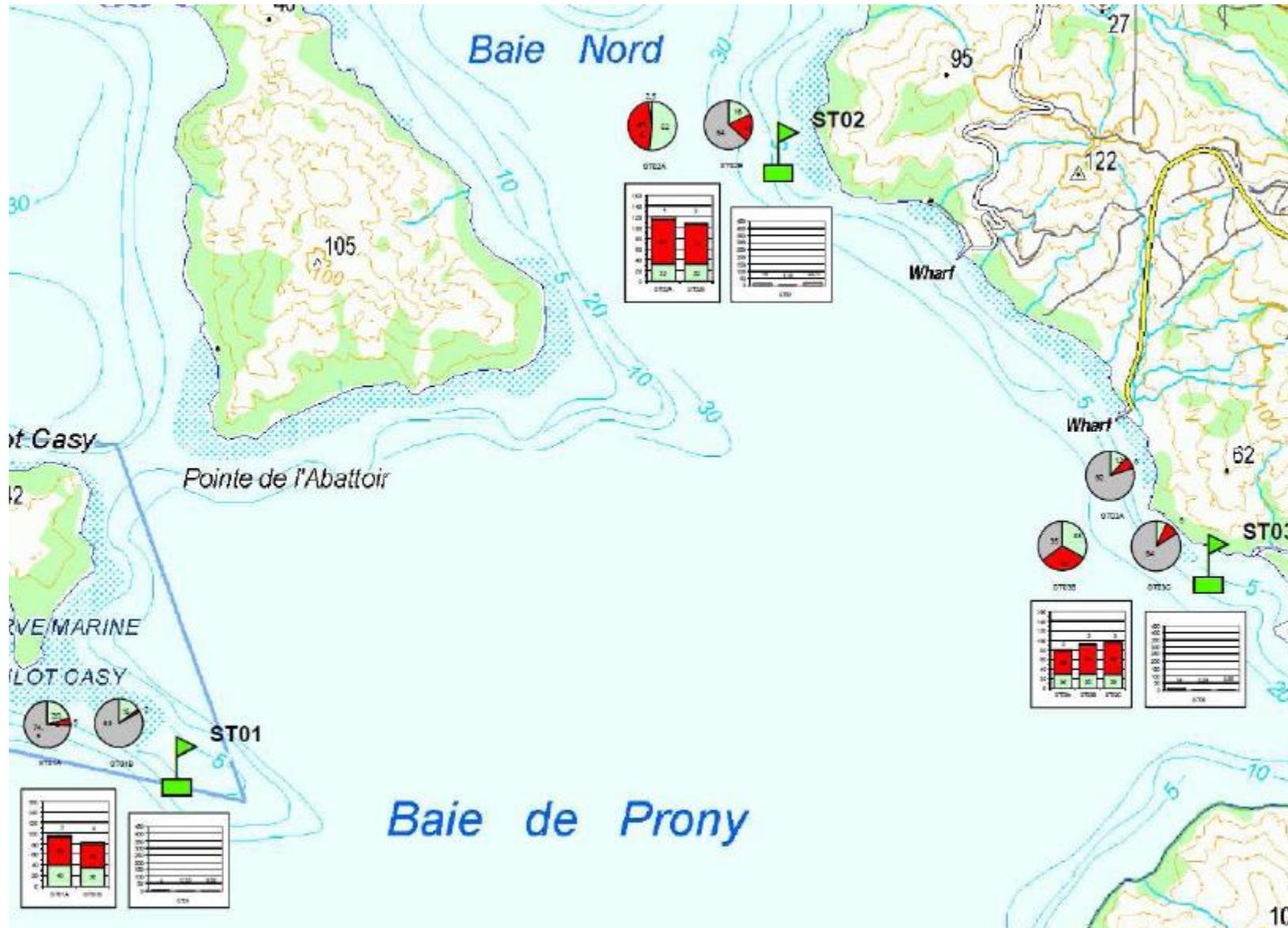
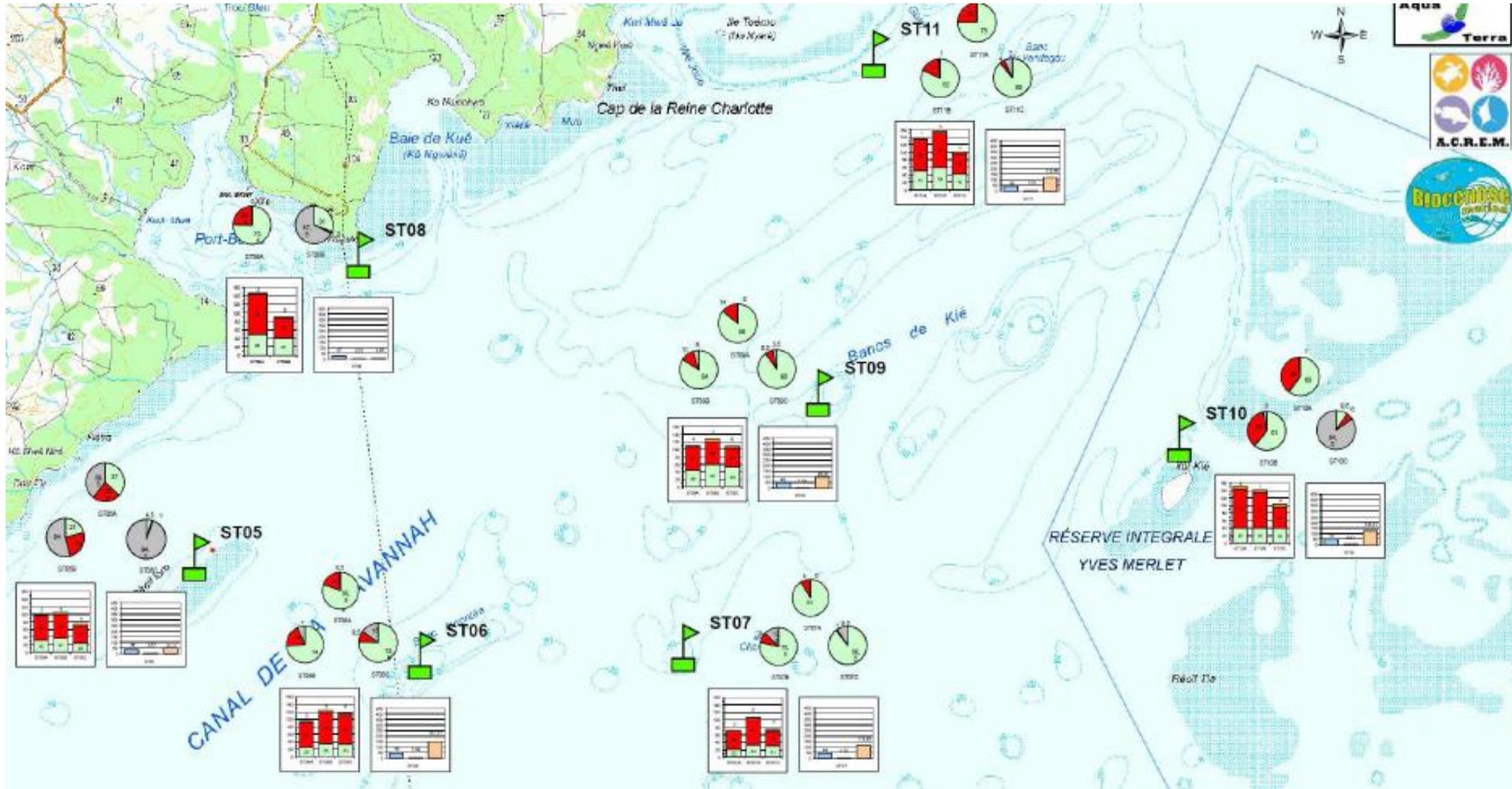


Figure 27b : Résultats de la campagne de suivi, mars 2012 (Canal de la Havannah)



Les figures suivantes comparent les stations entre elles en ce qui concernent :

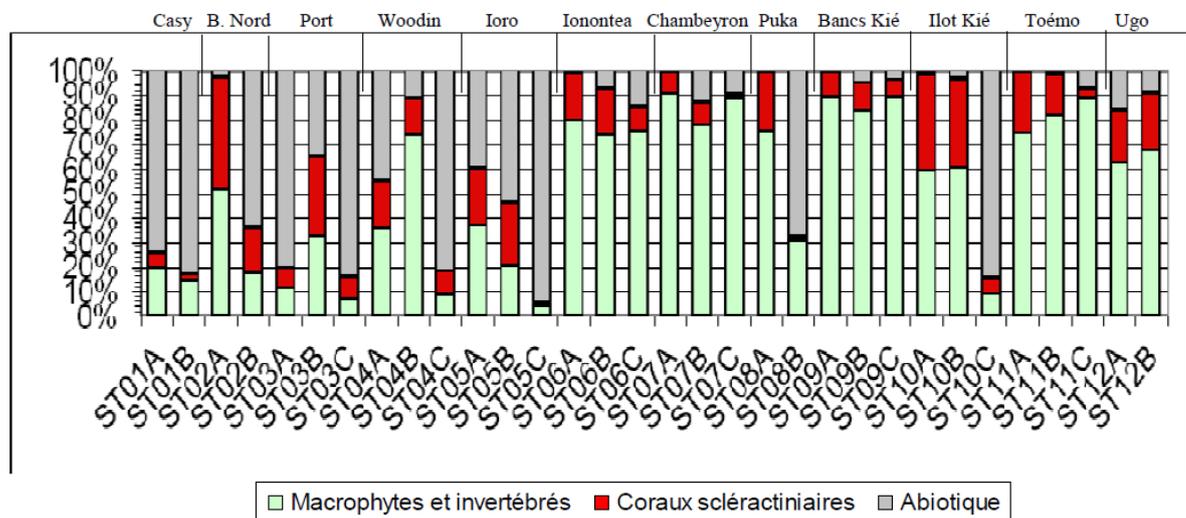
- le substrat (sur *transects* fixes LIT),
- le benthos (sur couloirs fixes) et
- les poissons (selon la liste restreinte imposée).

Figure 28 : SUBSTRAT

Comparaison entre stations pour le substrat, Mars 2012

Recouvrement en % du substrat sur chaque *transect* LIT en considérant des compartiments clefs : biotique et abiotique

- La partie biotique 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.



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

Les stations situées en baie de Prony et canal Woodin (à l'exception notable du *transect* supérieur ST02A du Creek de la Baie Nord exceptionnellement intéressant et qui présente la plus grande diversité corallienne de toute la zone étudiée) ont globalement un substrat à majorité abiotique (moyenne de 56%).

Cependant, ces stations ont un taux de recouvrement corallien (16.6%) toujours en légère hausse par rapport à la mission précédente (15.6% en octobre 2011).

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 ST05C qui est installée sur une pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour les *transects* ST08B et ST10C qui sont positionnés en bas de tombants récifals sur le début de la pente sédimentaire).

Malgré cela, l'abiotique représente moins de 20% en moyenne du recouvrement global en canal de la Havannah.

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

Figures 29 a, b, c, d: BENTHOS:
Comparaisons entre stations pour le benthos, Mars 2012
Figure 29a : Richesse taxonomique du benthos en considérant 3 groupes clefs : les Macrophytes et invertébrés, le corail dur et les autres coraux.

3 grands groupes :

- les coraux Scléactiniaires, (corail dur)
- les autres coraux,
- le reste des organismes vivants, sous l'appellation « macrophytes et invertébrés ».

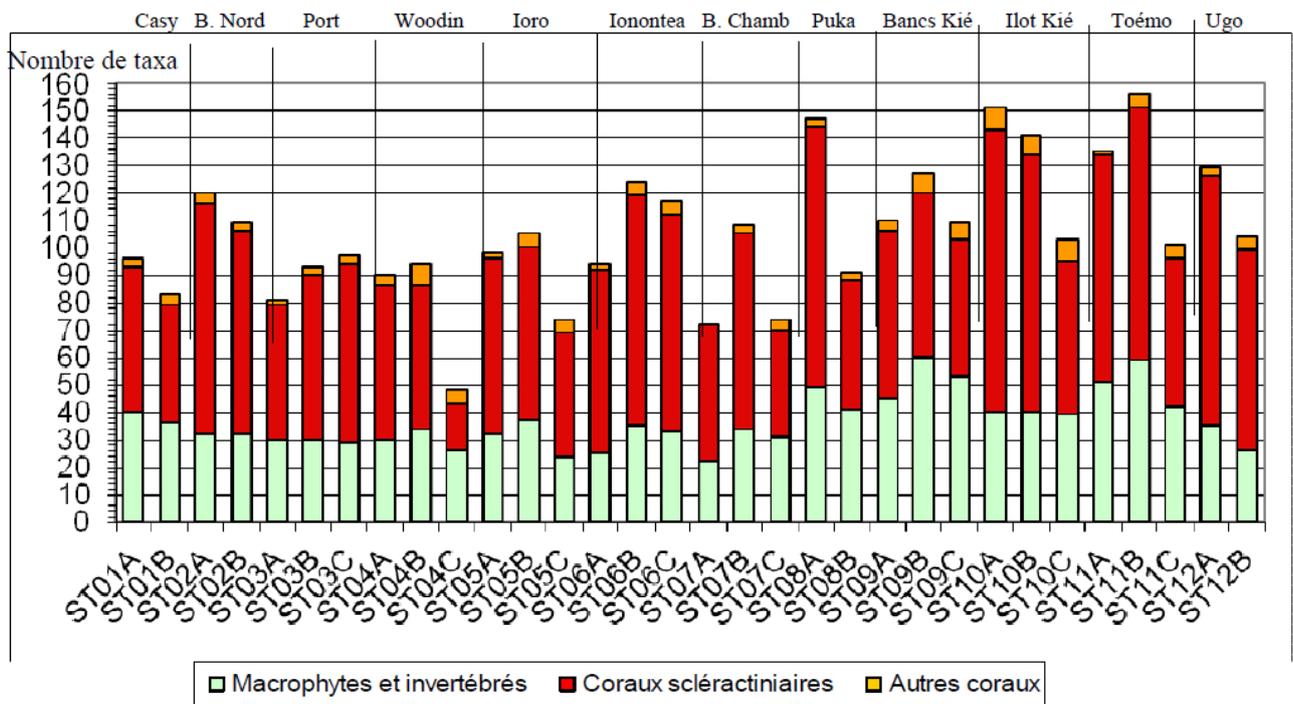
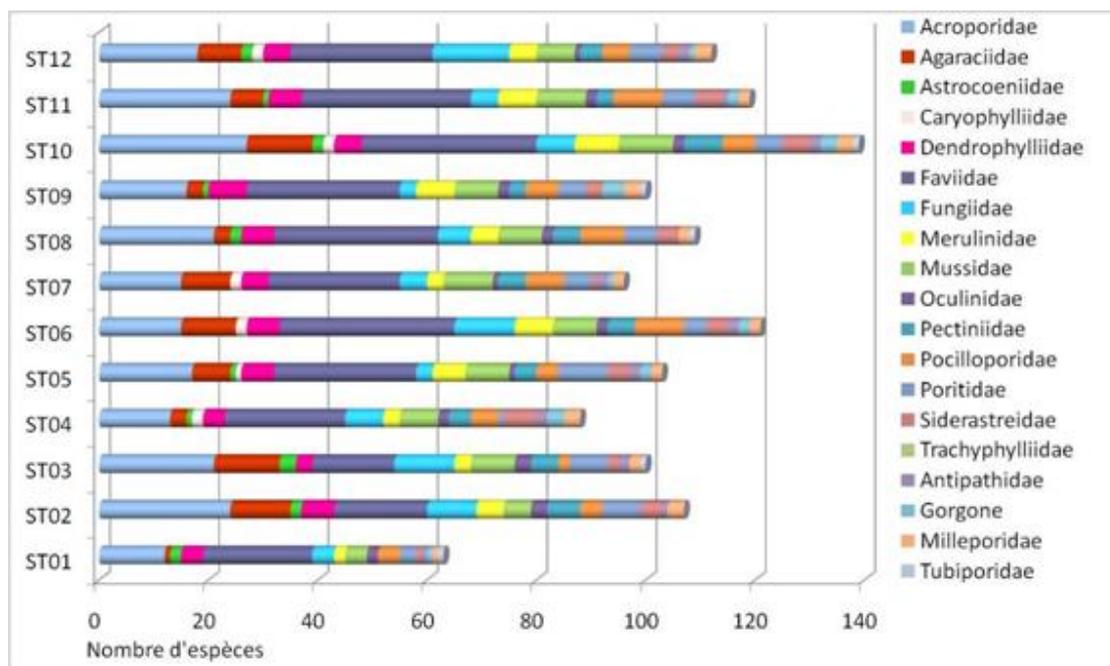
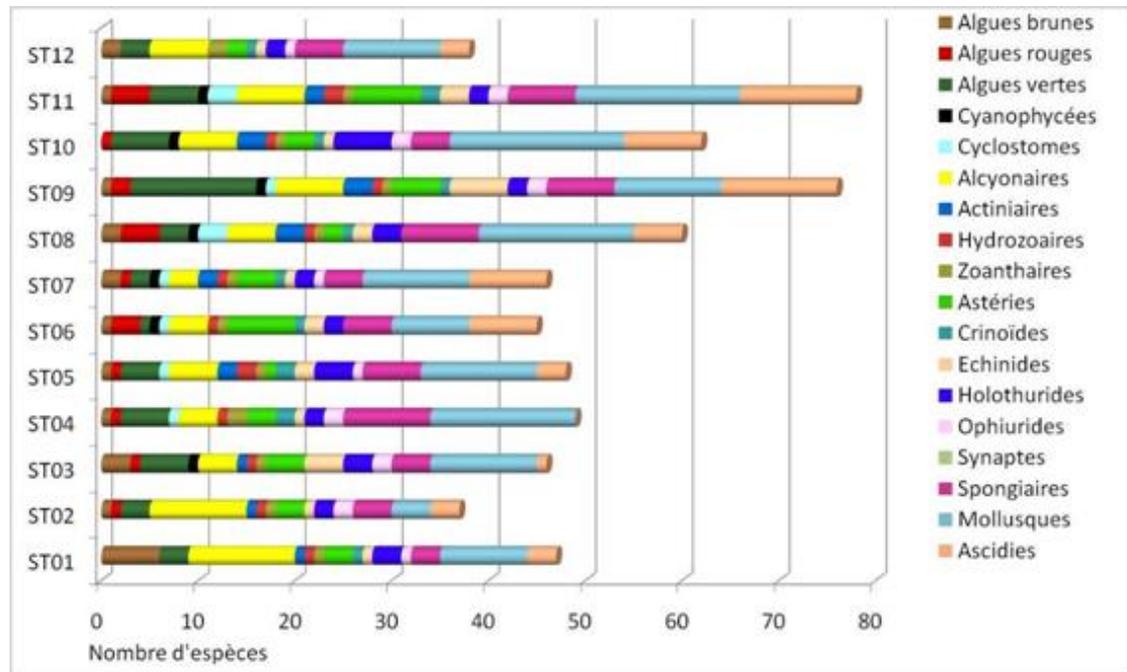
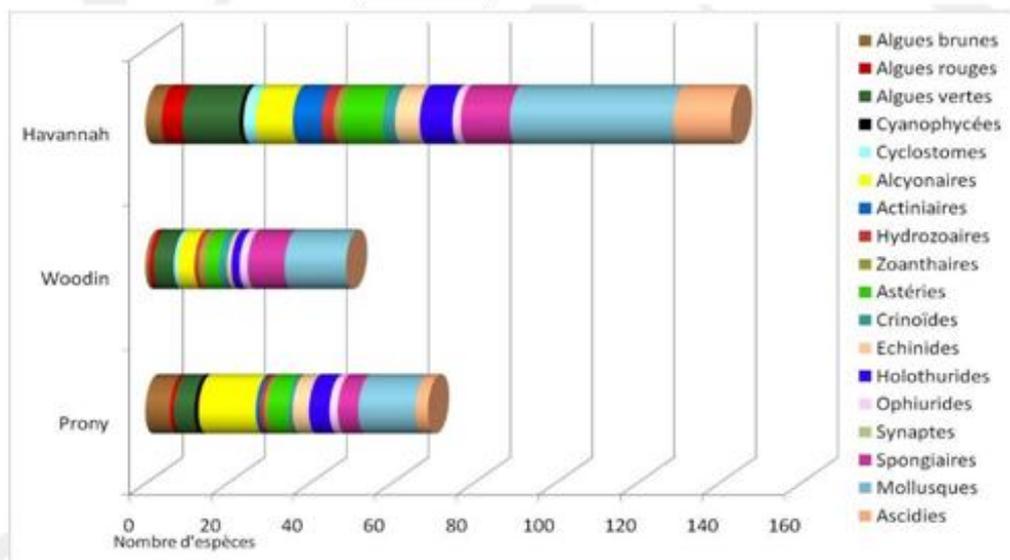

Figure 29b: Détails au niveau des coraux : familles selon les stations


Figure 29c : Détails au niveau du benthos, selon des groupes d’Invertébrés (autres que les coraux) et par stations

Figures 29d : Détails au niveau des Invertébrés et Macrophytes selon les 3 grands compartiments : Canal de la Havannah, canal Woodin et baie du Prony

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



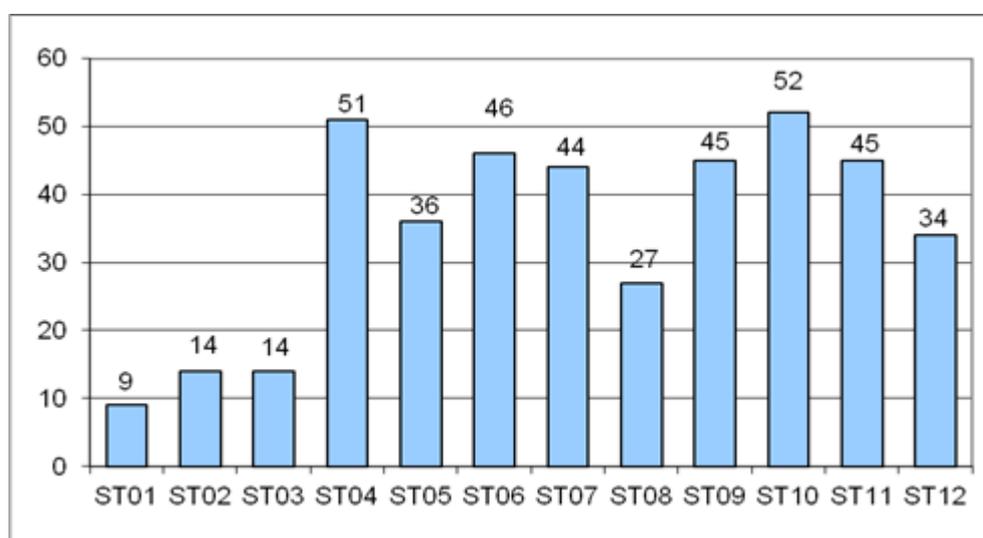
Les stations du canal de la Havannah sont globalement plus riches (moyenne de 69 taxa contre 55 taxa pour celles de la baie de Prony-Canal Woodin). Le *transect* où la richesse spécifique est la plus importante (103 espèces coralliennes inventoriées) est le ST10A (îlot Kié, situé dans la réserve Yves Merlet), comme d’habitude. 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 (84 et 74 espèces).

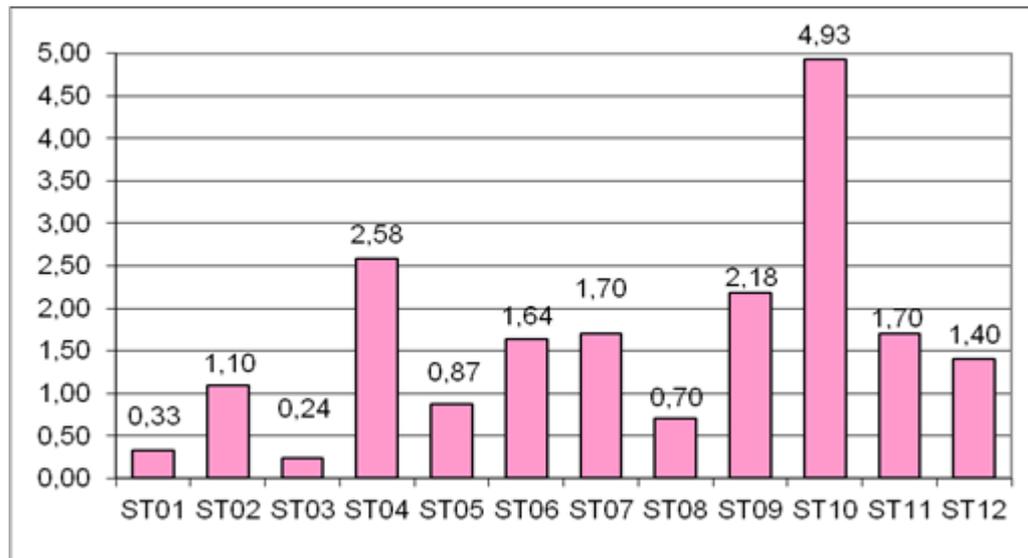
Tableau 23 : POISSONS
Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyo faune. Mars 2012.

| 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 | 53 | 178 | 58 | 748 | 230 | 427 | 514 | 114 | 530 | 1371 | 367 | 228 |
| Richesse spécifique | 9 | 14 | 14 | 51 | 36 | 46 | 44 | 27 | 45 | 52 | 45 | 34 |
| Densité (nb ind/m ²) | 0.33 | 1.1 | 0.24 | 2.58 | 0.87 | 1.64 | 1.7 | 0.7 | 2.18 | 4.93 | 1.70 | 1.4 |
| Biomasse (g/m ²) | 0.82 | 23.17 | 0.8 | 446.85 | 51.11 | 151.77 | 113.85 | 4.93 | 96.25 | 125.41 | 114.66 | 326.7 |
| Indice de Shannon | 2.543 | 2.02 | 3.212 | 3.496 | 4.611 | 4.346 | 4.509 | 3.731 | 4.383 | 4.009 | 4.55 | 4.131 |
| Indice Equitabilité | 0.802 | 0.53 | 0.844 | 0.616 | 0.892 | 0.796 | 0.826 | 0.785 | 0.798 | 0.703 | 0.828 | 0.812 |

Pour cette mission, encore une fois c'est la station de l'îlot Kié qui est particulièrement riche en individus et donc en densité, ainsi qu'en diversité.
Le record de biomasse est cette fois-ci détenu par la station Woodin (ST04), due à un banc de *Caesio*.

Figure 30: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station, Mars 2012


La réserve Merlet (ST10) est en tête, comme toujours, en ce qui concerne la richesse spécifique en poissons.

Figure 31 : Densité de poissons (individus par m2) par station, Mars 2012


| | |
|------|------------|
| ST01 | Casy |
| ST02 | B. Nord |
| ST03 | Port |
| ST04 | Woodim |
| ST05 | Ioro |
| ST06 | Ionontea |
| ST07 | Chambeyron |
| ST08 | Puka |
| ST09 | Bancs Kié |
| ST10 | Ilot Kié |
| ST11 | Toémo |
| ST12 | Ugo |

Rappel du nom géographique des stations

Figure 32a: Biomasse des poissons (liste restreinte règlementaire) par station.

Mission de Mars 2012

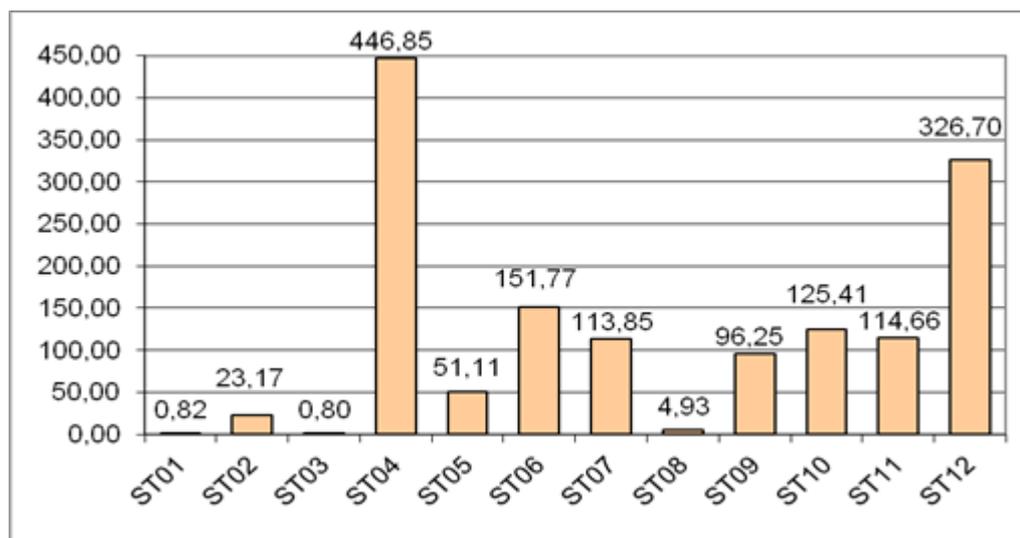
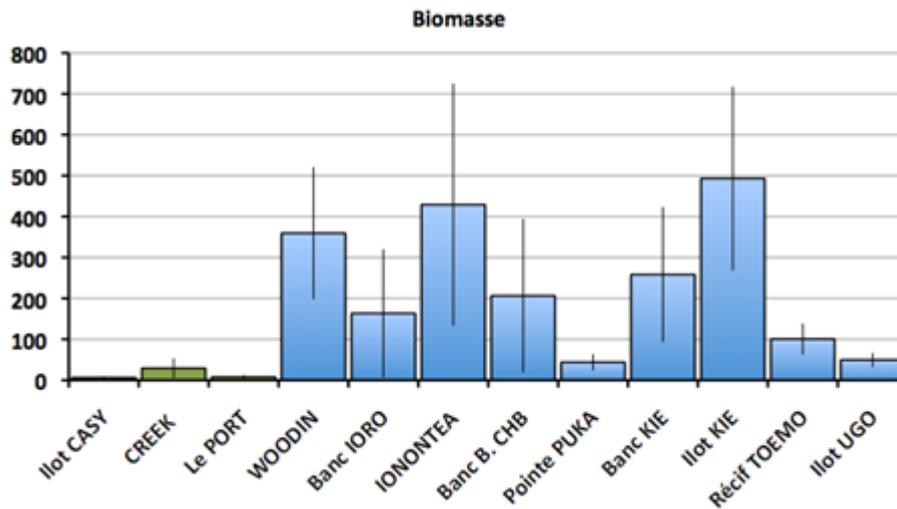


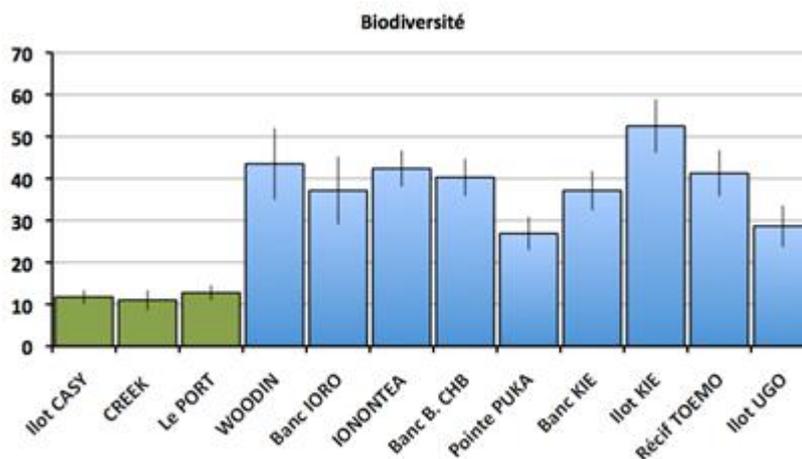
Figure 32 b : Biomasse moyenne des poissons depuis 2007 (liste restreinte réglementaire) par station avec l'intervalle de confiance.



Ponctuellement pour cette mission de mars 2012 c'est la station ST04 du canal Woodin qui présente la plus forte biomasse (Cf. figure 32a), cela est dû au passage d'un banc de *Caesio*. De façon nette la biomasse moyenne des poissons dans la réserve Merlet est la plus forte depuis 2007 (cf. figure 32b), tout comme la densité et la richesse spécifique en poissons.

Le tableau suivant montre le classement des stations suivies en fonction de leur biodiversité (biodiversité α) depuis 2007.

Figure 33: Classement des stations en fonction de leur biodiversité α



La comparaison des indicateurs biologiques entre les stations corrobore exactement les déductions des études des paramètres physico-chimiques, à savoir des unités fonctionnelles très différentes entre la baie de Prony, le centre du canal de la Havannah soumis à un fort hydrodynamisme, et les stations côtières. D'un point de vue écologique la station dans la réserve Merlet se différencie par une richesse biologique qui surpasse celle de toutes les autres stations. De façon résumée et synthétique on peut différencier trois systèmes :

- celui de la baie de Prony,
- celui du canal de la Havannah (la station de la réserve Merlet s'en rapproche mais avec une richesse très supérieure notamment en densité et biomasse des poissons),
- celui du canal Woodin et des stations côtières.

Un gradient de croissance des influences marines ou terrestres sépare (ou relie) ces systèmes.

3.3.4. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007

- Rappel sur l'évolution temporelle des stations des suivis éco-systémiques

- La seconde moitié du rapport des suivis semestriels est consacrée à l'étude des variations temporelles, grâce à l'historique du suivi des stations depuis 2007. (A partir du chapitre 6). Cela répond bien au cahier des charges du suivi réglementaire. Seuls quelques indicateurs sont rapportés ici, le document contenant les données intégrales se trouve en annexe 2 du présent rapport. La conclusion est au chapitre 8.
- Toute modification d'un paramètre supérieure aux variations saisonnières (– qui se dessinent de plus en plus clairement au fur et à mesure des campagnes –) et aux biais méthodologiques est systématiquement approfondie par les experts qui effectuent le suivi et elle est notifiée dans leur rapport. (De façon claire, en conclusion encadrée).
- Une corrélation avec les résultats du suivi physico-chimique de la qualité de l'eau et des sédiments est effectuée et en cas d'une anomalie ou incohérence entre ces deux types de suivis une analyse approfondie serait conduite par les experts.
- L'externalisation des missions de suivi du milieu marin permet aux experts de conclure selon leurs analyses raisonnées et Vale Nouvelle-Calédonie ne fait que relever leurs conclusions dans le présent rapport.
- Si une anomalie ou une variation apparaissait lors d'une mission d'évaluation, une nouvelle mission, supplémentaire serait menée afin d'effectuer un suivi approfondi des paramètres suspectés d'avoir variés, dans le but de confirmer ou infirmer la modification et d'en rechercher les causes. Dans cette démarche de suivis supplémentaire, suite au cyclone *Vania*, une mission d'évaluation du blanchissement corallien a été menée en baie du Prony en 2011. Une évaluation de l'état écologique de l'émissaire sous- marin a aussi été conduite en 2011.

- Le substrat (LIT fixes)

Pour suivre une évolution globale il a été comparé les résultats (en pourcentage de recouvrement) du :

- BIOTIQUE (en deux groupes : les coraux Sclérentinaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « Macrophytes et invertébrés ») et des fonds
- ABIOTIQUES (non vivants : vase, roches, sable...).

L'évolution de l'envasement en baie du Prony (% du substrat Vase aux stations ST01, ST02 et ST 03) est aussi suivi au fil des ans.

↳ *Le LIT est une méthode présentant des variations y compris pour un même opérateur. Pour différentes raisons expliquées dans le rapport intégral (annexe 3) et selon les références bibliographiques, n'a été retenue comme fluctuation significative que la marge supérieure à 20%.*

Pour cette première mission 2012, il y a très peu de variations générales : les stations apparaissent relativement stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux, même si la tendance générale semble être vers une très légère baisse (- 1.1% - Ecart très faible non significatif) en moyenne sur les 12 stations, soit 32 transects). Au niveau individuel, les variations qui apparaissent sont peu nombreuses (4 transects concernés sur 32) et sont des diminutions du recouvrement biotique qui sont la résultante soit :

- d'une baisse de la couverture algale (ST01B et ST03B),
- soit d'un envasement léger ayant recouvert les substrats « corail mort avec algues » (ST03A et ST04A).

Les variations de recouvrement, liées aux algues, sont cycliques et ne paraissent pas avoir de cause liée à une pollution ou une dégradation d'origine anthropique du milieu. De même on observe régulièrement des mouvements dans le recouvrement par les sédiments fins (vase et/ou sable), liés aux grands phénomènes hydrodynamiques climatiques.

Les algues seront l'objet d'une analyse de leur évolution temporelle sur 4 ans dans le rapport de fin d'année.

- Richesse taxonomique du benthos

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet Vale NC, une étude approfondie ciblée sur la biodiversité des biocénoses benthiques a été réalisée par les experts. Les biocénoses benthiques cibles (séparée entre taxons fixes et mobiles) ont été inventoriées. La présence de nombreuses espèces mobiles est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème mais il est important de noter que l'absence ou la diminution d'abondance des espèces mobiles, d'une mission à une autre, n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri... .

En considérant la variabilité saisonnière des macrophytes (algues) et la mobilité de certaines espèces (particulièrement les échinodermes et les mollusques), il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique (RSp) des organismes fixés et présentant des variations épisodiques relativement faibles (les scléactiniaires, alcyonaires et spongiaires). Par exemple, si les données de richesse spécifique et d'abondance concernant les groupes des scléactiniaires, des alcyonaires et des spongiaires sont en diminution, c'est qu'il y a eu inévitablement une dégradation du milieu (anthropique ou naturelle). Après avoir fait ce constat, il faut par la suite chercher les causes de ces dégradations (mécanique, chimique, variations des paramètres environnementaux : augmentation de température de l'eau, apport d'eau douce, apport de particules...).

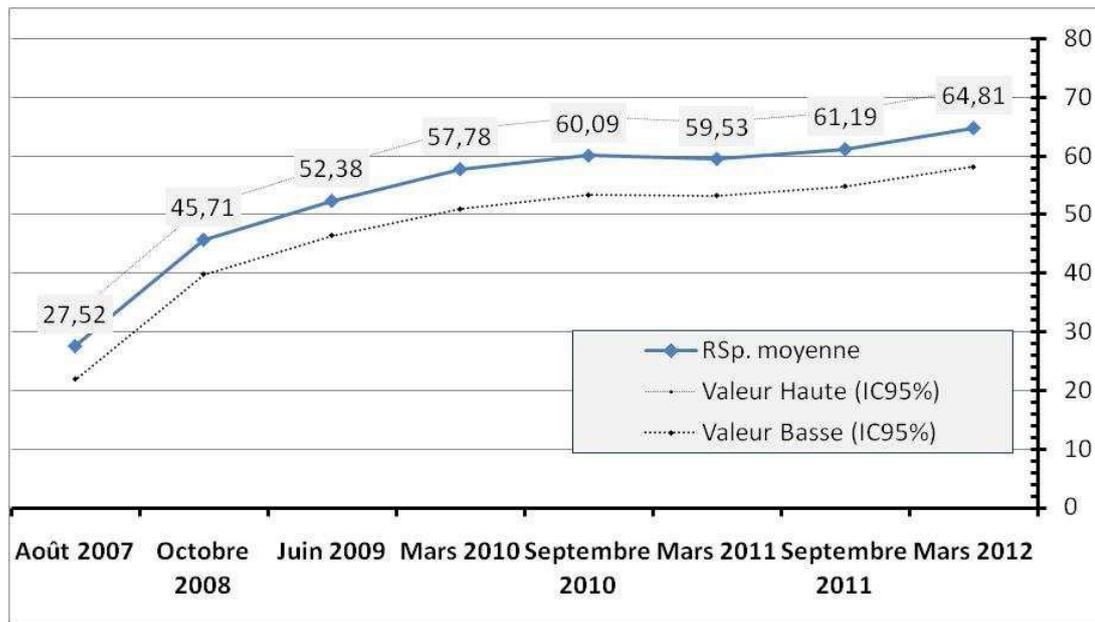
Le chapitre 6.2. du rapport intégral (en annexe de ce rapport) présente une synthèse de l'analyse de l'évolution des coraux depuis 2007, ce travail est permis grâce à la présence d'un expert reconnu en coraux calédonien. Ses conclusions sont les suivantes :

- **Les coraux sont très sensibles à leur environnement (variation de la physico-chimie). Ils ont la caractéristique d'être sessiles pour la plus grande majorité, ainsi le suivi est toujours réalisé sur les mêmes colonies et de ce fait l'étude comparative entre deux missions est optimale.**
- **L'inventaire des coraux permet de suivre une sentinelle avancée semestrielle**

- **Au niveau de la richesse spécifique corallienne globale par *transect*, les récifs des trois zones : Baie du Prony, canal de la Havannah et canal Woodin, tendent tous à se régénérer lentement au fur et à mesure des missions de suivi. (Suite au cyclone Vania de janvier 2011). Depuis la dernière mission d'octobre 2011, tous les couloirs de suivi montrent des améliorations et seuls quelques *transects* encore exposés et ayant subi de lourdes dégradations sont en phase de stagnation depuis mars 2011.**

Le chapitre 6.2.4 du rapport intégral (Cf. *annexe 3, partie 3.2*) présente une étude de l'évolution de la biodiversité depuis 2007, par *transect*. Deux analyses sont développées ; le test ANOVAR et le test de FRIEDMAN. L'hypothèse (H0) du test est de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

- **Pour les coraux** : la petite baisse de Richesse Spécifique (RSp). en mars 2011 est corrélée aux dépressions Vania et Zelia qui se sont déroulées en début d'année 2011. On constate que suite à cet évènement dépressionnaire, le récif se régénère (octobre 2011 et mars 2012). La figure suivante présente cette évolution temporelle de la richesse spécifique des coraux durs sur l'ensemble du domaine.

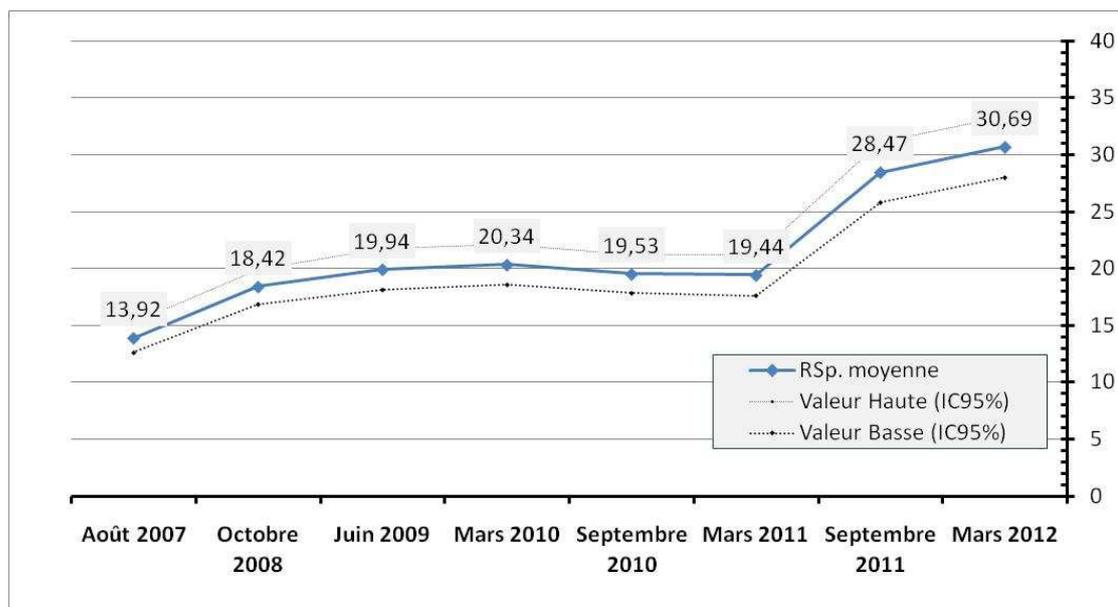
Figure 33 -1 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléroux) depuis 2007


Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il se trouve que ce classement général est presque chronologique depuis 2007 (sauf mars 2011).

L'amélioration du protocole entre août 2007 et juin 2009 est notée mais la croissance apparente de 2007 à 2012 est donc bien réelle. On constate également que la mission mars 2011 marque une petite rupture (décroissance) dans le classement pour les stations les plus exposées aux agents hydrodynamiques (ST06A, ST09A, ST10A) et durant les missions précédentes une autre marque de décroissance pour les étages plus profonds suite aux dégradations de l'accumulation des débris coralliens (ST07C, ST08B, ST10C).

- **Pour les Invertébrés (sauf le corail dur)**

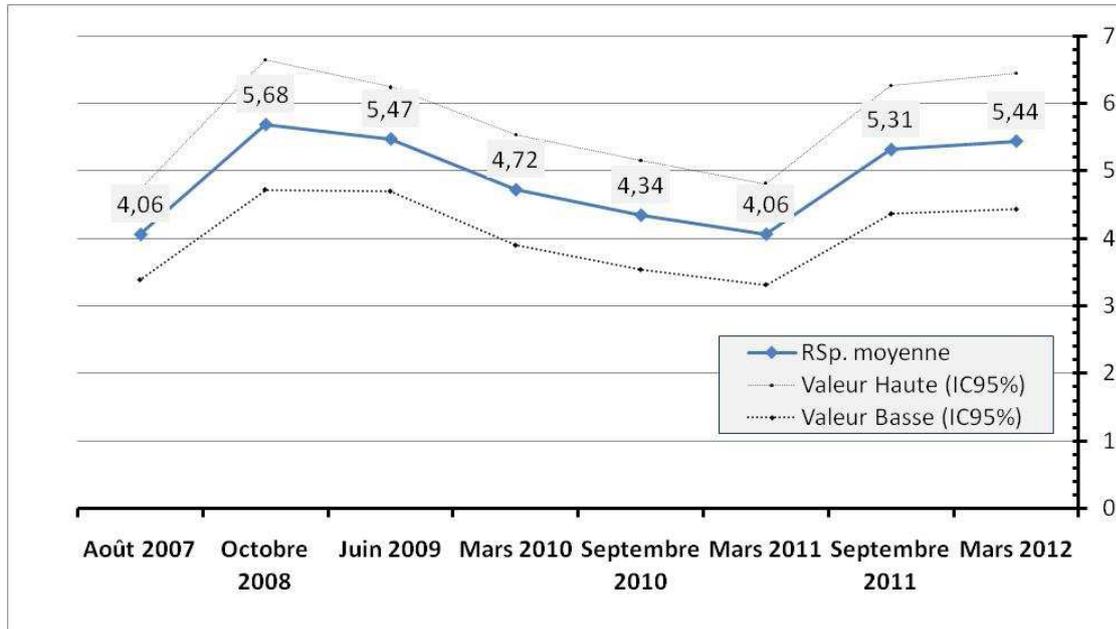
Le même travail d'analyse a été conduit avec les invertébrés (exceptés les coraux durs)

Figure 33-2 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2007


Et le même travail d'analyse a été réalisé avec les algues

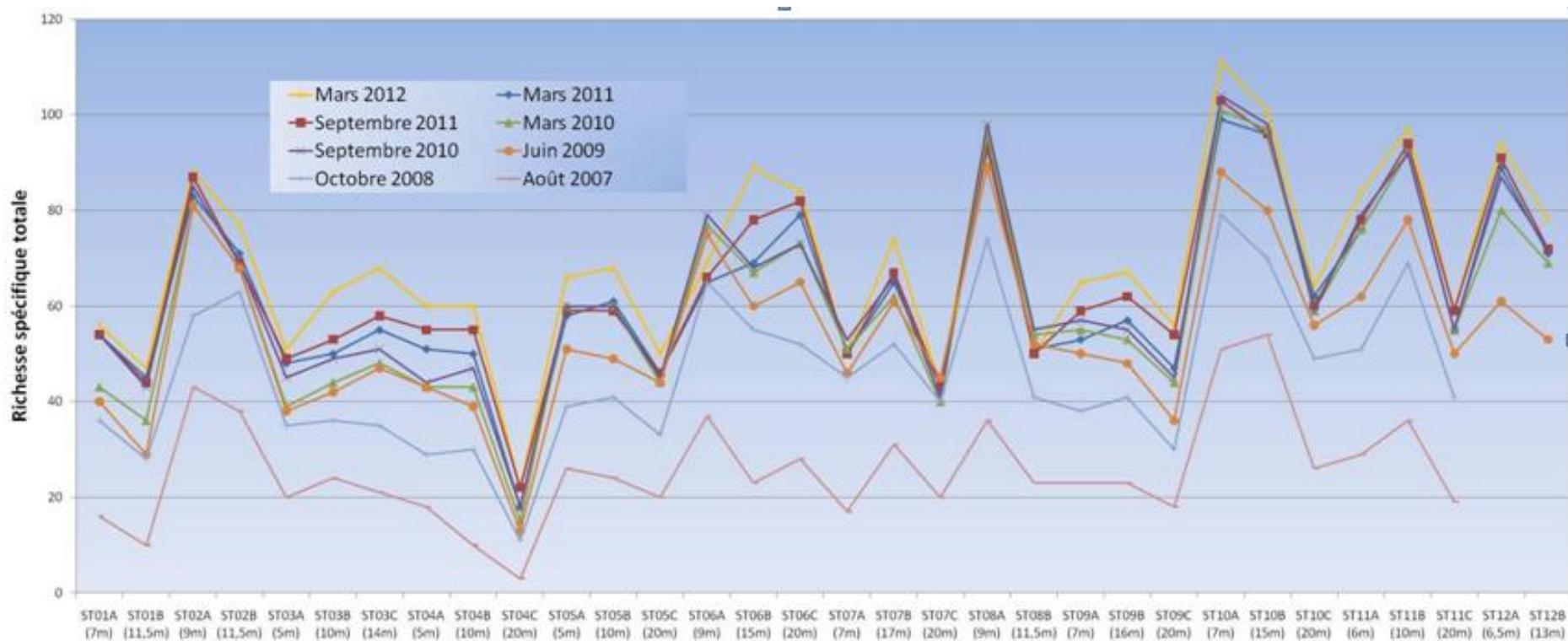
- Pour les macrophytes

Figure 33-3 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2007



Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

La présence d'un expert en coraux calédoniens durant les 8 dernières campagnes de suivis Vale Nouvelle- Calédonie donne un degré d'analyse très fin sur cet indicateur fixe et sensible. L'évolution temporelle de la richesse spécifique des coraux a été analysée sur tous les transects (cf. la figure suivante).

Figure 34 : Comparaison des richesses spécifiques des coraux, par station, entre août 2007 et mars 2012


- Indicateurs de la santé des coraux

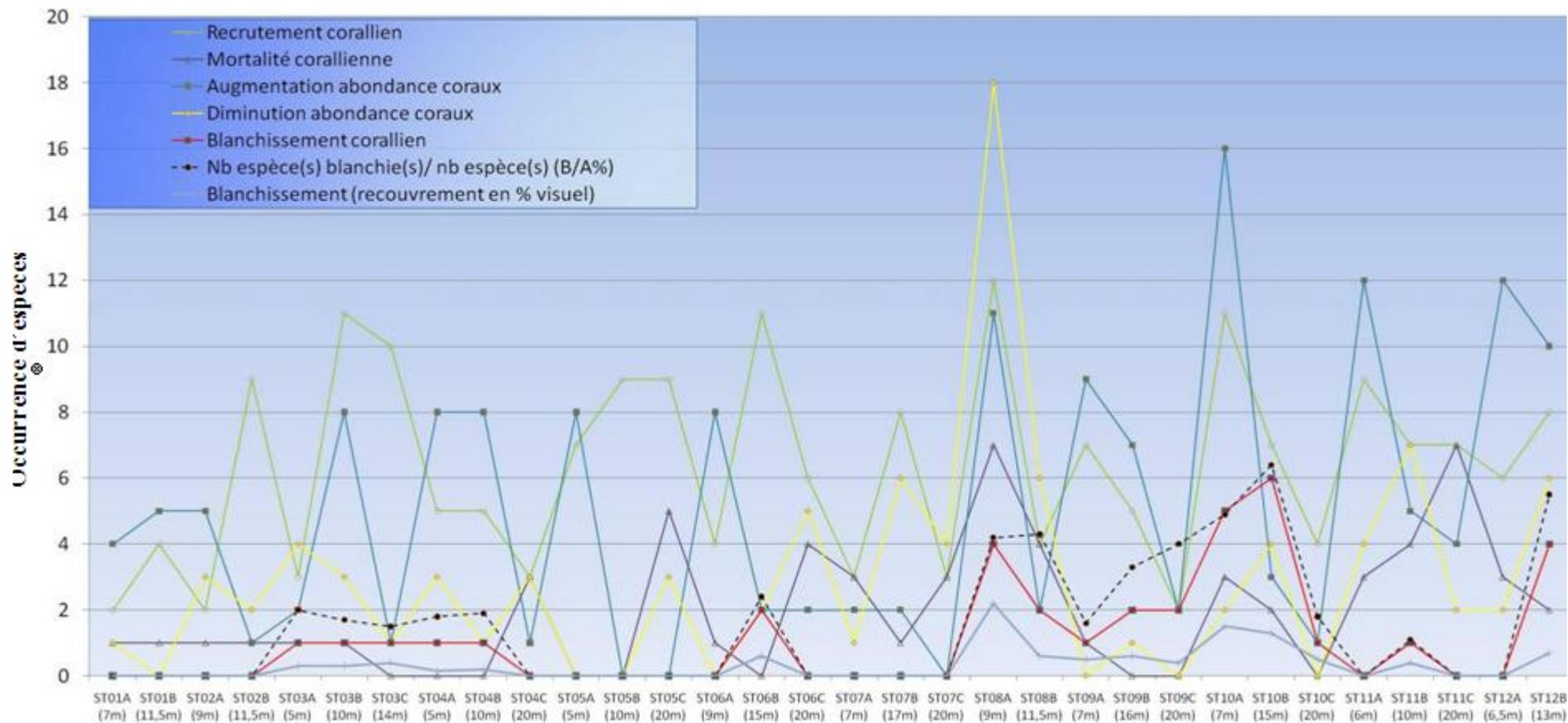
Cet indicateur est suivi avec attention grâce à la participation d'une spécialiste des coraux calédoniens aux missions de suivis depuis 2008 : M. Gregory Lasne (Biocénose). Abondance, mortalité, richesse spécifique, recrutement et blanchissement coralliens sont les paramètres de son évaluation de la santé du récif. (Cf. figure 35) .

- **Le recrutement corallien.** Il comprend les nouvelles espèces recensées sur le couloir d'étude et l'augmentation d'une espèce déjà présente grâce à des juvéniles nouvellement installés.
- **La mortalité,** elle est détectée par les exosquelettes restés en place et la connaissance du milieu par un évaluateur qui le connaît depuis de nombreuses missions notamment en baie du Prony.
- **Le blanchissement corallien.** Il est potentiellement réversible et différemment ressenti par les espèces. Il est à prendre en compte car il donne des indications sur l'affaiblissement des récifs. Les colonies blanchies ne sont pas vouées à mourir car leur résilience est importante et elles peuvent réintégrer rapidement leur zooxanthelles si les conditions environnementales redeviennent meilleures. La coloration des coraux varie selon les espèces et ne peut pas être un indicateur universel facile de blanchissement pour tous les coraux.

Le phénomène de blanchissement tend à s'amoinrir. Les colonies coralliennes ont réintégré leurs zooxanthelles. Désormais le blanchissement est anecdotique et relève de la sédimentation et de la prédation des « corallivores ».

Les trois systèmes : La baie du Prony, le canal de la Havannah, le canal Woodin, montrent des signes d'amélioration de la santé récifale : baisse du blanchissement, baisse du recouvrement des cyanobactéries, aucune prolifération des prédateurs corallivores et stabilité voir légère augmentation de la richesse spécifique corallienne et la richesse spécifique des biocénoses benthiques s'intègre dans les variables saisonnières.

Figure 35 : Indicateurs de l'état de santé des coraux (occurrence du nombre d'espèces concernées par le recrutement, la mortalité, l'augmentation et la diminution d'abondance et le blanchissement) entre octobre 2011 et mars 2012



- **Cyanobactéries et algues**

Elles sont caractéristiques d'un dérèglement du système environnemental lorsque leur développement est en hausse par rapport à leurs variations naturelles importantes (milieu riche en composés organiques dissous et plus particulièrement en composés azotés...). Leur développement est favorisé par l'augmentation de la température de l'eau et les dégradations d'origine variée des récifs coralliens. Leur développement en faible proportion est un phénomène naturel à surveiller mais qui n'a pas d'incidence sur l'environnement à ce stade (résultats cohérents avec ceux de la thèse d'A.S. Kerbrat, 2010).

Les macrophytes montrent de grandes variations d'abondance et de biodiversité qui évoluent selon :

a) La saisonnalité : les algues rouges sont très abondantes durant l'été austral mais disparaissent quasiment durant la période hivernal. Les algues brunes sont relativement abondantes au début de l'été austral (septembre, octobre et novembre) et les algues vertes sont présentes toutes l'année avec cependant une majorité durant la période estival ;

b) L'intensité des agents hydrodynamiques sur le récif va également être déterminante pour le maintien des organismes sessiles. En effet les récifs les plus exposés vont voir leurs populations de macrophytes, ascidies, spongiaires et alcyonaires, évoluer plus rapidement car le ressac, la houle et les courants de marée vont arracher les plus vieux thalles ou colonies (sénescence) du substrat.

Fin 2012 une étude spécifique de l'évolution des algues macroscopiques et des cyanophycées, depuis 2007, sera finalisée, afin de mieux cerner ces variations saisonnières.

Lors de la mission du premier semestre 2012 il n'a pas été observé de prolifération ou de changement.

- **Espèces exogènes**

Non observées

- Poissons

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe de ce document) est consacré à une étude approfondie des résultats 2012 comparés à ceux des années précédentes. Elle est due au professeur universitaire Claude Chauvet (ACREM), ichtyologue.

Il assure en supplément des exigences réglementaires une analyse statistique, notamment sur la biodiversité des poissons, sur liste exhaustive des poissons observés, dans le but d'affiner la méthodologie et de « tirer la sonnette d'alarme » au plus tôt en cas de modification des populations, il va donc au-delà du cahier des charges demandé (qui est bien rempli en intégralité, sur liste restreinte). Ces chapitres sont maintenus car l'industriel ne se permet pas de « censurer » les analyses des experts externes et ces réflexions ne peuvent qu'approfondir la qualité et la rigueur du suivi, avec une base de données exhaustive qui peut être utile dans le futur.

- Rappel :

Lors du suivi de mars 2011 un banc de Sprats avait « dopé » certaines stations du canal de la Havannah, Ces poissons ne sont pas dans la liste restreinte des poissons cibles mais ils ont attiré d'autres espèces, ce qui explique ce « dopage ».

La station ST10 de l'îlot Kié (en réserve intégrale Merlet) occupe le premier rang pour tous les indicateurs de la richesse en ichtyofaune au fil des ans, cependant cet effet de « dopage » ponctuel des indicateurs se traduit cette année par un banc de *Caesio* sur la station ST04 du canal Woodin.

○ **Evolution temporelle de l'ichtyo faune (par années) selon la méthodologie réglementaire : (Liste restreinte)**

Les tableaux de données se présentent avec les 12 stations en lignes et les années en colonnes. L'ANOVAR est un test paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'un tel tableau.

L'ANOVAR des tableaux de densité, de biomasse et de biodiversité (ici dessous) peut être réalisée en confrontant la variance du tableau aux variances annuelles, donc en colonnes : c'est alors l'homogénéité temporelle qui est testée, et en confrontant la variance globale aux variances des stations, donc en lignes : c'est alors l'homogénéité spatiale qui est testée.

➤ **DENSITE** en individus de poissons listés sur la liste restreinte par m²

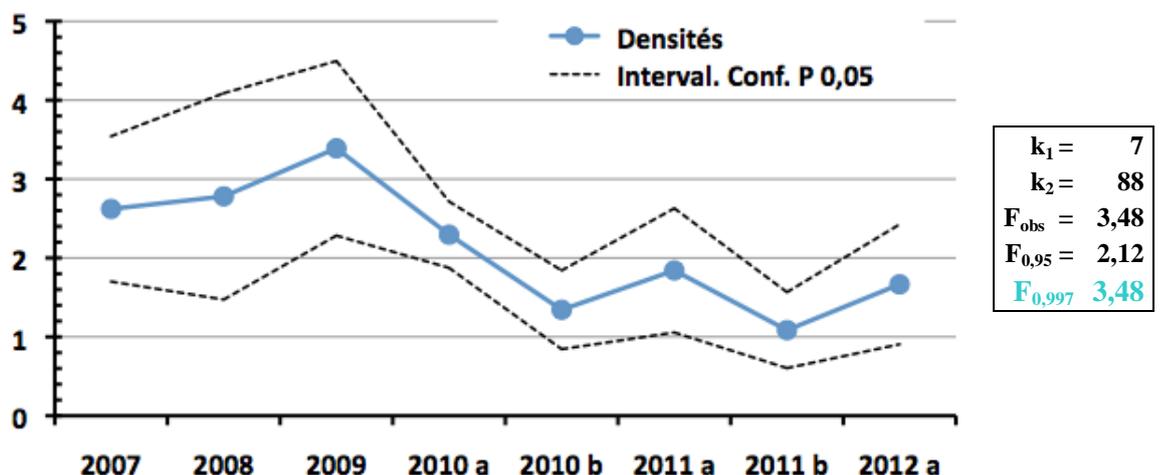
Rappel : la densité s'exprime en nombre de poissons /m² par transect selon la liste restreinte

Tableau 24: Densités (ind. /m²) moyennes par station (sur les 3 transects) et variance de celle-ci, par station et sur toutes les campagnes avec la même méthodologie sur liste restreinte

| Années | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 a | 2010 b | 2011 a | 2011 b | 2012 a |
|-----------------------|-------------------------------------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Stations | Densité moy. (transects ABC) | | | | | | | |
| Ilot CASY | 2,63 | 0,87 | 3,5 | 0,93 | 0,33 | 0,30 | 0,36 | 0,33 |
| CREEK | 1,12 | 1,76 | 1,49 | 1,68 | 1,41 | 0,61 | 1,18 | 1,10 |
| Le PORT | 1,59 | 0,92 | 3,03 | 1,95 | 0,31 | 0,86 | 0,22 | 0,24 |
| WOODIN | 5,45 | 2,71 | 4,07 | 3,38 | 0,84 | 2,11 | 0,95 | 3,20 |
| Banc IORO | 0,73 | 2,02 | 4,09 | 2,37 | 1,23 | 1,56 | 0,81 | 0,87 |
| IONONTEA | 2,45 | 2,99 | 1,17 | 2,05 | 1,91 | 2,23 | 0,75 | 1,64 |
| Banc B. CHB | 1,78 | 2,73 | 0,91 | 2,66 | 1,79 | 1,62 | 1,05 | 1,70 |
| Point PUKA | 2,32 | 1,84 | 3,5 | 3,05 | 0,46 | 0,68 | 1,30 | 0,70 |
| Banc KIE | 4,13 | 4,21 | 4,01 | 1,66 | 1,35 | 1,81 | 1,42 | 2,18 |
| Ilot KIE | 5,57 | 9,37 | 8,3 | 2,94 | 3,46 | 5,47 | 3,48 | 4,93 |
| Récif TOEMO | 1,64 | 1,9 | 3,12 | 1,86 | 1,59 | 2,50 | 0,90 | 1,70 |
| Ilot UGO | 2,18 | 2,18 | 3,49 | 3,01 | 1,44 | 2,36 | 0,60 | 1,40 |
| n | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Moy. | 2,67 | 2,85 | 3,39 | 2,30 | 1,34 | 1,84 | 1,09 | 1,67 |
| Ecart type | 1,66 | 2,36 | 1,92 | 0,73 | 0,864 | 1,36 | 0,834 | 1,32 |
| Int. de conf ± | 1,05 | 1,49 | 1,16 | 0,44 | 0,499 | 0,79 | 0,481 | 0,76 |
| Coef. de Var | 0,62 | 0,83 | 0,57 | 0,32 | 0,64 | 0,74 | 0,77 | 0,79 |

Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) par station sur toutes les campagnes

Figure 36: Densités (toutes stations confondues)



Pour toutes les campagnes, pour les densités, le tableau est hétérogène, la variance entre colonnes est significativement différente de la variance globale.

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots distincts: lot 1 : celles de la baie de Prony et Lot 2 : celles situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité.
- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes montre aussi une hétérogénéité.

Ainsi toutes ces stations sont hétérogènes. En d'autres termes, comme objet statistique, elles n'appartiennent pas au même ensemble. Ça ne sert donc à rien d'en augmenter le nombre. Nous aurons toujours un ensemble hétérogène, mais plus grand. Cette hétérogénéité étant un fait incontournable.

Le rapport du premier semestre 2011 reprenait aussi cette constatation.

En ce qui concerne la densité, la série historique apparaît comme étant divisée en deux : une partie avec des valeurs hautes 2007-08-09-10a et une partie avec des valeurs basses 2010b-11a-11b-12a. Mais la méthode est sensible à la position des poissons par rapport à la ligne de transect et surtout la position des bancs comme les bancs de Caesio par exemple qui sont très mobiles à l'échelle du transect.

Autre exemple, les bancs ou nuages de Pomacentridés qui peuvent se placer plus ou moins loin du transect et dont le recrutement est plus ou moins récent. Ils sont donc également responsables d'une part importante de ces variations sans pour autant faire varier grandement la biomasse.

➤ **BIOMASSE** en gramme de poissons listés sur la liste restreinte par m²

Rappel : la Biomasse s'exprime en en grammes de poissons /m² par transect et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie réglementaire).

$$W_i = a l_i^b$$

W_i = poids

l_i = longueur du poisson

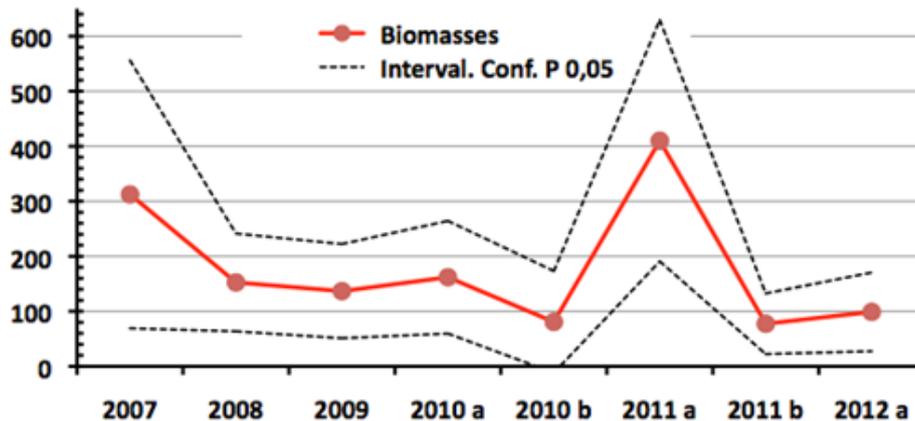
a et b sont des variables mises au point par Kulbicki & Al pour environ 350 poissons du lagon (En annexe dans les rapports intégraux).

Tableau 25: Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes par station sur toutes les campagnes

| Années | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 a | 2010 b | 2010 a | 2010 b | 2012 a |
|--------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Stations | Biomasse moy. (transects ABC) | | | | | | | |
| Ilot CASY | 14,86 | 6,68 | 13,08 | 5,79 | 2,30 | 1,01 | 3,97 | 0,82 |
| CREEK | 5,46 | 26,05 | 6,73 | 6,71 | 4,23 | 60,95 | 100,16 | 23,17 |
| Le PORT | 14,73 | 14,05 | 4,55 | 5,13 | 1,26 | 19,13 | 1,50 | 0,80 |
| WOODIN | 408,31 | 267,8 | 456,26 | 460,91 | 38,60 | 730,66 | 65,36 | 446,85 |
| Banc IORO | 47,65 | 57,97 | 315,96 | 93,78 | 37,89 | 661,47 | 41,01 | 51,11 |
| IONONTEA | 1322,4 | 385,65 | 226,52 | 487,76 | 92,96 | 687,65 | 76,87 | 151,77 |
| Banc B. CHB | 155,24 | 146,76 | 57,4 | 84,96 | 103,51 | 855,00 | 71,29 | 175,75 |
| Point PUKA | 67,39 | 87,54 | 53,22 | 57,64 | 11,73 | 28,27 | 39,78 | 4,93 |
| Banc KIE | 607,71 | 273,92 | 62,69 | 303,36 | 10,62 | 593,06 | 118,86 | 96,25 |
| Ilot KIE | 881,82 | 451,97 | 291,1 | 298,4 | 576,45 | 1014,91 | 357,27 | 73,27 |
| Récif TOEMO | 174,47 | 61,85 | 79,63 | 75,42 | 75,08 | 188,39 | 38,56 | 110,94 |
| Ilot UGO | 57,60 | 57,60 | 73,03 | 63,58 | 13,93 | 79,86 | 14,12 | 52,08 |
| n | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Moy. | 336,37 | 161,84 | 136,68 | 161,95 | 80,71 | 410,03 | 77,40 | 98,98 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Ecart type | 433,55 | 157,78 | 148,28 | 177,31 | 160,26 | 379,75 | 95,42 | 123,90 |
| Int. de conf ± | 274,20 | 99,79 | 89,41 | 106,92 | 92,53 | 219,25 | 55,09 | 71,53 |
| Coef. de Var | 1,29 | 0,97 | 1,08 | 1,09 | 1,99 | 0,93 | 1,23 | 1,25 |

| | |
|---------------|------|
| $k_1 =$ | 7 |
| $k_2 =$ | 88 |
| $F_{obs} =$ | 3,93 |
| $F_{0,950} =$ | 2,12 |
| $F_{0,999} =$ | 3,90 |

Figure 37 : Biomasse. Toutes les stations confondues


Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : Lot 1 : celles de la baie de Prony et Lots 2 : celles situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes montre une similarité, à une valeur de F à 0.950. Sous un regard quantitatif, les stations de la Baie de Prony apparaissent homogènes. Elles sont en fait toujours pauvres quelles que soient les espèces que l'on y trouve et, de plus, les grosses espèces y sont souvent à l'état de juvéniles, cela donne un lissage de la biomasse.
- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité. Ainsi toutes ces stations sont hétérogènes. En d'autres termes, comme objet statistique, elles n'appartiennent pas au même ensemble. Cela ne servirait donc à rien d'en augmenter le nombre. Nous aurons toujours un ensemble hétérogène, mais plus grand. Cette hétérogénéité étant un fait incontournable.

➤ BIODIVERSITE

Nous ne considérons ici que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité. (Une étude plus poussée de la biodiversité sur liste exhaustive est présentée au paragraphe suivant et dans le rapport intégral).

Tableau 26: Analyse des biodiversités par station sur toutes les campagnes

| Années | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 a | 2010 b | 2010 a | 2010 a | 2012 a |
|------------------|--|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Stations | Biodiversité moy. (transects ABC) | | | | | | | |
| Ilot CASY | 16 | 9 | 11 | 13 | 11 | 12 | 13 | 9 |
| CREEK | 6 | 12 | 9 | 10 | 8 | 13 | 16 | 14 |
| Le PORT | 15 | 14 | 9 | 10 | 11 | 16 | 13 | 14 |
| WOODIN | 37 | 39 | 35 | 54 | 26 | 64 | 42 | 51 |
| Banc IORO | 22 | 30 | 44 | 42 | 24 | 56 | 43 | 36 |

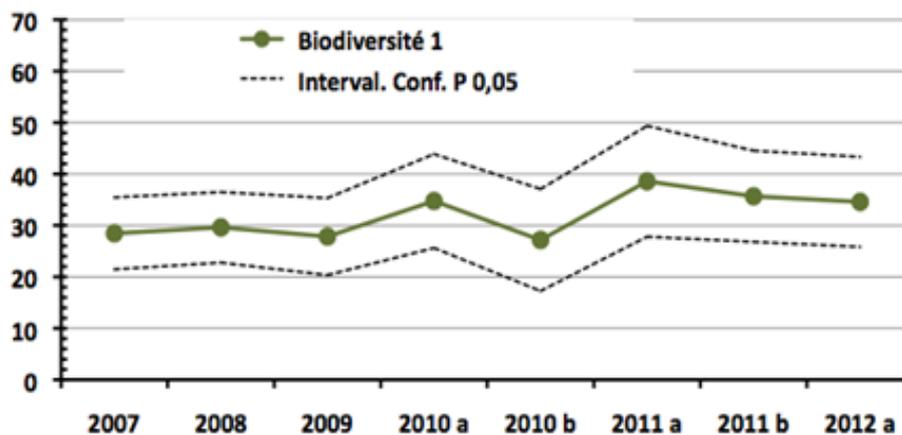
| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IONONTEA | 45 | 41 | 31 | 44 | 37 | 51 | 46 | 44 |
| Banc B. CHB | 33 | 44 | 29 | 45 | 38 | 46 | 43 | 44 |
| Point PUKA | 28 | 30 | 28 | 29 | 14 | 26 | 33 | 27 |
| Banc KIE | 36 | 32 | 35 | 34 | 28 | 39 | 48 | 45 |
| Ilot KIE | 46 | 37 | 49 | 52 | 67 | 59 | 58 | 52 |
| Récif TOEMO | 29 | 39 | 31 | 43 | 44 | 51 | 48 | 45 |
| Ilot UGO | 28 | 28 | 23 | 41 | 18 | 30 | 25 | 34 |
| n | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Moy. | 28,45 | 29,73 | 27,83 | 34,75 | 27,17 | 38,58 | 35,67 | 34,58 |
| Ecart type | 12,71 | 12,46 | 12,97 | 15,81 | 17,17 | 18,67 | 15,35 | 15,16 |
| Int. de conf ± | 8,04 | 7,88 | 7,82 | 9,54 | 9,91 | 10,78 | 8,86 | 8,75 |
| Coef. de Var | 0,45 | 0,42 | 0,47 | 0,45 | 0,63 | 0,48 | 0,43 | 0,44 |

$$F_{obs} < F_{0,95}$$

| | |
|--------------|------|
| $k_1 =$ | 7 |
| $k_2 =$ | 88 |
| $F_{obs} =$ | 0,86 |
| $F_{0,95} =$ | 2,12 |

L'analyse des variances de la biodiversité pour les 7 campagnes montre une similarité. (Valeur de F).

Figure 38 : Biodiversité toutes stations avec intervalle de confiance



Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : Lot 1 : celles de la baie de Prony et Lot 2 : celles situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes montre une similarité, à une valeur de F à 0.950.
- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité.

Les données quantitatives sont obtenues sans répliqua et sont donc sans intervalle de confiance calculable.

Les stations ne peuvent donc être comparées individuellement, (ni entre elles, ni d'une année sur l'autre). C'est pour cette raison que l'on prend le domaine entier ou, de façon plus pertinente, le domaine de la baie du Prony et le domaine du canal de la Havannah.

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

- Comparaison spatiale des stations selon la méthodologie réglementaire : (Liste restreinte)

➤ DENSITE

Figure 39 : Représentation par station des densités moyennes depuis 2007 intervalle de confiance

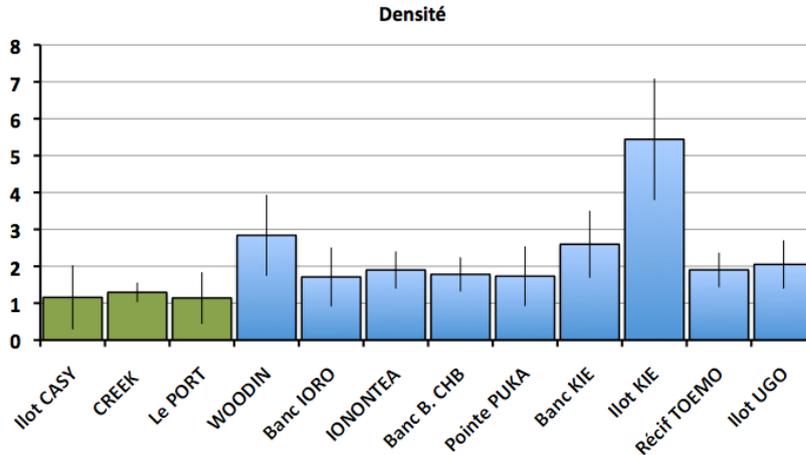


Tableau 27 : Densités moyennes par station

| | I. Casy | Creek | Port | Woodin | Ioro | Ionon. | CHB | Puka | B. Kie | I. Kie | Toemo | Ugo |
|-------------|---------|-------|------|--------|------|--------|------|------|--------|--------|-------|------|
| n | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| μ | 1,16 | 1,29 | 1,14 | 2,84 | 1,71 | 1,90 | 1,78 | 1,73 | 2,60 | 5,44 | 1,90 | 2,05 |
| σ | 1,23 | 0,37 | 0,99 | 1,55 | 1,13 | 0,71 | 0,65 | 1,15 | 1,29 | 2,33 | 0,66 | 0,92 |
| I.C. | 0,87 | 0,26 | 0,70 | 1,10 | 0,80 | 0,50 | 0,46 | 0,81 | 0,91 | 1,65 | 0,47 | 0,65 |

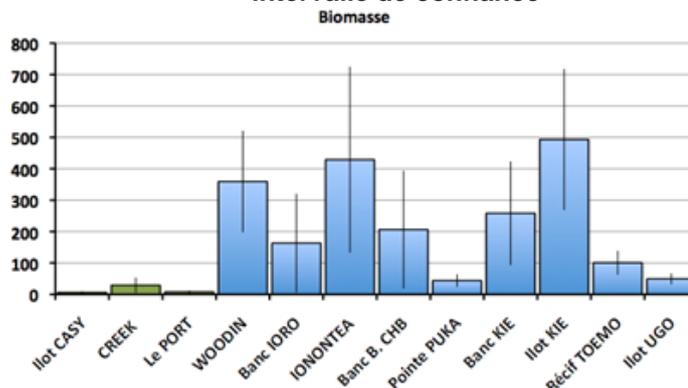
Où : n = nombre de missions depuis 2007, μ = moyennes, σ = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance

| Toutes stations | Havannah | Baie de Prony |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| $k_1 = 11$ | $k_1 = 8$ | $k_1 = 2$ |
| $k_2 = 84$ | $k_2 = 63$ | $k_2 = 21$ |
| $F_{obs} = 7,65$ | $F_{obs} = 7,17$ | $F_{obs} = 0,07$ |
| $F_{0,95} = 1,86$ | $F_{0,95} = 2,02$ | $F_{0,95} = 3,47$ |

L'homogénéité n'est acceptable qu'en baie du Prony (avec $F_{obs} < F_{0,95}$) si l'on travaille par deux lots séparés : Havannah séparé de Prony.

➤ BIOMASSE

Figure 40 : Représentation par station des biomasses moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance



L'homogénéité n'est acceptable qu'en baie du Prony si l'on travaille par deux lots séparés

Tableau 27 : Biomasses moyennes par station

| | I. Casy | Creek | Port | Woodin | Ioro | Ionon | CHB | Puka | B. Kie | I. Kie | Toemo | Ugo |
|----------------------------|---------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| n | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| μ | 6,06 | 29,18 | 7,64 | 359,34 | 163,36 | 428,95 | 206,24 | 43,81 | 258,31 | 493,15 | 100,54 | 49,43 |
| σ | 5,33 | 34,41 | 7,22 | 228,45 | 221,70 | 418,36 | 265,54 | 28,15 | 233,52 | 317,46 | 53,91 | 24,49 |
| I.C. | | | | | 156,76 | 295,82 | 187,77 | 19,90 | 165,13 | 224,48 | | 17,31 |
| | 3,77 | 24,33 | 5,10 | 161,54 | | | | | | | 38,12 | |

où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance

| Toutes stations | Havannah | Baie de Prony |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| k₁ = 11 | k₁ = 8 | k₁ = 2 |
| k₂ = 84 | k₂ = 63 | k₂ = 21 |
| F_{obs} = 5,57 | F_{obs} = 3,83 | F_{obs} = 3,17 |
| F_{0,950} = 1,86 | F_{0,950} = 2,02 | F_{0,950} = 3,47 |

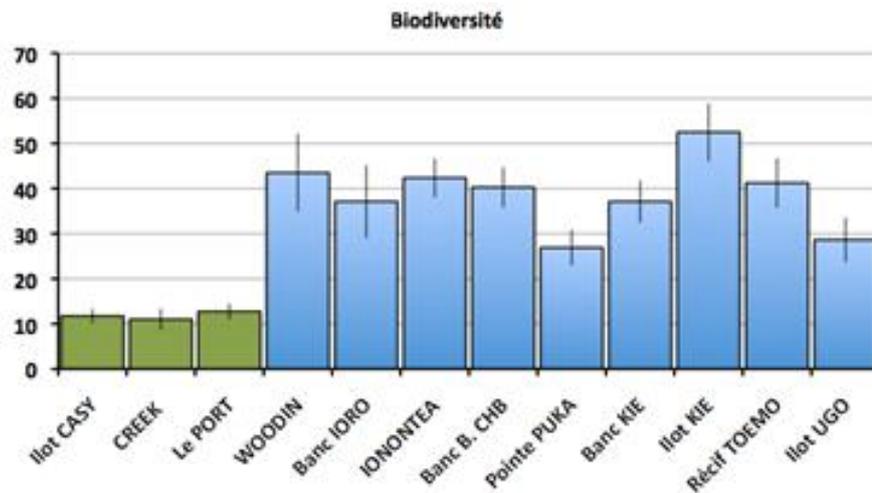
Si l'analyse est faite par lots, l' H_0 n'est acceptable qu'en baie de Prony

Les analyses précédentes sur la densité et la biomasse montrent une importante dissemblance entre la variance entre colonnes et la variance globale du tableau : $F_{obs} > F_{0,95}$. Cela indique que nous avons de grandes fluctuations des résultats entre les missions, donc interannuelles ou inter-semestrielles (fréquence des visites).

En ce qui concerne la biomasse la même dichotomie des résultats ne se retrouve pas. La biomasse est un paramètre sensible essentiellement aux grosses espèces, souvent à un seul individu, qui sont ou non attirées sur les transects, soit par le plongeur, soit comme en 2011 par des bancs de Sprats. La présence conjoncturelle d'une loche ou de 2 ou 3 carangues plus ou moins proches du transect modifie considérablement ce paramètre, sans pour autant changer grandement la densité.

➤ BIODIVERSITE

Figure 41 : Représentation par station des biodiversités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance



L'homogénéité n'est acceptable qu'en baie du Prony si l'on travaille par deux lots séparés

Tableau 28 : Biodiversités moyennes par station

| | I. Casy | Creek | Port | Woodin | Ioro | Ionon. | CHB | Puka | B. Kie | I. Kie | Toemo | Ugo |
|----------------------------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| n | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| μ | 11,75 | 11,00 | 12,75 | 43,50 | 37,13 | 42,38 | 40,25 | 26,88 | 37,13 | 52,50 | 41,25 | 28,63 |
| σ | 2,31 | 3,34 | 2,49 | 12,13 | 11,43 | 6,09 | 6,27 | 5,62 | 6,64 | 9,09 | 7,80 | 6,99 |
| I.C. | 1,64 | 2,36 | 1,76 | 8,58 | 8,08 | 4,31 | 4,44 | 3,97 | 4,70 | 6,43 | 5,51 | 4,94 |

où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance

| Toutes stations | Havannah | Baie de Prony |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| k₁ = 11 | k₁ = 8 | k₁ = 2 |
| k₂ = 84 | k₂ = 63 | k₂ = 21 |
| F_{obs} = 28,76 | F_{obs} = 6,97 | F_{obs} = 0,81 |
| F_{0,950} = 1,86 | F_{0,950} = 2,02 | F_{0,950} = 3,47 |

Figure 42 : Récapitulation des résultats quant aux tests d'homogénéités selon les années et selon les stations.
Récapitulatif de la comparaison temporelle

| Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des années | | | | |
|--|-----------------------------|-------------|-------------------------|----------------|
| Paramètres testés | | Densité | Boimasse/m ² | Biodiversité 1 |
| Prise en compte | de toutes les stations | Refusée *** | Refusée *** | Acceptée ** |
| | des stations de Prony | Refusée *** | Acceptée *** | Acceptée *** |
| | des stations de la Havannah | Refusée *** | Refusée *** | Refusée ** |

Récapitulatif de la comparaison spatiale

| Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des stations | | | | |
|--|-----------------------------|--------------|-------------------------|----------------|
| Paramètres testés | | Densité | Boimasse/m ² | Biodiversité 1 |
| Prise en compte | de toutes les stations | Refusée *** | Refusée *** | Refusée *** |
| | des stations de Prony | Acceptée *** | Acceptée *** | Acceptée *** |
| | des stations de la Havannah | Refusée *** | Refusée *** | Refusée *** |

Cela indique que : les données quantitatives par station sont obtenues sans répliqua et donc sans intervalle de confiance. Les 3 *transects* d'une station n'étant pas des réplicas l'un de l'autre étant donné leurs profondeurs différentes et leur écosystèmes différents sur substrats différents. Les stations ne peuvent donc être comparées individuellement : ni entre elles une même année, ni d'une année sur l'autre pour une même station. Seule la prise en compte de l'ensemble des stations de la zone (ou d'un sous-ensemble : Havannah 9 stations, Prony 3 stations, c'est plus pertinent) constitue une série statistique et permet le calcul d'un intervalle de confiance.

- Pour la comparaison temporelle, tous les tests rejettent l'Ho, sauf la biomasse en baie de Prony qui apparaît stable. En fait, toutes les densités de poissons à Prony sont faibles. Les grandes espèces étant souvent représentées par des juvéniles, la biomasse s'en trouve donc lissée à des valeurs basses.
- Pour la comparaison spatiale, les stations du canal de la Havannah sont très différentes les unes des autres et très différentes de celles de Prony.

 ○ **Test de X² de rangs Kruskal-Wallis**

Sous l'angle de vue temporel la biomasse et la biodiversité sur la zone apparaissent stables d'année en année. En revanche, le test sur les densités montre une distribution contrastée.

Sous l'angle de vue spatial l'hypothèse Ho d'homogénéité est rejetée pour les 3 paramètres.

○ **Test de X² de rangs Friedman**

Le test de Friedman a donc sans doute dans notre cas plus d'intérêt que celui de Kruskal & Wallis (raisons explicitées dans le rapport intégral en annexe)

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

Figure 43 : Evolution de de la densité, biomasse, biodiversité

- **au cours du temps et**
- **comparaison spatiale pour les différentes stations en mars 2012**

Evolution de de la densité, biomasse, biodiversité au cours du temps et comparaison spatiale pour les différentes stations en 2012 a

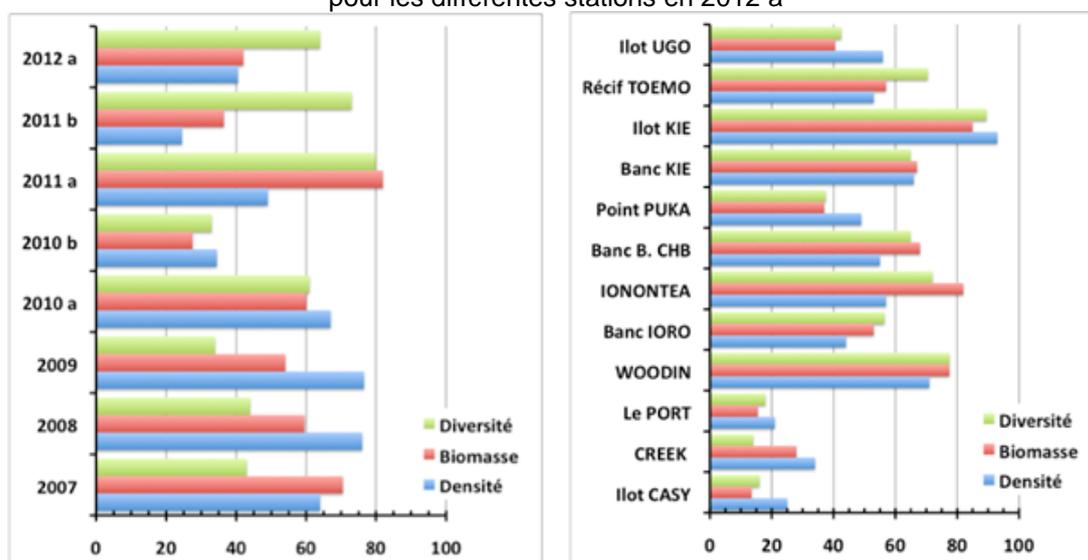


Tableau 29 : Classement des années (A) et des stations (B) selon les valeurs moyennes

Clé de cotation du classement

| Indices | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------|-------|---------|---------|-------|
| Densité (ind./m ²) | < 1 | 1-2 | 2-3 | > 3 |
| Biomasse (g/m ²) | < 100 | 100-200 | 200-400 | > 400 |
| Diversité (nb espèces) | < 20 | 20-30 | 30-40 | > 40 |

| A - Par années | Dens. | Biom. | Diver. | Rangs globaux | B - Par station | Dens. | Biom. | Diver. | Rangs globaux |
|----------------|-------|-------|--------|---------------|-----------------|-------|-------|--------|---------------|
| 2007 | 3 | 3 | 2 | 2,50 | Ilot CASY | 2 | 1 | 1 | 1,25 |
| 2008 | 3 | 2 | 2 | 2,25 | CREEK | 2 | 1 | 1 | 1,25 |
| 2009 | 3 | 2 | 2 | 2,25 | Le PORT | 2 | 1 | 1 | 1,25 |
| 2010 a | 3 | 2 | 3 | 2,75 | WOODIN | 3 | 3 | 4 | 3,50 |
| 2010 b | 2 | 1 | 2 | 1,75 | Banc IORO | 2 | 2 | 3 | 2,50 |
| 2011 a | 2 | 4 | 3 | 3,00 | IONONTEA | 2 | 4 | 4 | 3,50 |
| 2011 b | 2 | 1 | 3 | 2,25 | Banc B. CHB | 2 | 2 | 4 | 3,00 |
| 2012 a | 2 | 1 | 3 | 2,25 | Point PUKA | 2 | 1 | 2 | 1,75 |
| | | | | | Banc KIE | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| | | | | | Ilot KIE | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| | | | | | Récif TOEMO | 2 | 2 | 4 | 3,00 |
| | | | | | Ilot UGO | 3 | 1 | 2 | 2,00 |

Synthèse conclusive sur l'évolution temporelle (POISSONS) entre 2007 et mai 2012

Compte tenu de l'importance des intervalles de confiance, ces résultats quantitatifs sont tous à considérer comme stables depuis 2007. La biodiversité est également stable. Cette régularité quantitative cache en réalité, un important remaniement qualitatif annuel, notamment dans la Baie de Prony dont le rôle de nursery est toujours très marqué

La zone apparaît toujours très hétérogène notamment le canal de la Havannah. Toutefois, et malgré l'absence de réplica, des conclusions, peuvent être présentées par l'expert ichtyologue qui analyse les données historiques :

Celui-ci propose un classement temporel de la zone toute entière, fait à l'aide d'un code couleurs réalisé à partir des résultats obtenus au cours des 8 missions réalisées depuis 2007. Ce code synoptique mêle les paramètres de densité, biomasse et biodiversité en donnant deux fois plus de poids à ce dernier :

– $C = (D+B+2*B_{\alpha})/4$

– Ce code est une échelle de 1 à 4 : < 1 **Rouge (alarme)**, de 1 à 2 **Orange (attention)**, de 2 à 3 **Vert (normal)** et > 3 **Bleu (très bon)**.

L'application aux 8 dernières missions est donnée dans un effort d'affiner les indicateurs d'alerte.

Cette manipulation donne ces indications : (pour toute la zone prise en son ensemble ; 12 stations)

Classement des années

| | | | |
|--------|--|--------|--|
| 2007 | | 2010 b | |
| 2008 | | 2011 a | |
| 2009 | | 2011 b | |
| 2010 a | | 2012 a | |

Sous cet angle de vue, la zone est normale et stable depuis 2007 (code = $2,5 \pm 0,25$) avec une légère chute en octobre 2010 (code = 1,75) et une reprise (code = 3) en mars 2011.

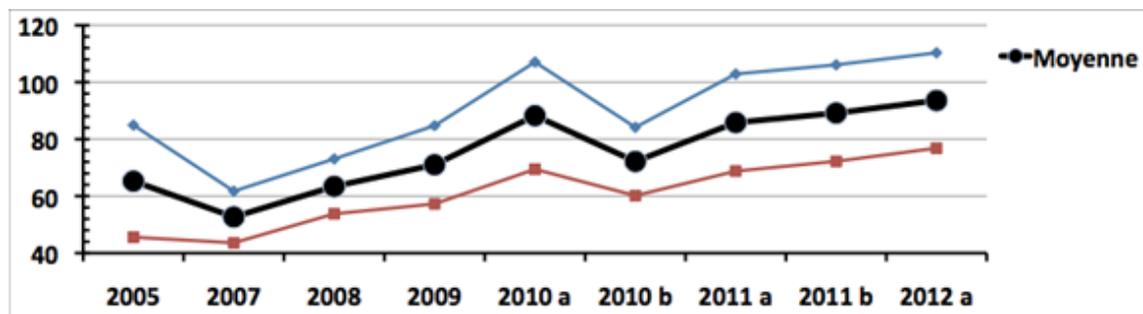
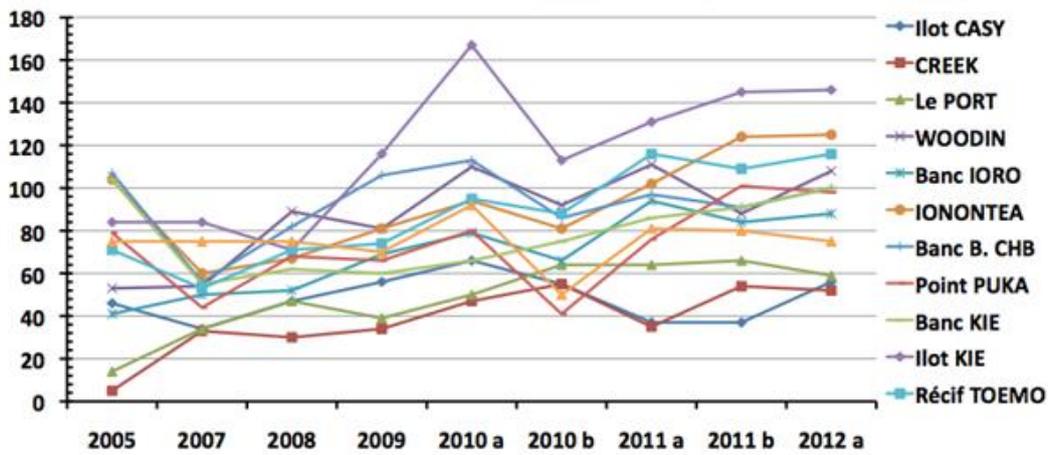
- **Travail d'analyse supplémentaire sur liste exhaustive des poissons et depuis 2005**

➤ **BIODIVERSITE α sur listes exhaustives**

La biodiversité dite α (B_{α}) est le nombre d'espèces n présentes sur une station.

La B_{α} des stations de Prony est toujours en moyenne deux fois plus faible que celle des stations du canal de la Havannah. La station en réserve Merlet (îlot Kié) présente toujours la biodiversité α la plus forte.*

Depuis 2010, à chaque mission nous rencontrons entre 290 et 345 espèces, alors que nous n'en notions que de 240 à 290 les années précédentes.

Figure 44 : Biodiversité α pour chaque station, depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive).

 Figure 45 : Evolution de la biodiversité $B\alpha$ par station et en moyenne sur toute la zone depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive).

Evolution des moyennes globales $B\alpha$, sur toute la zone

| $B\alpha$ | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 a | 2010 b | 2011 a | 2011 b | 2012 a |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| moyennes | 52,67 | 63,42 | 71,00 | 88,25 | 72,17 | 85,83 | 89,17 | 93,58 |
| Ecart type | 15,72 | 16,71 | 23,79 | 32,60 | 20,77 | 29,54 | 29,35 | 29,02 |
| Int. de conf = | 9,08 | 9,65 | 13,74 | 18,82 | 11,99 | 17,06 | 16,95 | 16,75 |

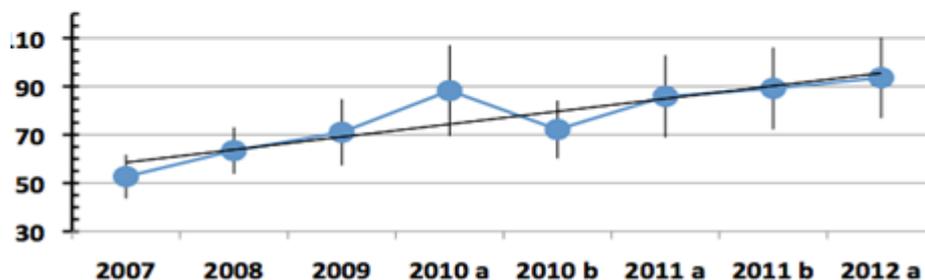
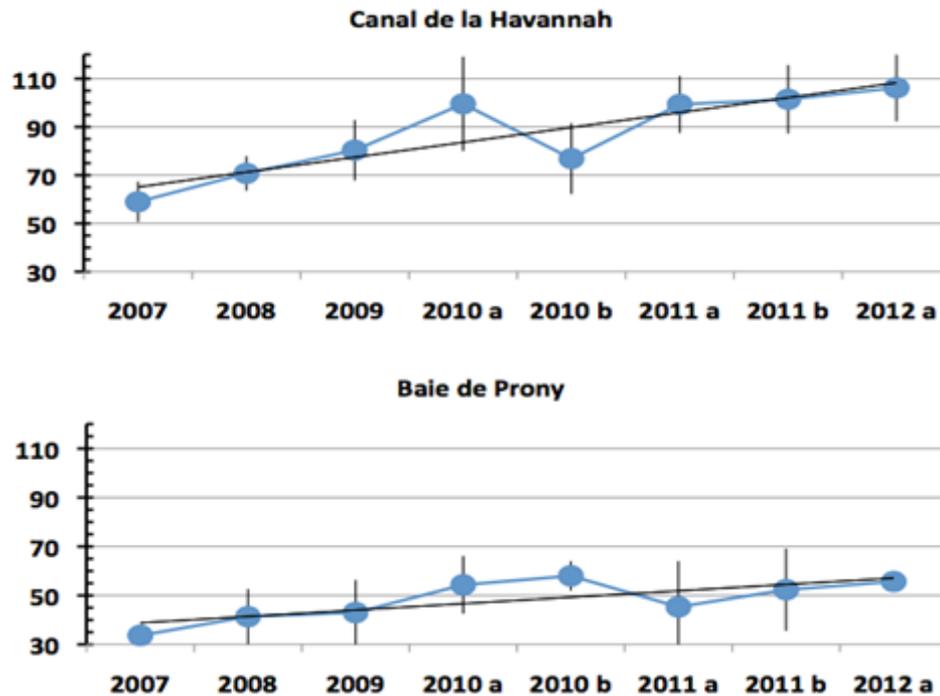
Toute la zone


Figure 46 : Evolution moyenne globale de la biodiversité Bα sur la zone : Baie du Prony et sur la zone : canal de la Havannah séparées (Listes exhaustives des poissons)



➤ **MODELISATION de la structure des populations**

Les peuplements ont une structure et s'il advenait une pollution cette structure en serait affectée. Plusieurs modèles peuvent ajuster la représentation de cette structure.

D'après le modèle de Frontier il s'agirait un peuplement proche de l'état mature maximal.

○ **CONCLUSION de l'expert sur les populations de poissons après analyses des bases de données depuis 2005**

Depuis 6 ans et cette année de façon encore plus approfondie la longueur de la série historique commence à porter ses fruits pour montrer concrètement combien le paramètre de la Biodiversité peut être riche d'informations dès lors qu'il est utilisé de façon élaborée tout en utilisant des statistiques et des formulations simples.

Ce type d'approche propose tout un faisceau d'éléments, qui, lorsqu'ils convergent comme ici, permettent une conclusion solide. En effet, l'importance de la diversité des poissons dans le lagon calédonien - il y a autant d'espèces dans la zone étudiée que dans la Méditerranée toute entière - donne à ces analyses une grande sensibilité et une grande précision et cette dernière ne fera qu'augmenter avec le temps c'est-à-dire, avec le nombre de missions.

- La structure des peuplements groupés par familles est toujours stable.
- Globalement la Biodiversité conserve des valeurs importantes et cela depuis 2010.
- La valeur obtenue en mars 2012 s'inscrit dans une légère tendance à la progression que nous observons depuis le début de cette série historique en 2005 et qui est cette fois-ci appuyée par les tests statistiques.
- Les calculs de l'Ubiquité spatiale traduisent toujours un peuplement agrégé :

- 90 % des espèces ne sont vues au plus que sur la moitié des stations dont 60 % sur une ou deux stations seulement.
 - Corrélativement, seules à peine plus de 10 % sont vues sur au moins la moitié des stations et moins de
 - 2 % d'entre-elles sur 11 ou 12 stations et peuvent ainsi être considérées comme totalement ubiquistes.
- Les calculs de l'Ubiquité temporelle, ou de la « permanence des espèces sur un site » traduisent un peuplement extrêmement dynamique ou plastique :
- Plus de 50% des espèces n'ont été vues qu'une ou deux fois depuis le début du suivi et les $\frac{3}{4}$ au plus 4 fois (sur 8 missions réalisées).
 - Corrélativement, 25 % ont été vues « fréquemment » c'est-à-dire au moins 4 fois, dont 10%, soit 60 espèces environ, qui ont été vues à toutes les missions et peuvent ainsi être qualifiées de permanentes sur la zone.

L'ichtyo faune ne montre aucune variation ou anomalie.

3.3.5. Conclusions sur l'ensemble suivi éco-systémique

➤ SUBSTRAT

Il n'y a pas de grandes variations temporelles : les pourcentages des différentes composantes sont relativement stables par rapport à la mission précédente. Les variations, quand il y en a, sont dues à des fluctuations saisonnières de l'abondance des algues
Présence toujours faible ou nulle sur la majorité des stations des coraux blancs (0.5% sur 4 *transects* seulement) ainsi que des cyanobactéries.

➤ BENTHOS

D'un point de vue général, l'étude comparative de la richesse spécifique corallienne (R.S.C.) entre les deux dernières missions montre que les récifs tentent de se régénérer (R.S.C. mars 2012 \geq R.S.C. octobre 2011) pour les trois systèmes (Prony, Woodin et Havannah). Cependant grâce à l'étude de l'occurrence (recrutement, mortalité et blanchissement), nous constatons que de nombreuses modifications de la composition spécifique s'opèrent au sein de chaque système et de chaque *transect*.
Les cyanobactéries tendent vers une stabilité ou une légère diminution de leur recouvrement. Les astéries corallivores prédatrices de corail ont une fréquence et une abondance très faible. Les mollusques corallivores n'ont pas profité de la phase de stagnation corallienne pour se développer.

➤ POISSONS

La structure des peuplements groupés par familles est toujours stable.
Globalement la **Biodiversité** conserve des valeurs importantes et cela depuis 2010. La valeur obtenue en mars 2012 s'inscrit dans une légère tendance à la progression que nous observons depuis le début de cette série historique en 2005 et qui est cette fois-ci appuyée par les tests statistiques.

➤ EXOGENES

Aucun individu d'espèce exogène n'a été aperçu dans les limites d'une veille attentive mais pas d'une recherche méthodologiquement ciblée.

➤ CAS PARTICULIERS

Aucune prolifération d'algues, de cyanophycées ou d'étoiles de mer. Aucune prolifération d'une autre espèce qui pourrait être un signal demandant une recherche de cause.

Le rapport de suivi sera donné lors du bilan annuel, fin 2012

3.3.8. Suivi spécifique au port (La surveillance de la Station St16 du port de Prony)

- **Contexte**

La station St16 du port de Prony est suivie de façon réglementaire au minimum 4 fois par an. Les missions sont effectuées en **mars, avril, aout et octobre**.

Il a aussi été décidé de doubler la fréquence des suivis au niveau de la Station St15 du creek de la baie Nord, de façon volontariste par Vale NC, aussi les résultats trimestriels de St 15 seront-ils présentés avec ceux de St16, cde façon globale et en fin d'année.

Figure 49 : Rappel de la position des stations suivies trimestriellement

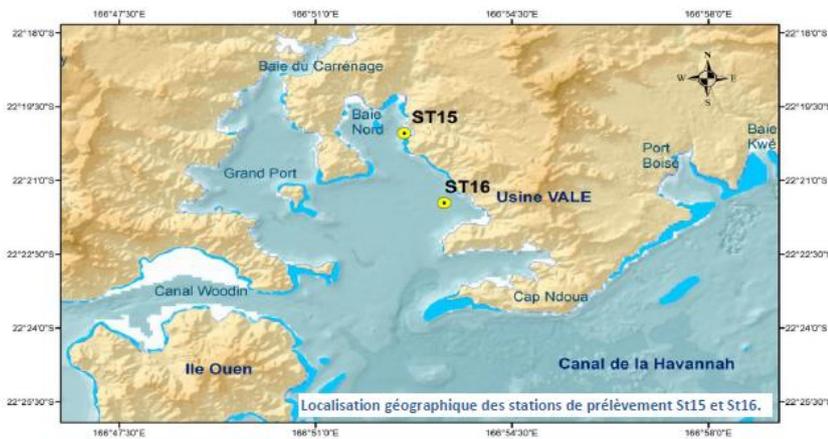


Figure 50 : Rappel des positions des points de suivis au niveau du port de Prony. ST03 est une station de suivi fixe sous – marine



3.3.9. Synthèse des résultats du suivi lors du premier semestre 2012

| | |
|--|---|
| | Rapport finalisé et remis aux administrations de contrôle |
|--|---|

| | |
|--|--|
| | La mission se poursuit durant le second semestre 2012. |
|--|--|

Tableau 30 : Synthèse des résultats des missions règlementaires de suivis du milieu marin du 1er semestre 2012.

| Suivi règlementaire 2012 | Indicateurs | Premier semestre 2012 | REPORTING Semestriel | Second semestre 2012 | REPORTING Annuel 2012 |
|--|---|---|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Structure de la colonne d'eau 14 stations | Physique Chimique | Conforme aux valeurs attendues | | En cours | |
| Qualité de l'eau dont les concentrations en métaux | Chimique | Conforme aux valeurs attendues | | En cours | |
| Suivi des écosystèmes | Biologique : Corail Benthos Poissons | Très bonne santé des récifs et des populations associées Aucune anomalie ou indice d'alerte. | | Prévu en sept /octobre | |
| Bio accumulation Sur transplants | Bio accumulateur | En cours | | | |
| Suivi du taux de sédimentation | Physique | Suivi triennal, dernière mission en 2010, prochain suivi en 2013 | | | |
| Suivi de la qualité des sédiments | Chimique | Suivi triennal, dernière mission en 2009, le suivi 2012 est en cours. | | | |
| Suivi des flux sédimentaires | Physique Chimique | En cours | | | |
| Suivi spécial zone portuaire | Physique Chimique Et sédiments | Intégré au rapport de suivi des 14 stations. Rapport spécial en fin d'année. Conforme. | | En cours | |

4. INTERPRETATION ET DISCUSSION

- Le recouplement de toutes les informations données par les paramètres analysés (ou observés) est cohérent, il montre que le suivi des indicateurs est pertinent.
- Le suivi écologique montre que le passage des dépressions et du cyclone de janvier 2011 a bien été décelé, ce qui est logique, le contraire eut fait douter de la finesse des méthodologies de suivi. La récupération des écosystèmes a été rapidement amorcée.
- Il n'a pas eu de pollution ni d'impact sur le milieu marin, la qualité du milieu marin est bonne.
- L'effluent ne montre aucun effet, comme attendu par les études, modélisations et expertises antérieures.

5. BILAN DES NON-CONFORMITES

Aucune non-conformité n'a été constatée pour le milieu « récepteur marin » au cours de ce suivi du premier semestre 2012 en comparaison avec les données des états des lieux et des suivis depuis 2007 ou 2005 selon les bases de données.

ANNEXE I

LISTE RESTREINTE DES POISSONS FAISANT L'OBJET DU SUIVI ICHYTOLOGIQUE

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

| Famille | Genre | espèce |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Requins | | spp |
| Raies | | spp |
| Scorpaenidae | Rascasses "poules" | spp |
| Serranidae | <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 |
| Pseudochromidae | <i>Pictichromis</i> | <i>coralensis</i> |
| Carangidae | | spp |
| Lutjanidae | <i>Aphareus</i> | <i>furca</i> |
| | <i>Aprion</i> | <i>virescens</i> |
| | <i>Lutjanus</i> | <i>adettii</i> |
| | <i>Lutjanus</i> | <i>sebae</i> |
| | <i>Lutjanus</i> | spp |
| | <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>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>Hemitaurichthys</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> |
| Pomacanthidae | <i>Centropyge</i> | <i>bicolor</i> |

| Famille | Genre | espèce |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | <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> |
| Pomacentridae | <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 |
| Labridae | <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> |
| Scaridae | <i>Bolbometopon</i> | <i>muricatum</i> |
| | <i>Scarus</i> | <i>ghobban</i> |
| | <i>Chlorurus</i> | <i>microrrhinos</i> |
| | Scaridae | spp |
| Blennidae | <i>Ecsenius</i> | <i>bicolor</i> |
| | <i>Meicanthus</i> | <i>atrodorsalis</i> |
| Gobbidae | <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>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> |
| Acanthuridae | <i>Naso</i> | spp |

| Famille | Genre | espèce |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| (suite) | <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>Oxymonacanthus</i> | <i>longirostris</i> |
| | <i>Rhinecanthus</i> | <i>aculeatus</i> |
| | <i>Rhinecanthus</i> | <i>rectangulus</i> |
| Tetraodontidae | <i>Canthigaster</i> | spp |

ANNEXE II

SUIVI ENVIRONNEMENTAL STRUCTURE DE LA COLONNE D'EAU, QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET CONCENTRATION EN METAUX DISSOUS

(Premier semestre 2012)

ANNEXE III

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

Mission d'Août 2011

ANNEXE IV

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

| | |
|--------|--|
| ACREM | Association Calédonienne de Recherche en Environnement |
| ANOVA | Analysis Of Variance", ou "Analyse de la Variance". |
| F0, 95 | Seuil de confiance choisi 5%, le choix du risque est de 5%, l'hypothèse est vérifiée à 95% |
| HO | Hypothèse O, ici hypothèse d'homogénéité, elle sera acceptée ou rejeté par le test statistique |
| LIT | Ligne Intercept Transect (ruban ou couloir formant une ligne de longueur donnée) |
| NE | Nord -est |
| NW | Nord -ouest |
| SE | Sud-est |
| ST | Station fixe de suivi des écosystèmes marins, matérialisée au fond de l'eau par des piquets |
| St | Point de prélèvement d'un échantillon d'eau de mer |
| SW | Sud-ouest |
| TLV | Transect à longueur variable |
| μ | 0,000 001 ou micro |

PARAMETRES

| | |
|-------|--------------------------------|
| Ag | Argent |
| Al | Aluminium |
| As | Arsenic |
| B | Bore |
| Ba | Baryum |
| Be | Béryllium |
| Bi | Bismuth |
| Ca | Calcium |
| CaCO3 | Carbonates de calcium |
| Cd | Cadmium |
| Cl | Chlore |
| Co | Cobalt |
| COT | Carbone organique total |
| Cr | Chrome |
| CrVI | Chrome VI |
| Cu | Cuivre |
| DBO5 | Demande biologique en oxygène |
| DCO | Demande chimique en oxygène |
| F | Fluor |
| Fe | Fer |
| FeII | Fer II |
| HT | Hydrocarbures totaux |
| K | Potassium |
| Li | Lithium |
| MES | Matières en suspension |
| MEST | Matières en suspension totales |
| Mg | Magnésium |
| Mn | Manganèse |

| | |
|------|------------------------------|
| Mo | Molybdène |
| Na | Sodium |
| NB | Nota bene |
| NH3 | Ammonium |
| Ni | Nickel |
| NO2 | Nitrites |
| NO3 | Nitrates |
| NT | Azote total |
| P | Phosphore |
| Pb | Plomb |
| pH | Potentiel hydrogène |
| PO4 | Phosphates |
| S | Soufre |
| Sb | Antimoine |
| Se | Sélénium |
| Si | Silice |
| SiO2 | Oxyde de silicium |
| Sn | Etain |
| SO4 | Sulfates |
| Sr | Strontium |
| T° | Température |
| TA | Titre alcalimétrique |
| TAC | Titre alcalimétrique complet |
| Te | Tellure |
| Th | Thorium |
| Ti | Titane |
| Tl | Thallium |
| U | Uranium |
| V | Vanadium |
| WJ | Wadjana |
| Zn | Zinc |