



Suivi environnemental Premier semestre 2015

MILIEU MARIN



Vale Nouvelle-Calédonie
Année 2015 - Premier semestre

L'intégralité du présent rapport, en ce compris ses annexes, (ci-après désigné « RAPPORT ») reste la propriété exclusive de VALE Nouvelle-Calédonie SAS (ci-après désignée « VALE NC »), au titre de son droit de propriété intellectuelle.

A l'exception des autorités administratives destinataires du RAPPORT, ce dernier et les données qu'il contient ne peuvent être utilisées qu'à des fins de consultation à titre privé.

Ainsi le Rapport et les données qu'il contient ne pourront pas être utilisés ou reproduits (totalement ou partiellement) sur quelque support que ce soit, sans l'accord préalable et écrit de VALE NC.

En aucun cas le RAPPORT et les données qu'il contient ne pourront être utilisées à des fins commerciales et/ou en vue de porter atteinte aux intérêts de VALE NC et du groupe VALE, notamment par l'utilisation partielles des données et sorties de leur contexte global, sous peine de voir votre responsabilité engagée.

Si vous désirez des informations plus détaillées au sujet de la présente déclaration et/ou du RAPPORT, veuillez-vous adresser à :

VALE NC, Département Communication

E-mail : ValeNC-communication@vale.com

Tel : 23 50 36

Sommaire

1. ACQUISITION DES DONNEES	2
1.1. LOCALISATION.....	2
1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC.....	2
1.1.2. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (stations nommées St)	3
1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (Stations nommées ST)	4
1.1.4. Stations de suivi de la biodisponibilité des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (<i>Le caging</i>).	7
Ce suivi est demandé par la CCB 2009/2014	7
1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Nom des stations : S).....	8
1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire	9
1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaires.....	10
1.2. INDICATEURS SUIVIS	12
1.3. METHODES	17
1.3.1. Qualité des eaux marines : structure de la colonne d'eau et paramètres physico-chimiques	17
1.3.1.1. Structure physique de la colonne d'eau	17
1.3.1.2. Qualité chimique de la colonne d'eau	19
1.3.1.3. Fréquences des suivis physico-chimiques de la colonne d'eau	24
1.3.1.4. Validation des résultats	26
1.3.2. Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées	28
1.3.2.1. Méthodologie.....	28
1.3.2.2. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes	32
1.3.2.3. Validation des résultats	33
1.3.3. Bio - disponibilité des métaux dans le milieu et espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines	34
1.3.4. Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures	36
1.3.5. Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments	36
1.3.6. Les sédiments : Flux sédimentaires	37
➤ Les flux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwé et en baie du Prony	38
➤ Evaluation des flux de particules transportées par l'effluent	38
2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT	40
2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2014	41
2.2. CARTOGRAPHIE : PRESSIONS ET ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS	42
3. RESULTATS (PREMIER SEMESTRE 2015).....	46
3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES	46
3.2. VALEURS OBTENUES (PREMIER SEMESTRE 2015).....	50
3.2.1. Météorologie durant le premier semestre 2015	50
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer	53
3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées	79
3.2.3.1. Rappels des évènements météorologiques d'influence sur les écosystèmes	80
3.2.3.2. Bilan des observations par station suivie (au premier semestre 2014).....	81
3.2.3.3. Le code de l'environnement de la Province Sud et les espèces protégées rencontrées	84
3.2.3.4. Comparaisons spatiales entre stations.....	85
3.2.3.5. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007	95
3.2.4. Suivi des bio-indicateurs transplantés (<i>le caging</i>)	106
3.2.5. Suivi des flux sédimentaires	106
3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments	112
3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal).....	113
3.2.8. La qualité des sédiments	116
3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents	116
4. CONCLUSION.....	117
5. INTERPRETATION ET DISCUSSION.....	118

Annexes

- Annexe 1 Liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique selon le plan de suivi réglementaire.
- Annexe 2 Rapport S1/ 2015 : Suivi environnemental de la qualité de la colonne d'eau de mer – La structure de la colonne d'eau- La qualité physico-chimique et les concentrations en métaux dissous (Premier semestre 2014 : S1/2014). Rapport intégral AEL- Données brutes en fin de rapport.
- Annexe 3 Rapport S1/ 2015 : Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah (Premier semestre 2015 : S1/2014). Rapport intégral Aquaterra / Acrem/ Biocenose- Données brutes en fin de rapport.
- Annexe 4 Rapport S1/ 2015 : Les flux sédimentaires (1^{er} semestre 2015)- Rapport intégral AEL
- Annexe 5 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 de la surface jusqu'au fond.**
- **Bio-indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associés ;**
- **Bio-indicateurs de la bio- disponibilité des métaux dans l'environnement par leur accumulation chez des algues et des bivalves élevés en cages et positionnés sur les zones de pression + témoins;**
- **Indicateurs physico-chimiques des sédiments marins :**
 - **géochimie,**
 - **flux,**
 - **taux de sédimentologie.**

Cette surveillance englobe le périmètre d'influence potentielle de Vale NC. Elle a été élaborée par les autorités de tutelles et leurs conseillers scientifiques à partir de plusieurs années d'études océanographiques dans une démarche basée sur les études d'impacts et les pressions exercées par le projet Vale NC global sur son environnement via les différents bassins versants.

Elle s'effectue au niveau de stations sous-marines et points de prélèvements selon les prescriptions réglementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter (du port et de l'usine) et de la Convention (CCB 2009) 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.**

- **Arrêtés ICPE : Usine/UPM et bassin des résidus de la Kué Ouest du 9 octobre 2008.**

- **CCB : Convention Province Sud – Vale Nouvelle-Calédonie du 20 mars 2009 (Convention CCB n° C238-09)**

Guide de lecture de ce rapport Bilan Semestriel

Chapitres

- Plan de suivi et méthodologies d'acquisition et de traitement des données : **Bordure bleue** |
- Données disponibles à date du rapport présent : **Bordure jaune** |
- Résultats du premier semestre et de l'année 2015 : **Bordure verte** |
- Conclusion : **Bordure noire** |

Les « plus » supplémentaires 2015



Les « high light »



Les points d'attention soutenue



Les points positifs



Les points du suivi ciblés pour une surveillance attentive et accrue



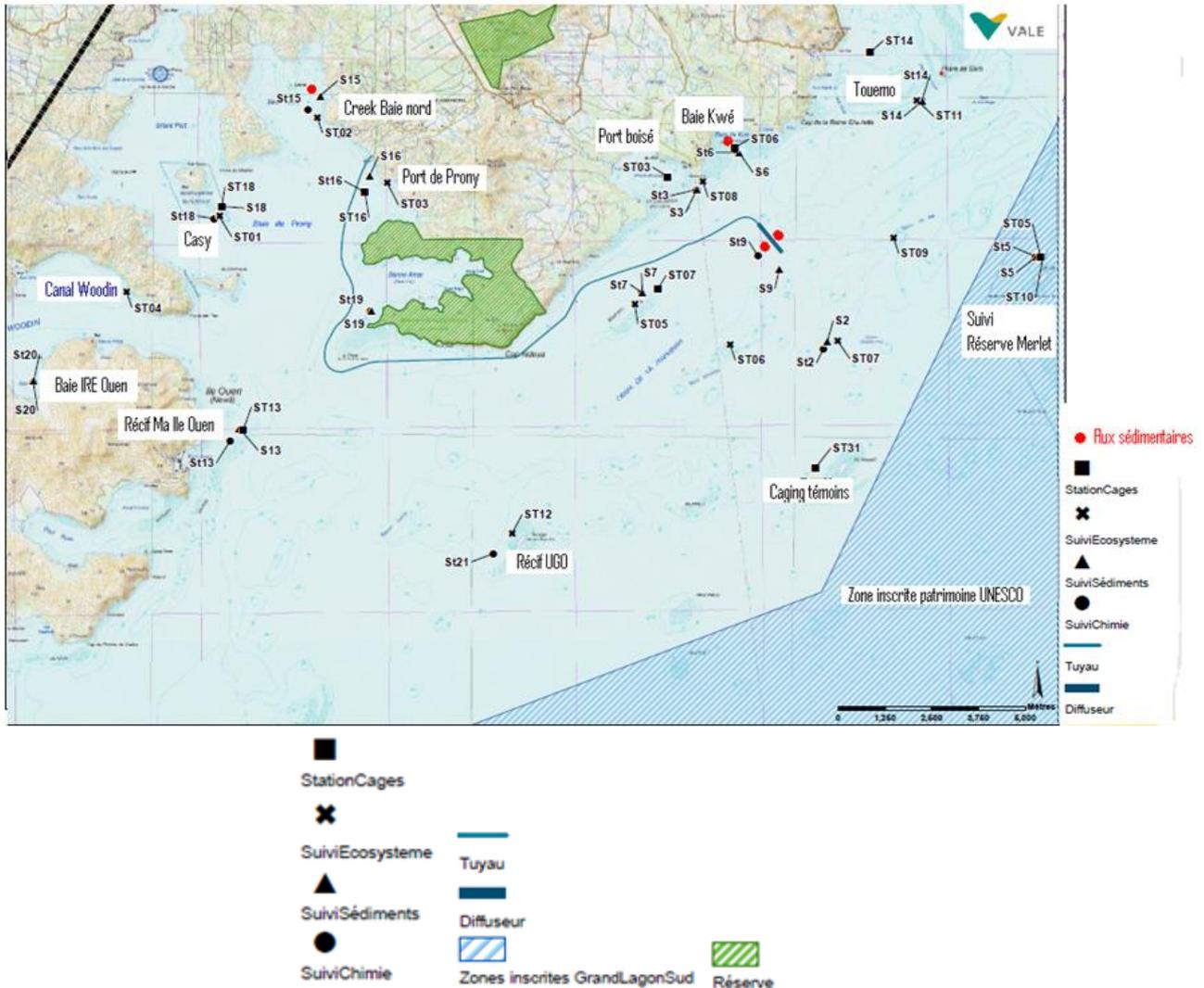
1. ACQUISITION DES DONNEES

1.1. Localisation

1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC

La carte suivante synthétise l'ensemble des points de suivis règlementaires et conventionnels du milieu marin.

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin/2015.



Ce plan de suivi est respecté depuis 2008, il est en cours d'actualisation et d'optimisation en 2015 sous l'expertise d'instituts spécialisés (INERIS et IFREMER) ← →

Les stations supplémentaires suivies par Vale NC ne sont pas indiquées sur cette carte qui représente le suivi à minima suivant le plan de suivi réglementaire et conventionnel.

Les paragraphes suivants reprennent les positions exactes de chaque station, en fonction des indicateurs suivis. La liste des paramètres suivis est présentée au chapitre 1.2 et la méthodologie pour chaque paramètre analysé est détaillée au chapitre 1.3.

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 (stations nommées St)

Le tableau suivant indique les positions réglementaires des points de prélèvement de l'eau de mer et la profondeur du lagon à ce poste, les prélèvements sont tous effectués à 3 profondeurs différentes : en surface, à mi profondeur et au fond.

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

Localisation 2014	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)	Nombre de point de prélèvement
Basse Chambeyron	St2	167° 00,506	22° 23,599	33	3
Baie Port Boisé	St3	166° 58,010	22° 21,190	29	3
Ilot Kié	St5	167° 03,100	22° 22,050	34	3
Récif de la Baie Kwé	St6	166° 59,112	22° 20,830	20	3
Récif Ioro	St7	166° 57,910	22° 22,820	41	3
Canal de la Havannah	St9	166° 59,754	22° 22,540	47	3
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35	3
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37	3
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25	3
Prony Wharf (Port de Prony)	St16	166° 53,365	22° 21,210	44	3
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26	3
Rade de l'Est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38	3
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25	3
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	36	3

La carte suivante présente le positionnement de ces points.

Figure 2 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau (St) 2014.

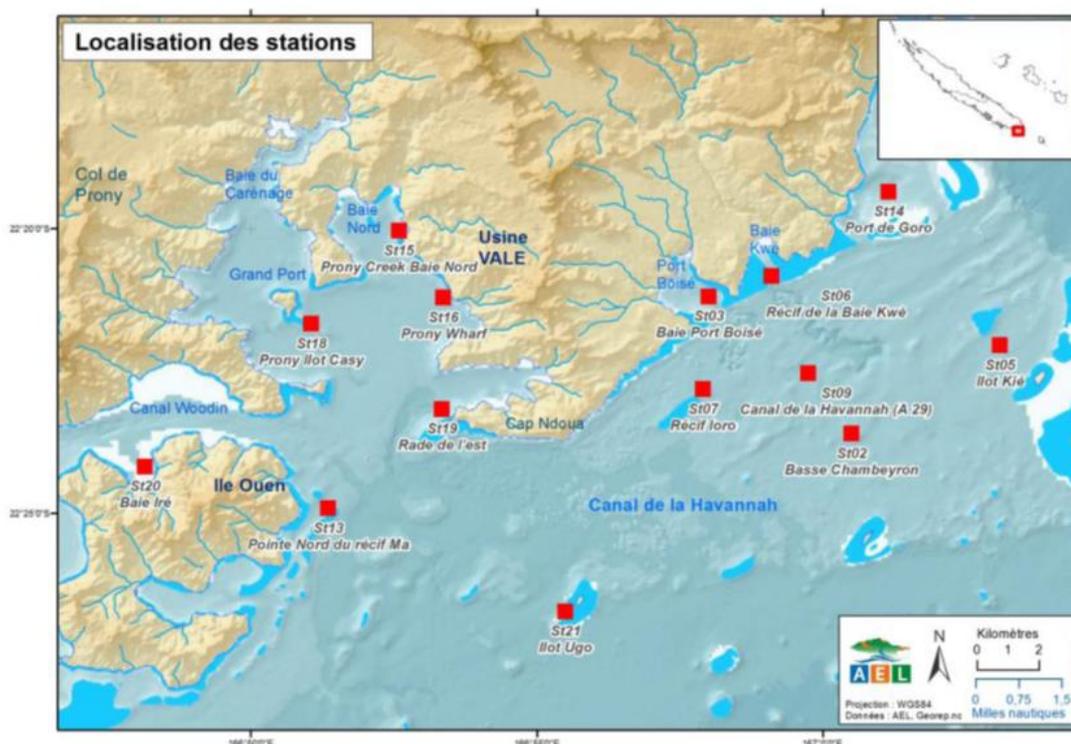


Figure 3 : Localisation précise des stations de suivi de la qualité de l'eau en baie de Port Boisé et Baie Kué



14 points de prélèvements sont suivis sur toute la colonne d'eau. En août 2009 la station dite « récif Hugo St 21 » a été ajoutée sur demande sociétale ; cette dernière est suivie sur tous les paramètres physico-chimiques ainsi que sur son aspect éco- systémique.

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

- de l'effluent marin (traité* puis rejeté au fond du canal de la Havannah) ;
- de la qualité des eaux des baies recevant des apports terrigènes via des creeks issus des bassins versants de la zone d'influence (Baie Kwé et Bassin versant Creek Baie Nord) ;
- de la qualité de l'eau sous l'influence du port de Prony ;
- d'une veille renforcée à l'égard de l'île Ouen, de la population en baie de Goro et de la réserve Merlet.

** La qualité de l'effluent traité fait l'objet d'un rapport spécifique dédié à la qualité des eaux rejetées et basé sur les seuils réglementaires d'autorisation ICPE. La qualité du milieu marin est, bien sûr, corrélée avec de la qualité des rejets traités. Ce travail de corrélation et de synthèse est effectué notamment pour les suivis en champ proche du diffuseur (non réglementaires).*

1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (Stations nommées ST)

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 organismes associés (Invertébrés et 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)

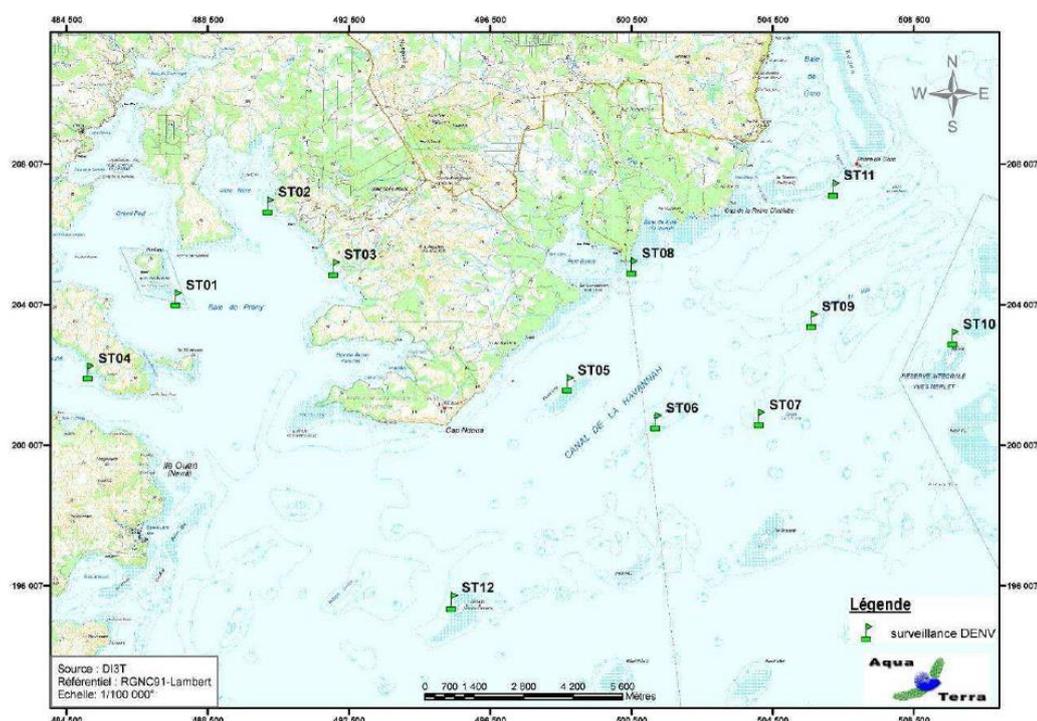
Stations 2014	Localisation	Longitude	Latitude
ST05	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072
ST06	Banc Ionontea	166°58.995	22°23.650
ST07	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591
ST08	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243
ST09	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070
ST010	Ilot Kié Réserve Merlet	167°03.862	22°22.324
ST011	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 2014	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 sous -marines du plan de suivi tel qu'indiqué dans la Convention CCB 2009 (elles sont localisées par des piquets sous-marins et leur plan géomorphologique est repris dans chaque rapport de mission.)

Figure 4 : Localisation géographique 2014 des stations fixes sous-marines de suivis des écosystèmes Peuplements récifaux et poissons associés



Les stations de 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 et entretenus à chaque visite. Elle peut exceptionnellement ne comporter que 2 *transects* si la topologie du fond ne permet pas d'en placer trois.

Un schéma structural de chaque station est réalisé à la fin de chaque mission, avec iconographie associée, selon l'exemple présenté sur la figure suivante. En cas de nécessité d'évaluation par des biologistes non habitués aux lieux, un tel schéma facilite grandement l'approche de la station sous-marine, surtout si la visibilité est faible.

Rappel : Vale NC se conforme aux prescriptions de suivis qui lui sont imposés par les arrêtés ICPE (2007 et 2008) et par la Convention CCB avec la Province Sud (2009). Un atelier a travaillé

pour définir la méthodologie à suivre en matière de suivi des écosystèmes marins, en mars 2006, sous l'impulsion de la DENV et des biologistes marins calédoniens ayant participé aux états des lieux.

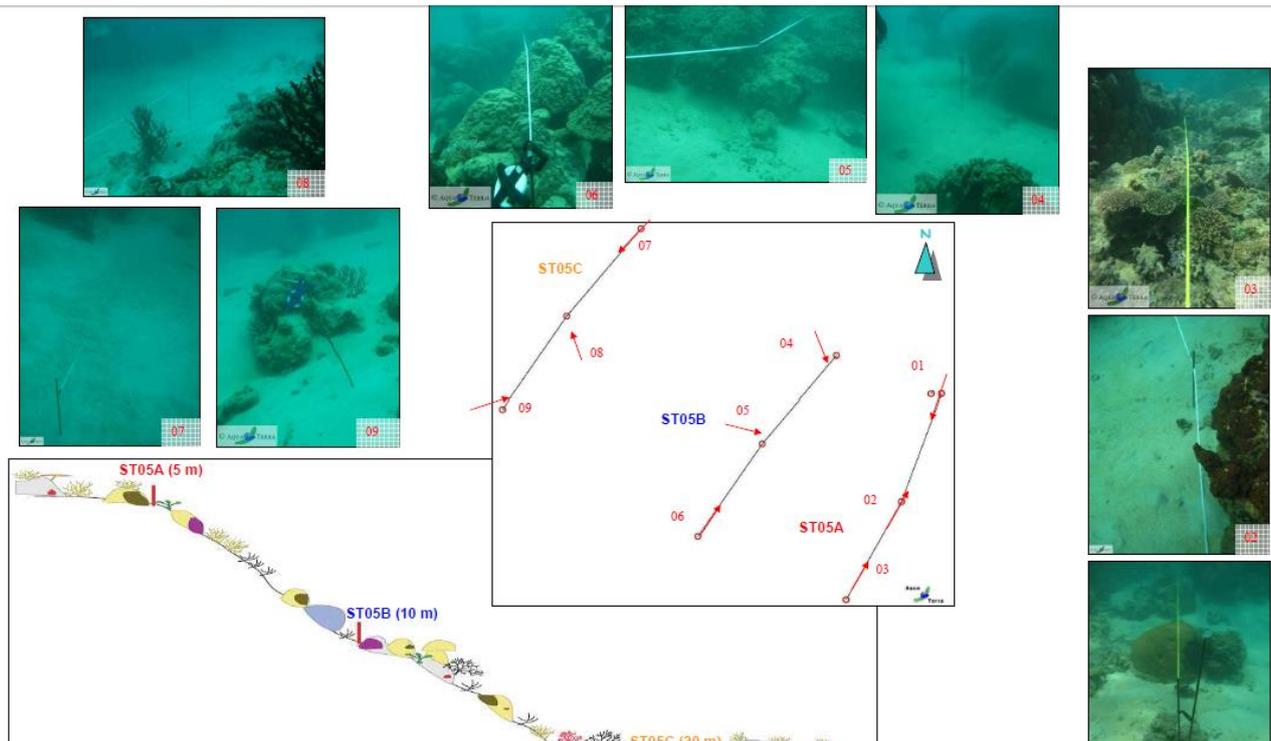
Le suivi éco-systémique est un engagement du plan de suivi de la CCB 2009.

Les stations ciblées par ce plan de suivi ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis le début des suivis 2007, avec un recul de 15 inventaires minimums sur celles-ci (à ce jour). Aucune station n'a été abandonnée ou modifiée.

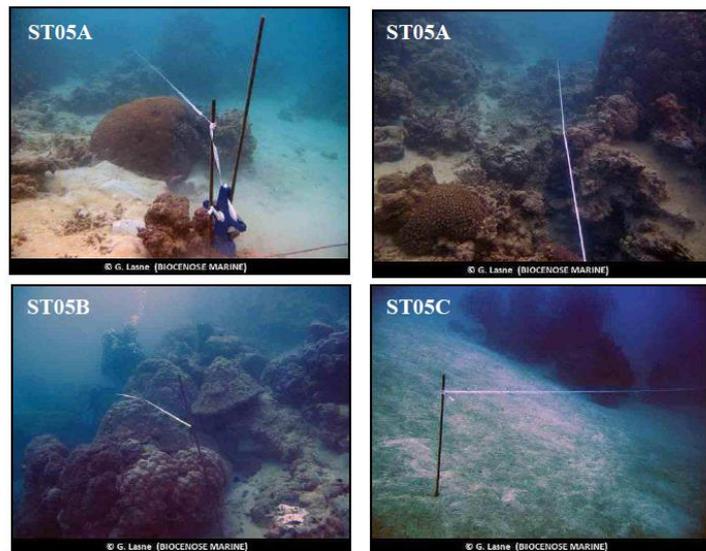


Remarque : d'autres zones et stations sont suivis selon les événements et les suivis supplémentaires, notamment en baie du Prony et au niveau des baies au Nord du canal de la Havannah.

Figure 5 : Exemple de schéma structural qui représente une station : La station ST05



Les 3 transects (A, B et C) sont à 3 profondeurs différentes et sans réplicas, selon les exigences du plan de suivi imposé. Chaque transfert suit une courbe bathymétrique constante le plus souvent parallèle à la cote



Vue d'ensemble des transects (ST05)

1.1.4. Stations de suivi de la biodisponibilité des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (*Le caging*).

Ce suivi est demandé par la CCB 2009/2014

Tableau 4 : Localisation géographique 2014 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°59,104	22°20,852	28,4	10,5
Chenal de la Baie Kwé	St06	166°59,105	22°20,853	27,2	10
Récif Ioro	St07	166°57,847	22°23,053	38,5	12,5
Pointe Nord du récif Ma	St13	166°51,364	22°24,905	32,4	10
Port naturel de Goro	St14	167°01,122	22°19,349	35,2	12,5
Port de Prony	St16	166°52,534	22°20,750	42,6	12,5
Prony Ilot Casy	St18	166°51,056	22°21,681	22	10
Témoins Ilot Nouaré Témoins	St31	167°01,105	22°25,050	35	11,5

En 2014 : **2 cages ont été ajoutées en baie du Prony** à titre de d'affinement volontaire du suivi par Vale NC et en préparation des optimisations à venir du plan de suivi marin. En 2015, fort du retour d'expérience des campagnes antérieures, le « *caging* » reste encore démarche R&D en expertise (par l'INERIS/IFRMER) et en voie de consolidation.

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur de la zone (en m)	Profondeur d'immersion de la cage (en m)
Port de Prony/ Quai	St 16P	166°59,102	22°20,850	12	10
Baie du Prony	St 18	166°51,056	22°21,681	22	11

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 m et 12m de profondeur et en dehors de toute activité nautique.

Figure 6 : Localisation géographique des cages de transplantation de bio indicateurs



Les cages ont été positionnées dans l'objectif de réaliser la surveillance d'une éventuelle pression :

- du port de Prony ;
- de l'effluent marin (traité puis rejetée au fond du canal de la Havannah) ;
- des embouchures des creeks (sous bassin versant d'influence du projet : usine ou mine)
- des apports terrigènes au niveau des baies, notamment en baie Kué (et baie de Port boisé)
- Et pour rassurer les populations en zone proche de l'île Ouen et tribu de Goro
- La cage située au niveau de la station St 31 est un témoin référentiel.

Le retour d'expérience montre que l'emplacement des cages doit éviter leur perte qui est due à trois causes :

- une agitation trop forte de la zone exposée au ressac : les cages doivent pouvoir tenir en place durant 3 mois, et à partir de 2014 durant 5 mois.
- une zone de passages fréquents de bateaux. Les cages doivent être placées en dehors d'une zone de trafic portuaire ou maritime, pour cette raison en 2014 une cage est ajoutée dans un angle du quai du Port et à l'abri du trafic.
- ou bien des bouées de marquage trop visibles qui attirent l'attention et qui sont dérobées avec pour conséquence des cages perdues ou coulées et dégradées. Les bouées de sustentation et de marquage ne doivent pas être visibles depuis la surface.

En 2014 et en 2015 le suivi par caging est en phase d'affinement, notamment sur la cinétique d'accumulation des bivalves, pour une meilleure robustesse de cette méthodologie encore en R&D en Nouvelle-Calédonie, le suivi 2015 est donc modifié et centré sur la cinétique. Un audit INERIS/IFREMER recommande cette étude et en suit l'évolution dans son travail d'optimisation du plan de suivi marin en fonction des expériences acquises et des nouvelles technologies et connaissances.



1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Nom des stations : S)

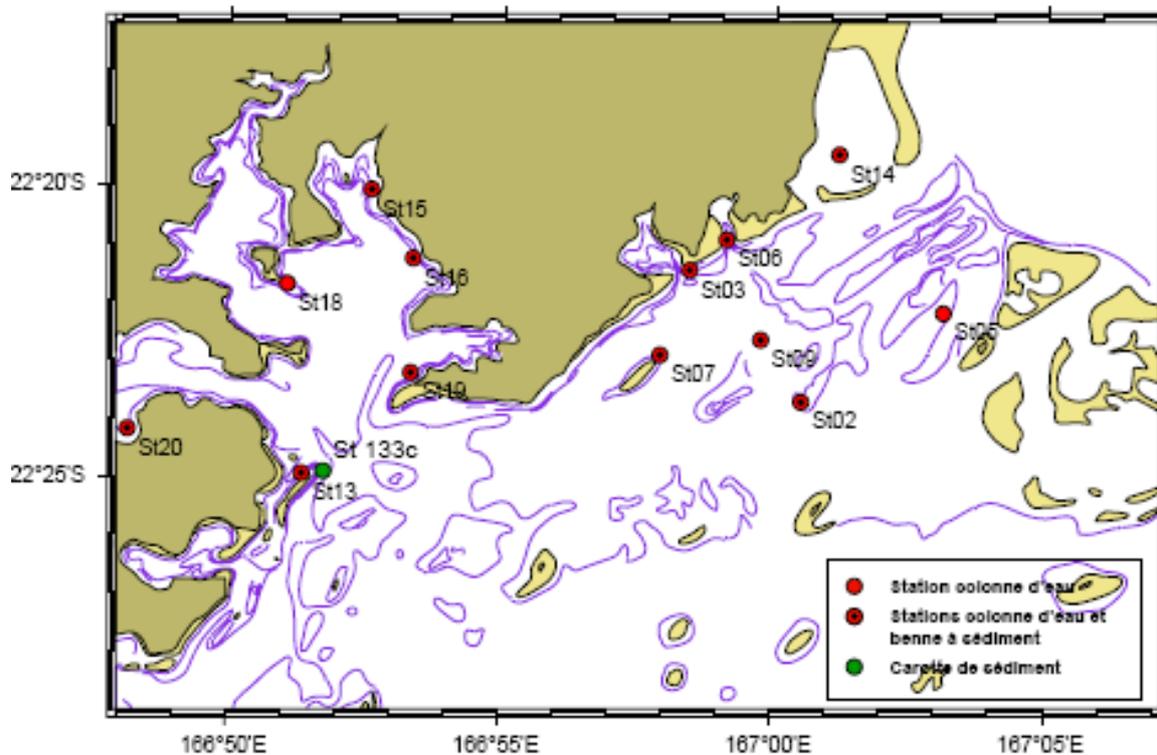
Le suivi de la qualité des sédiments marins est effectué sur les stations indiquées dans le tableau suivant.

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

Localisation 2014	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St 2	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	St 3	166° 58,010	22° 21,190	29
Ilot Kié	St 5	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	St 6	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif Ioro	St 7	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	St 9	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	St 13	166° 51,354	22° 24,914	35
Port de Goro	St 14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	St 15	166° 52,590	22° 20,037	25
Prony Wharf (Port de Prony)	St 16	166° 53,365	22° 21,210	44
Prony Ilot Casy	St 18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'est	St 19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	St 20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	St 21	166°55,501	22°26,728	36
+ Ile Ouen	St 133	166° 52,398	22° 25,147	60

La carte suivante présente ces stations de surveillance sur le domaine marin.

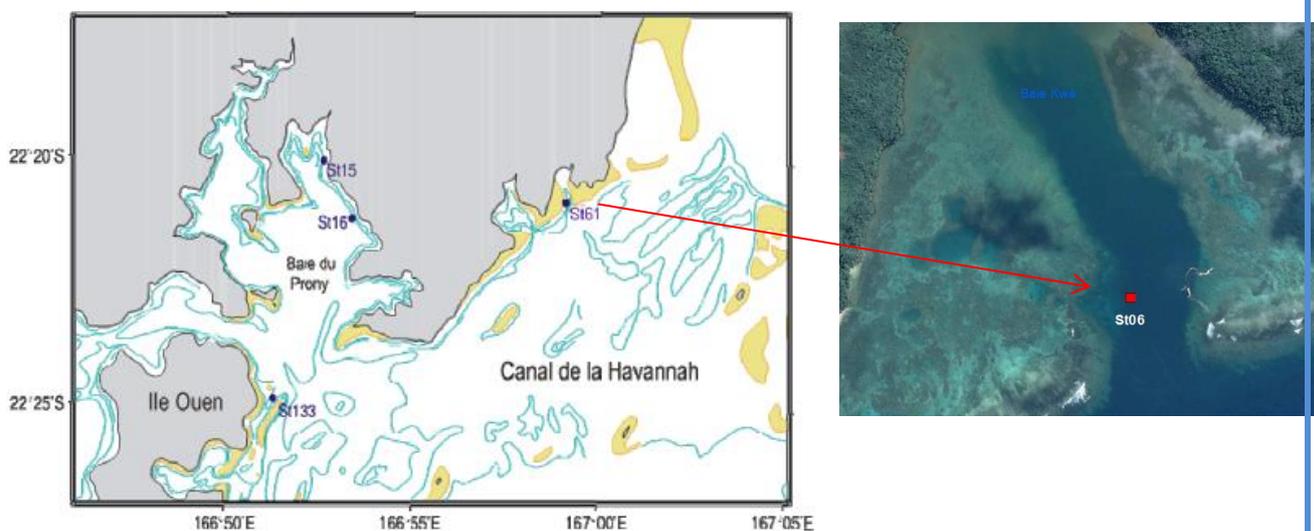
Figure 7 : Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte St133 de l'île Ouen



1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont installées en baie de Prony : à 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. Ces 3 stations sont suivies de façon triennale (conseil des experts des plans de suivi sur la fréquence à suivre pour un taux d'accumulation relativement lent) ; la station du port est, quant à elle, suivie de façon annuelle.

Figure 8 : 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.

1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaires

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
St15 Prony (creek Baie Nord)	166°59,590	22°20,037	37m
St 60-NE (à 60 m du diffuseur)	22° 22,109	166°59.678	39m
StKW-1 En Baie Kwé	22°20,747	166°59,140	18m

Les photographies et la carte suivantes montrent la position de ces postes de suivis : dans le canal d'ouverture de la Baie Kwé, près de l'embouchure du creek baie Nord et près du diffuseur. Le diffuseur est schématisé par un trait rouge sur la première photographie.



Le dispositif de collecte est placé à 3 mètres au-dessus du fond. Cette cote de profondeur est particulièrement importante à respecter pour les pièges mouillés à proximité du diffuseur afin que les orifices de collecte demeurent en contact avec l'effluent, même lorsque les conditions hydrodynamiques des marées de vive-eau s'exercent. Ce prérequis est conforme aux résultats du traçage réalisé à la rhodamine-WT (Contrat AEL/ Vale-NC n° 20233 ; Figure 2) ; la couche affectée par l'effluent n'étant que d'environ 5 m d'épaisseur en période de vive-eau, alors qu'elle dépasse les 10 m par courants faibles (marées de morte-eau). **Les godets doivent être placés dans la zone la plus propice à la collecte des flux d'effluent.**



REMARQUE

En ce qui concerne le milieu marin, les stations de suivis réglementaires listées dans les chapitres précédents sont inscrites dans l'arrêté ICPE 2008 et dans la convention CCB 2009 Vale NC/Province-Sud. Vale NC s'y conforme entièrement.

-Les résultats des études supplémentaires sont communiqués aux autorités compétentes de façon automatique si la mission supplémentaire émane de leur demande.

-Les résultats des suivis supplémentaires sous l'initiative de Vale Nouvelle-Calédonie (stations supplémentaires, *transects* en zones peu profondes, fréquences de suivis accrues ou indicateurs supplémentaires : les cyanobactéries ; le corail, sa croissance et ses maladies ; les espèces exogènes ; la liste exhaustive des poissons inventoriés ; le suivi de la biodiversité sur liste exhaustive ; le suivi des couvertures algales etc.), ne sont pas tous inclus en intégralité dans les rapports des suivis réglementaires semestriels, cependant ils sont cités dans un chapitre qui leurs est dédié.

Ce plan de suivi est respecté depuis 2008, il est en cours d'actualisation et d'optimisation après un retour d'expérience de plus 5 années, sous l'expertise d'instituts spécialisés (INERIS /IFREMER).

1.2. Indicateurs suivis

- **Les indicateurs biologiques** : les paramètres suivis selon les obligations réglementaires et les engagements conventionnels sont les suivants :

Tableau 7 : Indicateurs biologiques. Suivis semestriels (2008/2015).

Pour le suivi des stations fixes éco-systémiques sur **12 stations** et **33 transects**

	Stations	LIT SUBSTRAT <u>28 items</u>	BENTHOS	POISSONS 1. Nb Individus 2. Densité 3. Biomasse/m ² (Sur liste restreinte imposées)
Baie du Prony	ST01	X	X	XXX
	ST02			
	ST03			
Canal Woodin	ST04			
Canal de la Havannah	ST05			
	ST06			
	ST07			
	ST08			
	ST09			
	ST11			
Témoins	ST10	X	X	XXX

**Une station inventoriée (sans entretien spécial) nécessite 3 plongeurs biologistes et à minima 55 minutes de plongée pour chacun.
33 transects avec 28 items du LIT sur chacun plus poissons (d ; sp; B)
Total > 1023 données par semestre
Sans compter le macro-benthos**

Pour les Bio- Indicateurs du « CAGING » : Algues et coquillages en cages, les paramètres suivis sont les suivants:

		Indice de condition physiologique	Métaux								+Hg
			As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	
Baie du Prony	ST16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ST18										
Ile Ouen	ST13										
Canal de la Havannah	ST03										
	ST06										
	ST07										
	ST14										
Témoins	ST31										
Ajout 2014 baie du Prony	ST P										
	ST 18										

- **Les Indicateurs physico -chimiques** :

Les paramètres suivis sont indiqués dans les tableaux suivants, pour la colonne d'eau et pour les sédiments

TAUX D'ACCUMULATION

	Station	PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE					
		Granulo	Minéralo	Densité	Pb-210	Ra-226	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Suivi triennal	B Kwé	St06	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	C Havannah	St13-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	B du Prony	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

	Station	PHYSICO-CHIMIE						GEOCHIMIE (ELEMENT TOTAUX)						
		Granulo	Minéralo	CaCO3	Obs micros	MES	HCT	Ca	S	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Suivi semestriel	Canal de la Havannah	St60-SW	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St60-NE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St06-KW1	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x

Flux : A minima 78 données/an

Total du nombre d'analyses (et de données) pour 1 année de suivi (avec suivi triennal des sédiments) : 3340

Hors « caging » (> 90analyses) et hors suivi Eco systémique (145 données /an environ selon les stations et la biocénose).

Tableau 9 : Liste et localisation des stations de prélèvements règlementaires dans la colonne d'eau, les fonds sédimentaires et les organismes marins. 2014.

Tableau 9 : Liste et localisation des stations de prélèvements règlementaires dans la colonne d'eau, les fonds sédimentaires et les organismes marins. 2014.

LOCALISATION	Station/ secteur	Type de suivi					
		Physico- chimie eau	Géochimie sédiments	Taux accumulation	Flux particules	Bioacc (transplant)	Suivi sanitaire
Basse Chambeyron	St02	X	X				
Baie Port Boisé	St03	X	X			X	
Ilot Kié	St05 ³⁴	X	X				
Baie Kwé	St06	X	X	X	X	X	
Récif Ioro	St07	X	X			X	
Canal de la Havannah	St09	X	X				
Pointe Nord du récif Ma	St13	X	X	X		X	
Port de Goro	St14	X	X			X	
Prony Creek Baie Nord	St15	X	X	X			
Prony Wharf	St16	X	X	X		X	
Prony Ilot Casy	St18	X	X			X	
Rade de l'est	St19	X	X				
Baie Iré	St20	X	X				
Ilot Ugo	St21	X	X				
Ilot Nouaré	St31					X	
Quai du Port	St16P					X	
Rade Nord baie du Prony	St18					X	
Diffuseur	St60 SW	X			X		
	St60 NE	X					
<i>Bord de côte P-Boisé-Goro</i>	<i>St03, St06, St14</i>	X	X				X
<i>Ile Ouen</i>	<i>St13, St20</i>	X	X				X
<i>Baie du Prony</i>	<i>St15, St16, St18, St19</i>	X	X		X		X
<i>Canal Havannah (centre)</i>	<i>St02, St05, St07, St09</i>	X	X				X

1.3. Méthodes

Rappel : **L'annexe 6 de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB 2008)** présente les plans de suivi des milieux « vivants » (biologiques), les indicateurs sélectionnés, les positions des stations et la méthodologie succincte de chacun des suivis. Elle reprend les suivis physico chimiques des arrêtés ICPE en leur additionnant les thèmes biologiques.

Le plan de suivi du milieu marin constitue l'annexe 6.4.de la CCB 2009 et Vale Nouvelle-Calédonie se conforme à ces prescriptions.

1.3.1. Qualité des eaux marines : structure de la colonne d'eau et paramètres physico-chimiques

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. Les chapitres suivants ne sont qu'une synthèse.

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 (Conventions IRD-Goro-Nickel n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007). Cet état de référence a été effectué sur 18 stations. Les méthodologies de prélèvements et d'analyses des échantillons d'eau de mer, développées par l'IRD de Nouméa, ont été respectées au cours des différentes campagnes de suivi qui ont suivi. Si une modification avait lieu elle serait automatiquement indiquée dans le rapport correspondant afin de prendre en compte l'éventualité des biais méthodologiques.

1.3.1.1. 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 sans toucher le fond) de la colonne d'eau sur chacune des 14 stations sont les suivant :

- température,
- salinité,
- fluorescence, *irradiance*
- turbidité,
- + Un capteur d'oxygène dissous qui va être ajouté fin 2015

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 milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes ». Elle peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières (apports terrigènes caractéristiques de la baie de Prony des stations côtières 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.

La mesure NTU de la turbidité est une méthode néphélométrique actuellement normalisée pour mesurer la turbidité de l'eau. Le turbidimètre néphélométrique mesure l'intensité de la lumière dispersée à un angle de 90 degrés par rapport au trajet de la lumière incidente.

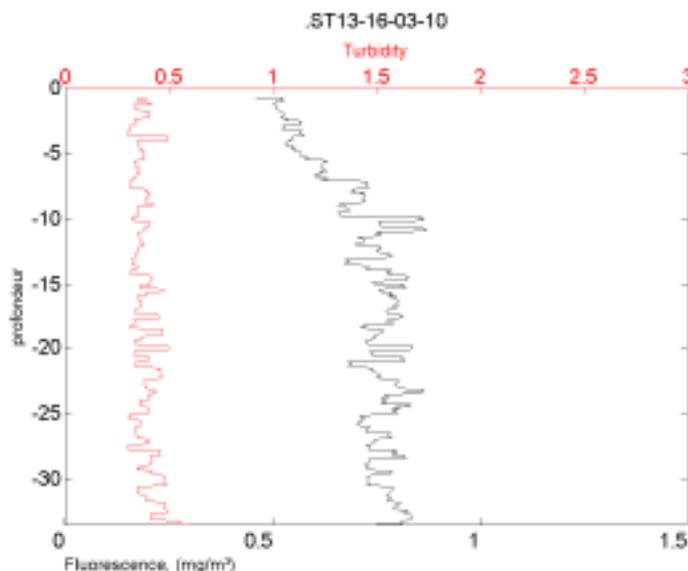
Cette diffusion est surtout liée aux matières en suspension et elle dépend de la taille, de la forme et de l'indice de réfraction des particules ainsi que de la longueur d'onde de la lumière incidente. Les substances dissoutes agissent très peu sur ce coefficient de diffusion (dans le cas d'une eau pure sans particules).

La transparence de l'eau, quant à elle, dépend de la coloration de l'eau (liée à la présence de substances dissoutes) et des teneurs en MES, provenant du lessivage des sols (particules terrigènes), de l'érosion des fonds marins et de l'activité biologique.

Il y a donc une corrélation entre MES et la turbidité en NTU

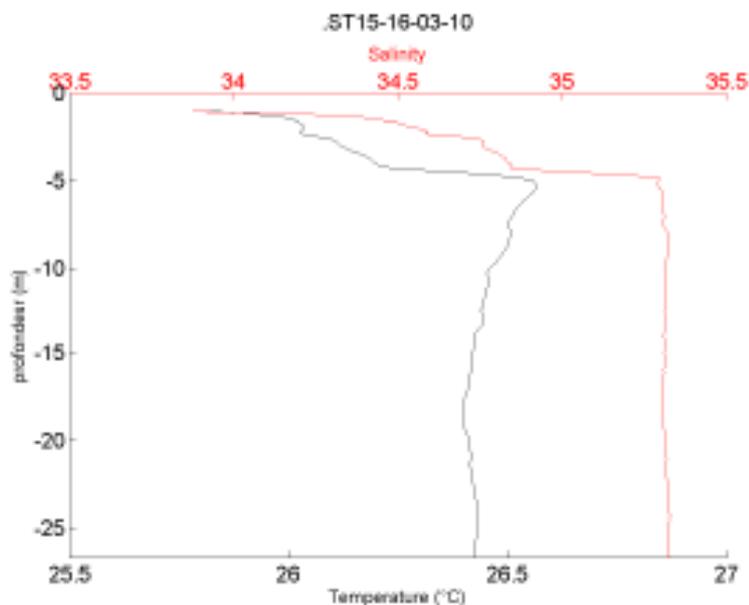
Pour chacune des stations suivies des profils verticaux obtenus sont présentés selon les schémas suivants qui permettent une lecture rapide adaptée à cette méthodologie (voir figures 7, 8 et 9) :

**Figure 9 : 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, une couche d'eau moins salée est en surface (influence de l'eau douce des creeks).

Figure 10 : 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 CTD sur la station St15 du creek de la Baie Nord, le 13/03/2010 (pour cet exemple). L'eau de surface véhiculée par ce creek est nettement détectée et indiquée par le profil des courbes par une dessalure sur les 6 premiers mètres, les prélèvements de surface (entre -2 et -3 m) captent donc bien ces couches superficielle de forte empreinte terrigène en hydro région de fonds de baie et une température de l'eau de surface plus basse de 1°C. L'état de la marée et de la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés, ils sont corrélés à la structure de la colonne d'eau.

Dans le canal de la Havannah le profil vertical est homogène et non influencé par l'effluent ou par des eaux de creeks côtiers (courbe verticalement rectiligne) Cf. exemple ci-dessus en figure 9 sur la station St13)

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.

Vale NC encourage la recherche de technologies toujours plus performantes et si une nouvelle instrumentalisation est utilisée par les opérateurs, elle est citée dans le rapport semestriel.

Tableau 8 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la structure de la colonne d'eau de mer avec des sondes multiparamétriques

Prélèvements	Sonde multiparamétrique CTD	Seabird Modèle SBE 19					
		Paramètres	Méthode	Limites de détection	Gamme	Précision SBE 19	Résolution SBE 19
Profondeur	Pression (db)				0-350 db	0,35	0,007
Salinité	Mesure de la conductivité (S.m-1)	0,001%			0-9 S/m	0,0005	0,0007
Température en °C	Pont de Weston	0,01 °C			-5 à +35°C	0,005	0,0001
Turbidité NTU	Absorption lumineuse	0,1 FTU			0 -25		0,01
Fluorescence (µg.L-1 Chl)	Excitation lumineuse	0,1 mg/m3			0-50		0,025
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). La limite de détection est toujours < à la limite de quantification (détection = signal de trace ; quantification= mesure possible et fiable)

La calibration de la sonde est effectuée conformément aux préconisations AQCQ avec audit ISO du laboratoire en 2015

1.3.1.2. Qualité chimique de la colonne d'eau

➤ **pH, MES et éléments majeurs**

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

La mesure des matières en suspension (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 suivant présente les méthodes et les limites de détections de chaque paramètre analysé pour déterminer la structure chimique de la colonne d'eau suivie.

Tableau 9 : 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 UpH
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 730 ES)	(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), cela représente 488 données /an :

- **L'ammonium (NH₄⁺)** : dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH₄⁺). 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 nitrate et les nitrites (NO₃ et NO₂)** : l'ion nitrate NO₃ 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 (NO₃). 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 (PO₄²⁻)** : dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions ortho-phosphates (PO₄²⁻). 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 µm 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 10: Méthodes et limites de détection pour le suivi des éléments nutritifs et autres paramètres suivis 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

La méthodologie des analyses avec pré concentration a été développée à l'IRD de Noumea afin de permettre une analyse des métaux en concentrations traces en matrice saline, Vale NC encourage une démarche AQCQ et une certification, accréditation des laboratoires sur le territoire. Certains paramètres suivis demandent exportation des échantillons en métropole ou en Australie ce qui retarde la parution des résultats.

➤ **Hydrocarbures totaux**

Des sous-échantillons sont collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®). L'utilisation de ce type de flaconnage est nécessaire.

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 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 11: 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**

Des sous-échantillons sont collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®). L'utilisation de ce type de flaconnage est nécessaire car des biais seraient engendrés sur des concentrations aussi minimes si le flaconnage n'était pas adapté. 

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, notamment pour: **Mn, Ni, Co et Cr**, ce gradient 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.

D'après le guide des suivis marin Zoneco / CNRT 2011, il est conseillé de suivre les métaux suivant :

- *Activité minière : Co, Cr, Ni Mn*
- *Activité portuaire : Cu et Zn,*
- *Activité urbaine : Ag, Cd, Pb, Hg, Zn, Cu*

Vale NC en temps qu' activité portuaire, industrielle et minière suit par arrêté ICPE : Co, Cr, Ni, Mn, Cu, Zn, CrVI, As, Fe, Pb et Cd. Le Hg a été ajouté ponctuellement ponctuellement en 2014.

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 d'influence marine particulièrement homogène.

La corrélation avec la pluviométrie de la semaine antérieure au prélèvement est effectuée systématiquement.

Tableau 12 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des métaux en milieu marin (2015)

Analyses en laboratoire Paramètre	Méthode et normes -Publication	Limite de quantification
Co	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,027 µg/L
Cd	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,025 µg/L
Cu	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,025 µg/L
Fe	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,068 µg/L
Mn	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,028 µg/L
Ni	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES	0,022 g/L
Pb	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,150 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	Achterberg et Van den Berg 1994	0,030 µg/L
As	Piech et Kubiak 2006	1µg/L
+ Hg	NF EN ISO 17852	0,005µg/L

AQ/CQ : 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 concentrations analysées sont infimes (de l'ordre de 0,000001 g/Litre) aussi il est très important d'éviter toute contamination, en manipulant les échantillons, en touchant la coque du bateau (*antifouling*), se rapprochant d'un gaz d'échappement du moteur ou en fumant 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. Ne pas contaminer les échantillons lors des prélèvements et du flaconnage est essentiel avec de telles concentrations de métaux extrêmement basses.

- Un travail de vérification métrologique et AQ/CQ est entrepris* (avec double ou triple analyses des métaux entre plusieurs laboratoires respectant des méthodologies comparables) en 2014 et 2015 (Cf. en annexe de ce rapport).

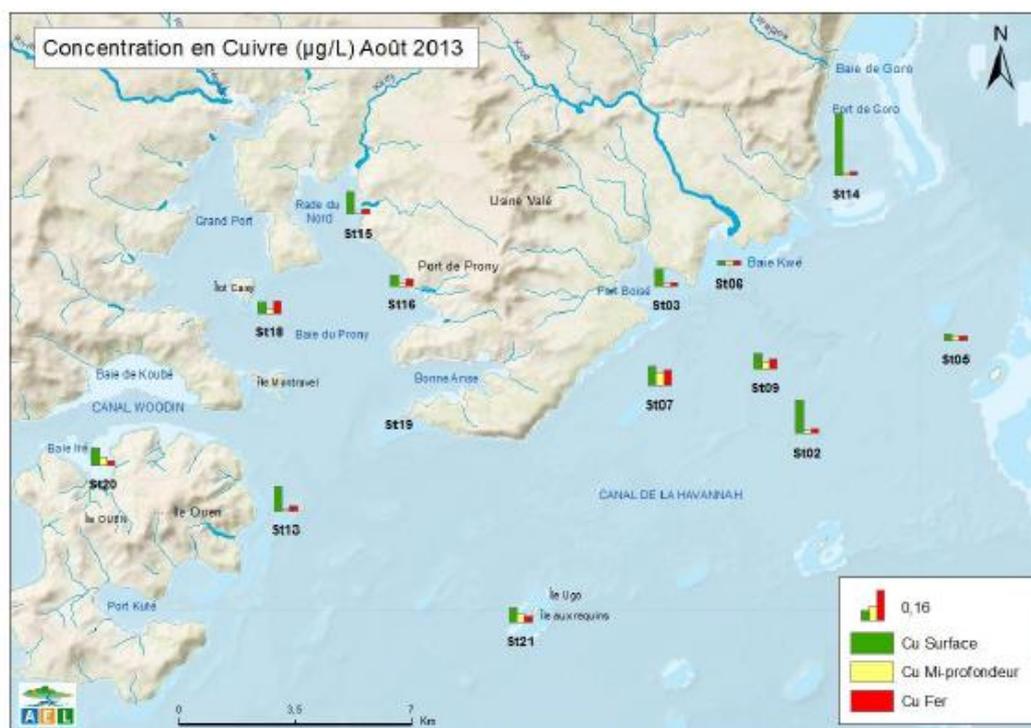
A partir des résultats de cette étude* une synthèse de la variabilité spatiale et temporelle des métaux traces sera effectuée afin de s'assurer que ces variations sont supérieures aux incertitudes analytiques et que les évolutions naturelles ne sont pas masquées ou biaisées par les variations et incertitudes analytiques. Cette synthèse fait partie intégrante du cahier des charges et doit être effectuée par les scientifiques impliqués dans les échantillonnages, scientifiques qui doivent en avoir la compétence.

Les résultats semestriels sont schématisés et synthétisés pour chaque métal selon l'exemple donné en figures n°10 n°11 et n°12 suivantes. La présentation des rapports doit être pérennisée car elle permet une lecture facilitée.

Les comparaisons spatiales et temporelles doivent être présentées de façon synthétique et formatée, rapport après rapport.

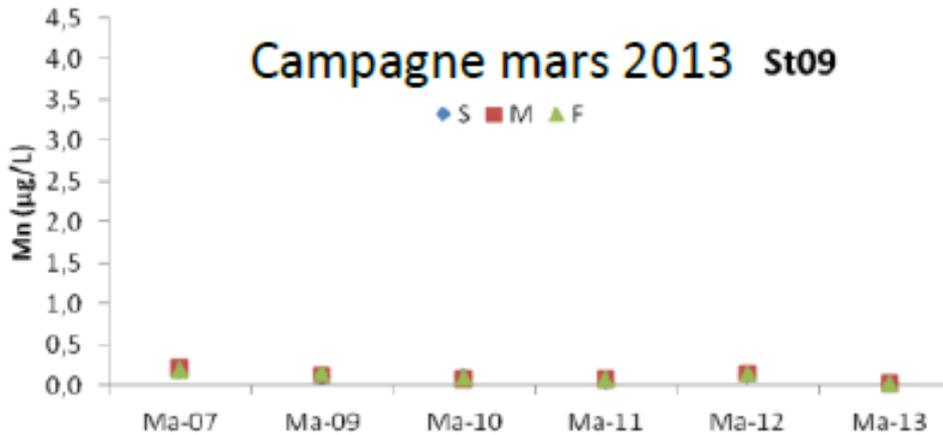
Figure 11 : Concentrations en cuivre dissous (Cu) dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony

Comparaisons spatiales au temps t : Paramètre suivi, date de la mission, stations, 3 profondeurs et unités des concentrations,



Comparaisons temporelles sur une station Y pour détecter une évolution significative

Figure 12 : Concentration en manganèse dissous (Mn) dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, évolution temporelle sur la station St09 depuis les premiers suivis en saison chaude (mars)



*Les difficultés liées à la mesure de métaux en concentrations traces dans une matrice saline ont conduit au développement de nouvelles techniques afin de détecter des variations infimes. Une méthode de pré-concentration (X250) a été mise en place dans cet objectif par le laboratoire de l'IRD puis AEL., cette pré-concentration permet de doser Co, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn par ICP-OES.

Si des capteurs intégrateurs sont utilisés en complément des prélèvements ponctuels d'eau, la méthodologie d'analyse sera inchangée.

Avec le recul de plusieurs années de données, une étude AQ/CQ est mise en place en 2014/2015, avec une inter-comparaison pour la détermination des métaux, afin de :

- Connaître la comparabilité et la variabilité des mesures issues de plusieurs laboratoires (en matrice saline et avec des limites de quantification minimale LQ adéquates) ;
- Définir une méthode métrologique fiable évaluant, entre autre, la méthode de pré-concentration sur lit de résine.
- Définir la marge d'incertitude des mesures avec un intervalle de confiance de 95%

Cette marge d'incertitude sera intégrée aux suivis temporels afin de mieux cadrer les pentes évolutives significatives ou non significatives.

ATTENTION

Les échantillons d'eau doivent être prélevés et traités de façon à préserver leur intégrité et éviter toute contamination, le prélèvement doit être effectué avec un dispositif chimiquement inerte à fermeture commandée. Le flaconnage doit avoir été préalablement décontaminé aux acides forts puis rincé à l'eau ultra pure. Le type de bouteille de prélèvement Go-Flo (General Oceanic) dont les parois internes sont couvertes de Teflon est nécessaire. Les échantillons doivent être immédiatement placés à 4°C.

Les métaux recherchés sont des traces de l'ordre de moins de 0,000001 gramme par litre et des variations de l'ordre du micro gramme (0,000001g/L) sont très facilement enregistrées par de simples bails méthodologiques.

En surface le prélèvement doit se tenir éloigner de la coque du navire de prélèvement et des fumées (même de cigarette) ou des rejets de gaz du moteur.

1.3.1.3. Fréquences des suivis physico-chimiques de la colonne d'eau

Pour l'ensemble des stations et des suivis de la colonne d'eau de mer, la fréquence minimale réglementaire est semestrielle, en raison du climat de la Nouvelle- Calédonie soumis à deux saisons : une saison chaude souvent sujette à des cyclones ou/et dépressions tropicales, et une saison plus fraîche durant l'hiver austral. (Sauf au port, pour la station St16 la fréquence elle trimestrielle). Les campagnes sont régulièrement effectuées en MARS (fin de la saison chaude dite cyclonique) et en AOUT (saison fraîche). En raison des fluctuations des saisons des pluies il est plus pertinent de parler de saisons fraîche et chaude que de saisons humide ou sèche.

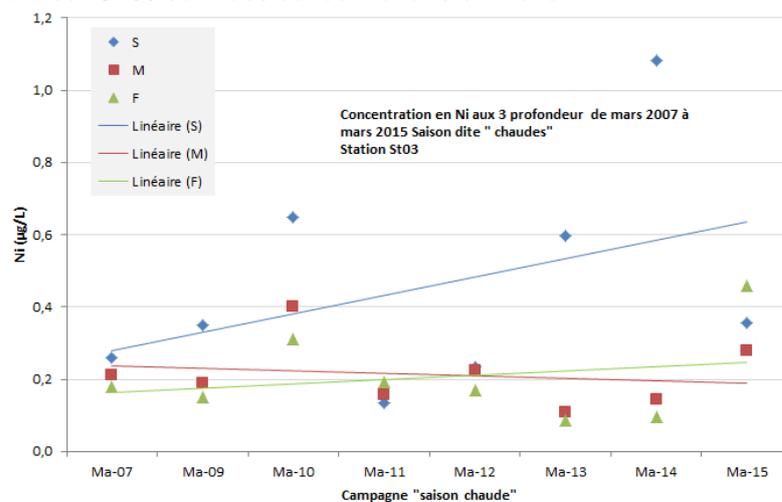
La fréquence du suivi sur la station St15 Creek baie Bord a été intensifiée par Vale NC; de semestrielle elle est passée à une fréquence trimestrielle en 2011. Ainsi les suivis sur ST16 et ST15 (en baie du Prony sous la pression de deux bassins versants sous l'influence de l'usine et du port) sont effectués au minimum tous les trois mois.

Les prélèvements en saison chaude et les prélèvements en saison fraîche sont effectués en dehors de tout épisode climatique intense : fortes pluies ou tempête tropicale, pour une assurance HS des bateaux et échantillonneurs mais aussi afin de d'uniformiser la méthodologie et de l'affranchir le plus possible des biais par différences météorologiques, cependant il est logiquement impossible de toujours prélever les mêmes stations au même moment de la marée.

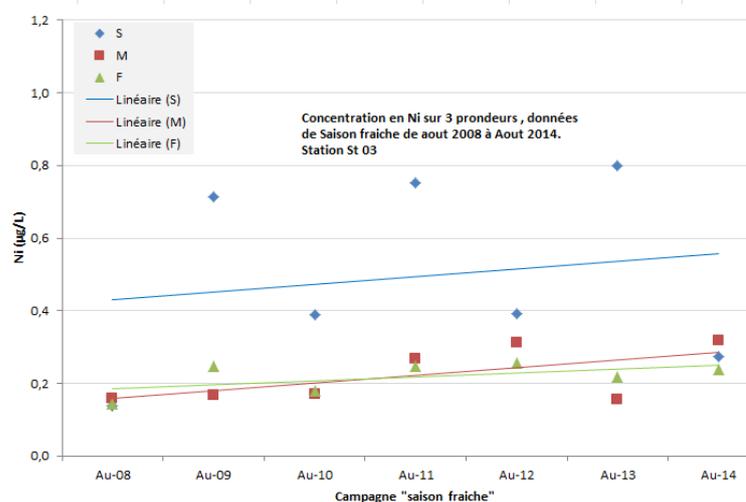
Les comparaisons temporelles des données de saison fraîche et les comparaisons temporelles des données de saisons chaudes ne sont pas confondues (Cf. exemple ici dessous), cependant, au port ou pour vérification ponctuelle, l'ensemble des données toutes saisons confondues peuvent être comparées afin de rechercher une tendance évolutive. Ce choix de suivre les tendances évolutives en séparant les données selon les 2 saisons a été effectué après discussion des experts.

Exemple : Données par saisons

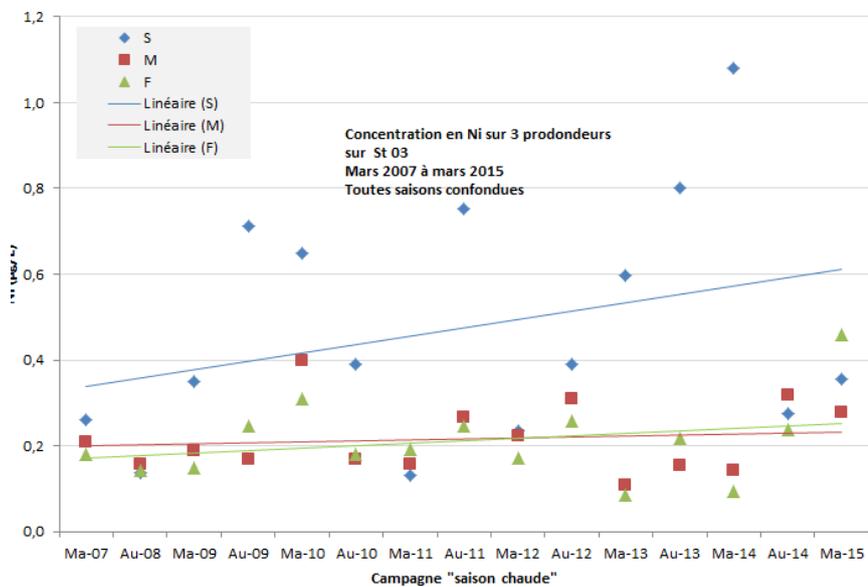
A)- Saison CHAUDE sur St 03 suivi des concentrations en nickel



B)- Saison FRAICHE sur St03, suivi des concentrations en nickel



C)-Toutes les données confondues sur St03, concentrations en nickel



1.3.1.4. 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 ; ces facteurs ont une influence variable en fonction de la position des stations suivies. Cette influence est prise en compte lors des résultats semestriels. ← +
- 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 bonne cohérence est vérifiée avec chaque rapport. ← +
- 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, celle-ci serait indiquée. Le travail de prélèvement et d'analyse sur des 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 les échantillons
 - Analyser les échantillons.
 - Effectuer les rapports comprenant une analyse des résultats et de leur évolution spatiale et temporelle.

Ces missions sont confiées par Vale Nouvelle-Calédonie à un bureau d'études, un institut ou un laboratoire externalisés, celui-ci doit être techniquement équipé pour effectuer ce travail en toute sécurité, notamment en moyens navigants, dans des délais compatibles avec les fréquences des

suivis et avec des techniques d'analyses permettant des limites de quantification assez faibles pour respecter les plans de suivi et permettre une validation et une comparaison temporelle des résultats.

Vale NC recommande l'accréditation aux laboratoires sous-traitants et une démarche de normalisation notamment à l'égard d'un management de la qualité ISO 9001-2008. Le laboratoire Vale NC est quant à lui accrédité COFRAC 17 025.

*Remarque : En cas de prélèvements en double aveugle par une autre entité, la méthodologie exacte, sans risque de contamination des échantillons doit être respectée.
Des valeurs données comme en « dessous de la limite de détection » de façon répétitive ne sont pas acceptées dans un rapport de suivi sous-traité auprès d'un laboratoire.*

- **Les rapports semestriels ou annuels présentent les données brutes en annexe**, la rédaction des rapports est 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.** (Eviter une seconde sous-traitance).

- 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.
- Une réflexion sur la cohérence entre les autres suivis et les connaissances antérieures (modélisation, courantologie, météo...) est entamée à chaque suivi semestriel.
- Une réunion entre experts des divers domaines de suivis est effectuée, sous l'appel de Vale NC, afin que tous partagent leurs remarques pour un suivi « global » des tous les indicateurs biologiques, physiques et chimiques.

Cette analyse synthétique 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 statistique d'une modification significative la conclusion du rapport indiquerait bien ce fait.

Démarche : Pression/Etat/Réponse

- Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.

Les rapports intégraux tels que délivrés par les sous- traitants (missions de suivis externalisées) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes et les remarques ou recommandations qui font partie de la réflexion du sous-traitant expert en son domaine.

1.3.2. Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées

1.3.2.1. Méthodologie

Ils sont suivis selon les prescriptions établies par la DENV (Direction de l'Environnement) de la Province Sud, suite à l'atelier dédié aux suivis marins de mars 2006 (il réunissait les experts en la matière en Nouvelle-Calédonie) et validées dans la Convention pour la Conservation de la Biodiversité établie en 2008. (Cf. tableaux suivants). Vale NC s'y conforme exactement depuis le début des suivis suite au démarrage des activités.

- **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 imposée des catégories de substrats donne 28 catégories distinctes. Celles-ci sont répétées dans chaque rapport de suivi et en annexe du présent document.

Remarque : Selon cette méthodologie les 3 transects du LIT situés à 3 profondeurs différentes, présentent des faciès différents et ne peuvent pas être statistiquement des réplicas l'un de l'autre. Il ne peut pas être, non plus, effectué de moyenne des résultats des LIT des 3 transects d'une station.

Il n'y a aucune variable aléatoire par station, le suivi temporel effectué par comparaison d'une station à chaque suivi, transect par transect, est la variable aléatoire. Vale NC a évoqué ce sujet depuis 2007. La différence annuelle est la variable aléatoire. Elle est suivie avec attention depuis 2007 avec la même méthodologie et sur les mêmes stations et transects.

Il est aussi recommandé de positionner les transects sur des zones qui présentent entre 30 et 60% de recouvrement corallien. Un transect profond sur une zone quasi abiotique ne donne pas grandes indications et ne pourra détecter qu'une hausse de la biodiversité. Une optimisation est demandée depuis 2008.

- **Le macro et épi-benthos** selon des couloirs de 5 m de large et 20 m de long qui suivent les *transects*, les taxons cibles sont listés.
- **Les poissons** selon la méthode des TLV (*transect* à largeur variable), les taxons cibles sont donnés par une liste restreinte (fournie par la DENV en 2007) 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 – $W = aLb$ – (Kulbicki et al. 1993). La liste restreinte indique une centaine de taxons identifiés au niveau du genre ou de l'espèce (elle est donnée dans chaque rapport de suivi et en annexe du document).

Tableau 13: 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 photographies + vidéo	
Méthode	Définie lors de l'atelier du 03 mars 2006 DRN (devenue la DENV) 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 Sarramégna 1999)	
Analyses		
Paramètre	Méthode	Limites de détection
	LIT fixe	LIT fixe sous largeur du ruban
	LIT fixe sur couloir	100m ²
	Comptage sur <i>transect</i> à largeur variable	Vision du plongeur et visibilité de l'eau

Compositions des taxons suivis :
Le substrat
Tableau 14: Composition du substrat. 28 Catégories imposées par le plan de suivi 2008/2015.

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

 ○ **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, Troquas, et certains échinodermes (au niveau de l'espèce pour les étoiles de mer, les oursins et les holothuries, et en présence/absence pour les crinoïdes) et en clones.

Le plan de suivi imposé ne va pas au-delà de ces indications.

 ○ **L'ichtyo faune**

Le plan de suivi (2008/2015) 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.

Les recherches supplémentaires effectuées par l'ichtyologue qui effectue les suivis, (structure des populations, biodiversités α , β , γ , indices « poissons »...) sur liste exhaustive des poissons observés, sont de son fait, elles s'ajoutent aux exigences du plan de suivi et Vale NC ne se permet pas de les censurer.

Recommandations méthodologiques

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

Le journal de plongée et les briefings journaliers avec les biologistes -plongeurs permettent de valider cette exigence de rigueur méthodologique.

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 en période de mortes eaux. La courte période de l'étal ne permet pas d'effectuer convenablement plus de deux missions par jour dans le canal de la Havannah ni de travailler en périodes de vives eaux et hors étal.

Afin de minimiser les biais :

- ✓ **Vale NC demande que le plongeur évaluateur soit la même personne qui, par la suite, rédige le rapport et qu'il ait la compétence d'effectuer les analyses d'évolutions spatiales et temporelles de façon statistique ;**
- ✓ **Que le délai entre la mission de plongée et la remise du rapport d'analyse des données soit le plus bref possible (< 3 mois) ;**
- ✓ **Que les évaluateurs varient le moins possible d'une mission à une autre, leur nom et leur qualification (degré d'expertise) doit figurer dans le rapport.**
- ✓ **Que chaque rapport présente une synthèse et une analyse de l'évolution spatiale et temporelle des indicateurs suivis, synthèse effectuée par les experts qui ont participé aux plongées évaluatrices (eux même).**

*L'expérience montre que l'effort d'évaluation pour une station de suivi éco systémique telle que définie dans le plan de suivi est le suivant :

Pour une station bien connue (non pas en état des lieux mais en suivi régulier)

- En zone abritée : 3 plongeurs ayant chacun sa spécialité : 1 heure à minima en plongée
- En zone de courantologie forte (canal de la Havannah et canal Woodin) : 3 plongeurs ayant chacun sa spécialité : 1 heure à minima en plongée au moment de l'étale.

Pour une station remise en état ou nouvellement explorée : 2 heures (2 bouteilles par plongeur)

Le trajet entre les stations et la nécessité de viser les moments d'étale de marée implique : 1 seule station par jour en zone de fort courant + 1 station en zone abritée.

Ces recommandations vont dans le sens d'une meilleure puissance statistique afin d'augmenter la probabilité de détecter une variation (tendance évolutive du milieu). A cette fin la variabilité des évaluations et du *reporting* de ces évaluations doivent être minimisés.

Optimiser la puissance statistique pour éviter :

- le risque β de ne pas déceler un impact de faible ampleur
- et le risque α de conclure à tort trop hâtivement à un impact ;

Cette optimisation est une cible d'amélioration continue. Le risque β de ne pas déceler une modification significative sera d'autant plus faible que l'effort d'échantillonnage sera important mais dans un cadrage de réplicas et non pas d'éparpillement de stations, et d'autant plus faible que la variabilité des métriques sera réduite.

Une variation > 5% par rapports à la variabilité saisonnière est une alerte qui entraîne une mission supplémentaire ciblée et une recherche de causes.

L'expérience a montré que des variations de 20% peuvent être enregistrées par un simple changement d'échantillonneurs sur LIT ou poissons ou par inspection trop rapide d'une station.

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

- **La surveillance d'éventuelles espèces exogènes** (les EEE) ; un plan de veille à l'égard des espèces exotiques envahissantes est établi sur le site Vale Nouvelle-Calédonie, cette veille concerne aussi le milieu marin. Cependant, pour le milieu marin, les autorités compétentes en la matière en Nouvelle-Calédonie n'ont pas établi de méthodologie ni d'état des lieux, dans les réunions institutionnelles ou de scientifiques en colloques calédoniens, qui concernent la problématique des EEE, le milieu marin n'est pas évoqué. Aucun état des lieux du lagon n'a été effectué à cet égard, peut-être parce que les biologistes marins qui le surveillent selon de nombreuses missions diverses n'ont à ce jour détecté aucune indice d'alarme EEE. Vale NC fait confiance dans les connaissances des experts pour signaler toute découverte qui engendrerait un doute. Une liste de taxons potentiellement à craindre a été établie sur le demande de Vale NC et ceux-ci sont pris en compte lors des missions de suivis (notamment au niveau des algues).
- **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 pris en compte par Vale Nouvelle-Calédonie.
- **Le suivi des algues macroscopiques et de leur évolution saisonnière** : leur couverture est quantifiée (chapitre benthos). En 2012 une synthèse de leur évolution depuis 2007 a été effectuée. Une telle synthèse sera effectuée environ tous les 3 ans, ou plus souvent si nécessaire, sur une station ou globalement. Algues et cyanobactéries peuvent être des indicateurs d'eutrophisation, ce risque n'est pas relié aux effets éventuels du projet Vale NC dont les eaux des stations d'épuration (base vie) sont traitées deux fois (STEP + Station de traitement des effluents marins) puis rejetés via l'effluent marin, mais les fortes variations saisonnières naturelles des couvertures algales méritent attention. En 2014 ce risque a été identifié en baie de port Boisé sous l'influence de rejets qui ne sont en pas imputable à VNC. Attention : La variabilité naturelle saisonnière de la couverture algale est forte et interfère.
- **Le suivi du corail et de son blanchissement** ; Le corail est considéré comme un **taxon sentinelle**. Son suivi est renforcé par rapport au plan de suivi CCB, notamment après les fortes dépressions tropicales et à l'embouchure du creek de la Baie Nord, en baie Kué et sur des stations « témoins ». **Les récifs de la baie du Prony ont été l'objet de 8 missions de suivi spécifiques entre 2009 et 2014 notamment en zones peu profondes.** La corrélation entre le blanchissement et la température / 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). Une attention aux maladies des coraux (bande blanche, autres affaiblissements) est aussi portée par l'expert qui assure les missions benthiques.
- **Le suivi des étoiles de mer ravageuses du corail**
- **Le suivi avec iconographie associée de certaines colonies coralliennes remarquables et géo-référencées** et l'évaluation de leur croissance, mission après mission ;

Et :

- La pérennisation de la liste exhaustive des poissons observés à chaque mission;
- Les biodiversités alpha, bêta et gamma pour les stations et pour la zone sur liste exhaustive des poissons ;
- Le tableau des conditions de plongée pour chaque station suivie (conditions météorologiques avec la pluviométrie, la visibilité sous l'eau et le moment de la marée). La visibilité, la marée, les évènements climatiques précédents, sont des éléments influant notamment sur l'ichtyofaune, tout comme la saison chaude ou fraîche (suivis semestriels à cet égard) et les marées de vives eaux ou mortes eaux.
- Le 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, et après validation par les autorités administratives compétentes.

1.3.2.2. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes

La fréquence indiquée dans le plan de suivi est semestrielle : en saison chaude et en saison fraîche. Vale effectuée des missions plus rapprochées si nécessaire, notamment suite à un cyclone ou si un indicateur varie et demande une attention supplémentaire. (Exemple : Pointe Puka, en 2013 ce sont 5 missions de surveillance qui ont évalué cette station, suite aux événements pluvieux intenses qui ont affecté la baie Kué et la baie de Port Boisé).

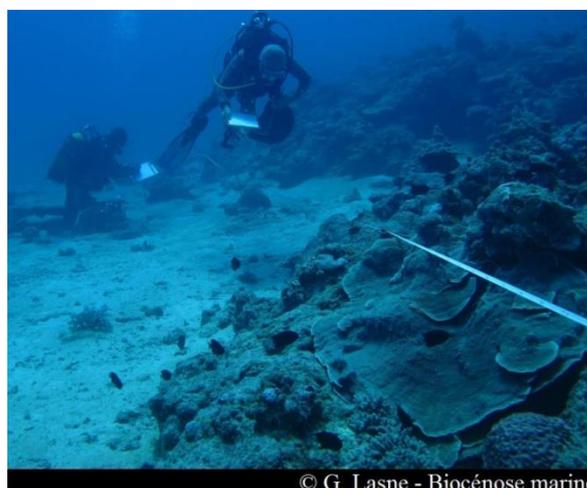
- **En 2009, 2011 et 2013 une mission a été effectuée sur des stations situées sur l'émissaire et sur le diffuseur sous-marin, ainsi que sur le récif corallien le plus proche du diffuseur.**

L'évolution du peuplement biotique qui s'installe sur et à proximité de l'émissaire a ainsi pu être évaluée, deux ans après la première mission qui avait eu lieu sur les mêmes stations (en 2009). En novembre 2013 une nouvelle évaluation sur le diffuseur et l'émissaire permet de suivre cette évolution.

Evolution de la biodiversité inféodée à l'émissaire et au diffuseur :

- 2009
 - 2011
 - 2013
 - Prochaine évaluation prévue en 2016
- **A la suite des dépressions cycloniques** qui s'accompagnent de très forts événements pluvieux du début de l'année 2011, puis en 2013, (> 400 mm pluie/ 24h) un suivi du blanchissement corallien à l'embouchure des creeks de la baie de Prony a été effectué, en corrélation avec les études effectuées en 2009 et 2010.
Au total (à ce jour) 8 missions consécutives permettent de mieux connaître ces épisodes de blanchissement et de résilience en baie du Prony, elles centrent leurs investigations en zones côtières peu profondes de la baie du Prony et de part et d'autres du creek baie Nord
 - **Baie Kué** : Afin de mieux en cerner les conséquences des événements climatiques de forte intensité pluvieuse de 2013 et d'augmenter l'effort d'échantillonnage ciblé sur ce cas, des missions d'évaluation ont été effectuées sur la pointe Puka, en baie Kué et en baie de port Boisé. Les évaluations des impacts immédiats de ces pluies ont été présentées dans le rapport annuel 2013.
Les études couplées entre suivis Eco -systémiques et suivis physico -chimiques ont été finalisés début 2014, ce rapport en présente la synthèse.

Photographies 1 : Suivi d'une station écosytémique



© G. Lasne - Biocénose marine

1.3.2.3. Validation des résultats

Il est important de prendre en compte :

- **Les conditions météorologiques** qui ont précédé la mission d'échantillonnage ainsi que les conditions de la plongée (la visibilité par exemple).
- 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, cette recommandation a été formulée par les experts Peary et Salvat en 2009.
- **Un changement de personne 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 (20%) dû aux échantillonneurs dans ce cas de suivi semi qualitatif qui laisse une part interprétative à l'expert ; bien que cette part soit réduite par la méthodologie il faut tenir compte de ce biais. La pérennisation des évaluateurs, au fil des missions, est donc à rechercher.
- **La synthèse des données obtenues comporte :**
 - **une analyse comparative spatiale** (comparaison des stations entre elles) et
 - **une analyse temporelle** (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs). Elle est réalisée par les experts qui effectuent la mission.
- **Les comparaisons insistent sur les rapports entre :**
 - Corail vivant / Corail mort ;
 - Corail vivant / Algues + autres invertébrés ;
 - Abiotique total / Biotique total, dont Coraux scléactiniaires.

Toute tendance qui pourrait déceler un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné. Un suivi attentif (ciblé sur le paramètre en question) 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 du rapport indiquerait bien ce fait.

Démarche : pression/état/réponse.

Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral qui est communiqué en annexe de ce rapport avec les données brutes.

Une réunion de partage des conclusions est organisée chaque semestre au vue de leurs résultats, entre les scientifiques biologistes marins et les océanographes, afin de coupler les informations pour une vue globale à la fois physico chimique et biologique.

1.3.3. Bio - disponibilité des métaux dans le milieu et 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 8 points localisés dans la zone d'influence potentielle des rejets miniers **(+ 2 cages supplémentaire en baie du Prony, placées en 2014)**.

Il s'agit d'une surveillance éco-toxicologique de la bioaccumulation des métaux qui a pour objectif d'obtenir des informations intégrées dans le temps, en mesurant les concentrations dans les tissus biologiques. Ces résultats fournissent une représentation des fluctuations à court terme des concentrations en métaux dans le milieu ambiant.

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 a aussi 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, elle permet à l'expérimentateur de contrôler un certain nombre de facteurs qui influent fortement sur la variabilité des concentrations des contaminants bio disponibles et potentiellement 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.

Démarche Vale NC : Amélioration continue

En 2015 cette méthode est en cours d'affinement et de définition de la cinétique d'accumulation, les résultats seront présentés dans le bilan annuel de fin d'année 2015

Remarque :

Le choix d'un bio-accumulateur demande des études de validation méthodologiques, il ne porte pas sur un organisme sensible à une pollution dans son apparence (il meurt, il est déformé etc.) Mais au contraire le choix se porte sur un organisme robuste qui grandit et accumule les métaux dans ses chairs même dans des conditions difficiles, ainsi après 3 à 5 mois de vie forcée en cage sur un lieu cible, cette accumulation dans les chairs fournit une indication quantitative des apports globaux en métaux qui sont disponibles dans le milieu marin pour le bio-indicateur.

Cette méthode donne des indications sur la qualité de l'eau sur la zone d'élevage en cage au niveau de la bio disponibilité en métaux traces, sur du long terme. (Et non pas ponctuellement comme une analyse chimique de la qualité de l'eau le fait). Les coquillages bivalves en cage sont des bio- indicateurs intégrateurs pertinents qui donnent lieu à un effort de recherches et d'amélioration continue depuis 3 ans.

La zone de prélèvements des bios indicateurs avant leur mise en cage et leur niveau de concentration initiale en éléments mesurés, sont deux facteurs importants à améliorer en continu. La baie Maa utilisée actuellement arrive à sa limite d'exploitation et d'autres zones sont en cours d'exploration.



Tableau 15 : 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. Contrôle-Qualité des méthodes de minéralisation et d'analyse effectué en insérant des échantillons biologiques de référence d'origine marine (Ex. : TORT-2, NRCC) commercialisé par le NRC (Canada), entre les séries analytiques.

*5 mois en 2014

Limites de quantification dans les tissus biologiques :

LQ en µg/g de poids sec : As : 0,1 ; Co : 0,2 ; Cr : 0,2 ; F : 2 ; Mn : 0,1 ; Ni : 0,2 ; Zn : 10

La méthodologie est détaillée en introduction de chaque rapport.

- **Fréquence** : L'analyse des tissus est annuelle après 3 à 5 mois de croissance des bio-indicateurs en cage. (En 2014 et 2015 le retour d'expérience fait prolonger l'immersion des cages à 5 mois).
- **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 plus de 3 mois) et de leur profondeur est en cours. Les algues restent encore problématiques pour leur conservation en cages.

Cette méthode est susceptible d'être améliorée avec le retour d'expérience car elle est une « première » en Nouvelle-Calédonie ; elle fait l'objet d'études par les scientifiques qui l'ont élaborée et adaptée (elle est utilisée depuis de nombreuses années en France et autres pays). Ce sont les espèces bio-accumulatrices locales qui sont choisies et leur lieu de récolte (témoins donc non contaminé même par un bruit de fond) fait encore l'objet de recherches, notamment via le CNRT. **Une diversification plus grande des espèces transplantées et une meilleure connaissance de la cinétique d'accumulation sont en cours d'études et de tests.**

Les commentaires et les recommandations des experts sont inclus dans leur rapport.

Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous-traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.

La synthèse des 5 campagnes réalisées entre 2009 et 2013 (Gilbert et Fernandez, 2014) a permis de faire émerger un certain nombre de modifications complémentaires. Dans cet objectif, deux sites

sensibles, le port de commerce (St16) et la rade du Creek de la Rade Nord, devaient faire l'objet d'une meilleure attention, d'après les recommandations des experts.

Ces recommandations sont suivies par Vale NC en 2014 avec l'ajout des deux cages St18 et St 16P.

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

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

- **La granulométrie** des sédiments, par granulométrie laser ;
- **Leur composition minéralogique**, par diffraction de rayons X (DRX),
- **Les concentrations des métaux** associés aux différentes phases géochimiques composant les sédiments, 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 16: 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 As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn.*	Attaque totale et dosage par ICP-OES		Entre 0,005 et 0,02 $\mu\text{g/L}$ selon le métal

* + Hg en 2014/2015

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 a été effectué en 2012 et il le sera à nouveau début 2015.

1.3.5. 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 ont été étudiées 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 $g.cm^{-2}/an$.

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 17: 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	Diffractomètre laser et Diffraction rayons x		0,1 μ m Traces
Métaux : Géo- chimie : As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn	Attaque totale ICP-OES		Entre 0,001 et 0,02 μ g/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 est effectué à nouveau en 2013 puis il le sera en 2016.

1.3.6. Les sédiments : Flux sédimentaires

Le programme de travail sur les flux fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminés pour le Canal de la Havannah, la Rade Nord et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230). L'étude consiste au suivi temporel des densités de flux verticaux afin d'estimer les apports métalliques véhiculés par les particules fines au niveau de la Kwé, du diffuseur marin et de la Rade Nord.

Les objectifs poursuivis dans chacune des deux zones d'études, c'est-à-dire la Baie Kwé et le Canal de la Havannah, sont respectivement :

- Le suivi temporel des apports terrigènes générés par l'activité minière en sortie de la Baie Kwé, dans un secteur de relative profondeur ($h > 15m$). En effet, il est nécessaire de s'affranchir des phénomènes mécaniques comme le charriage des grosses particules sur le fond, il n'est donc pris en compte que les fractions fines en suspension potentiellement transportables par les courants sur de longues distances, comme le suggère la modélisation (Convention IRD/Goro-Ni n° n°1124, Volet « Simulation hydrodynamique »);
- Le suivi temporel des apports industriels issus du procédé chimique au voisinage immédiat du diffuseur. Ce suivi avait pour objet de répondre aux questions de la double rémanence supposée :
 - d'une part, du gypse formé après l'étape de neutralisation des solutions acides d'extraction du Ni par le calcaire ;
 - d'autre part, des précipités de $CaCO_3$ et d'hydroxydes de Mn supposés être générés lors de l'entrée en contact de l'effluent avec l'eau de mer, phénomène qui pourrait entraîner une fraction non négligeable des métaux (dont Mn). Les expériences de laboratoire et la modélisation associée (Convention IRD/Goro-Ni, n° 1124 ; Volet « Réactivité chimique de l'effluent ») montrent que seule une formation négligeable de précipités de calcite devrait se produire.

- Les flux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwé et en baie du Prony

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) grésés 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.

R&D : 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.

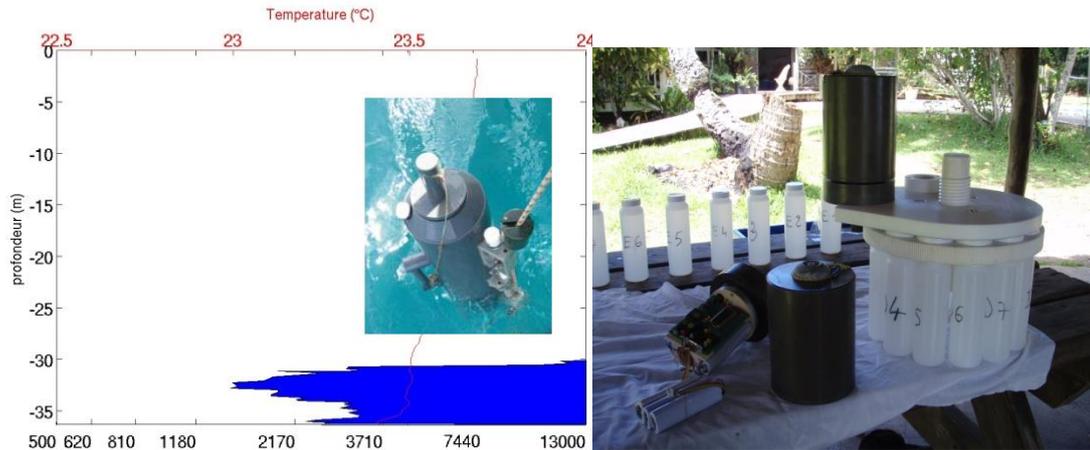
La densité du flux vertical de particules est exprimée en g.m⁻²/jour.

Remarque : Seule la baie Kwé est ainsi suivie d'après le plan de suivi réglementaire, en effet la baie de port Boisée, voisine, n'est pas sous l'influence du projet minier Vale NC et les flux sédimentaires qui y transitent sont importants mais dus à sa façade Ouest qui présente deux petits bassins versants très érodés. De plus, une étude 2014, montre que la baie de port Boisée ne peut pas être considérée comme une sorte de témoins jumelle de la baie Kwé, elle présente des caractéristiques différentes, notamment dans le temps de présence des panaches turbides et des métaux terrigènes qui sont évacués plus rapidement par le chenal de la Baie Kwé et qui restent plus longtemps en baie de port Boisée de faible hydrodynamisme. Ces deux baies sont cependant souvent suivies en parallèle comme « homologues »

- 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 sont estimés par collecte de séries temporelles. Cette opération est assurée par le déploiement de deux pièges à sédiments 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.

Les godets des pièges sont placés à 3 m du fond, dans la zone de flux maximal d'effluent par tout type de marée (déterminée par les traçages à la rhodamine)



- 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 <math><40 \mu\text{m}</math> 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 : semestrielle.** Les pièges à sédiments doivent être immergés 1 à 2 mois, et deux fois par an.

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT

Le présent rapport concerne les suivis semestriels effectués pendant les campagnes du premier semestre 2015, il s'agit des missions de surveillance suivantes :

- ✓ Suivi N°1 / 2015 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau –Mission du 03 au 05 MARS 2015 ;
- ✓ Suivi N°1 / 2015 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du premier semestre : MARS 2015 ;
- ✓ Suivi N°1 / 2015 des flux sédimentaires - Premier semestre 2014 (immersion entre le 23 janvier et 12 mars 2015 soit 49 jours)

Ne seront communiqués qu'en fin d'année :

- ✓ *Suivi annuel 2015 : La transplantation d'espèces bio-indicatrices (le caging) : mission de juin / juillet / aout / septembre / octobre 2015 ;*
- ✓ *Le suivi trimestriel spécifique du Port de Prony : qualité de l'eau et des sédiments 2014 : mars, mai, aout et octobre 2015.*

Il n'y a pas eu de retard ou de dysfonctionnement dans l'acquisition des données au cours du premier semestre 2015; les missions d'évaluation et les échantillonnages ont tous été effectués en temps (mois de mars) et de façon complète.



Le calendrier des missions de suivi 2015 est rappelé ci-dessous.

Pour ces missions 2015 : 5 bureaux d'études différents ont participé à ces missions et travaux d'analyses des données, leur renouvellement s'effectue pas appel d'offre.

2.1. Synthèse des suivis du milieu marin effectués en 2014

Le tableau suivant présente l'ensemble des suivis réglementaires et conventionnels, les dates auxquelles lesquelles les missions de terrain ont été effectuées et les rapports communiqués (**en bleu pour 2015**)

	Préparation de la mission	
	Mission en cours ou effectuée durant ce mois	
	Analyses des résultats et rapport rendus	← Rapports fournis avec ce bilan S1 /2015
	Rapport annuel attendu en fin d'année	

Tableau 18 : Synthèse des suivis règlementaires ICPE et des suivis CCB effectués durant L'année 2015 à date de fin de premier semestre, avec rapports émis (cases bleues)

Suivis règlementaires 2015	Indicateurs	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Ao ut 20 15	S	O	N	D	Jan 20 15	
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique							S1						S2	
	Chimique							S1						S2	
Suivi des écosystèmes 12 stations	Biologique Corail Benthos Poissons							S1						S2	
Bio accumulation Sur transplants 8 stations	Bio accumulateur													A	
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal qui a eu lieu en 2010 et 2013 Prochaine campagne en 2016													
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal, dernier suivi en 2012 Campagne en 2015 en cours,													A
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique							S1						A	
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments							S1						A	

2.2. Cartographie : Pressions et Zone d'influence et de suivis

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

Les hydro régions sont délimitées par des traits de couleurs cependant ce sont des gradients qui les délimitent et non pas des frontières.

Figure 13 : Carte de rappel des stations de suivi du milieu marin (réglementaires et conventionnelles)

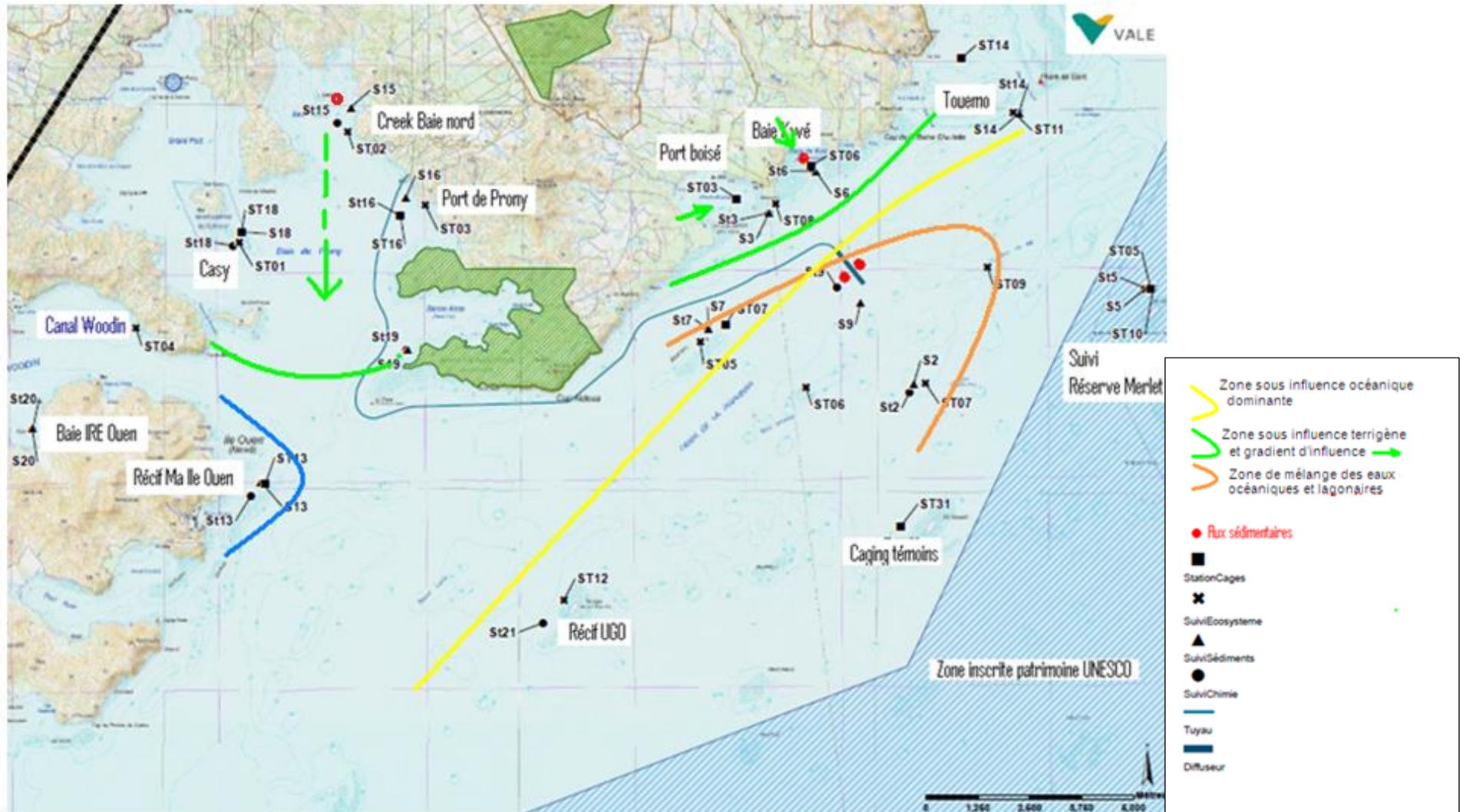


Figure 14 : Carte schématique de rappel des bassins versants et des différentes pressions

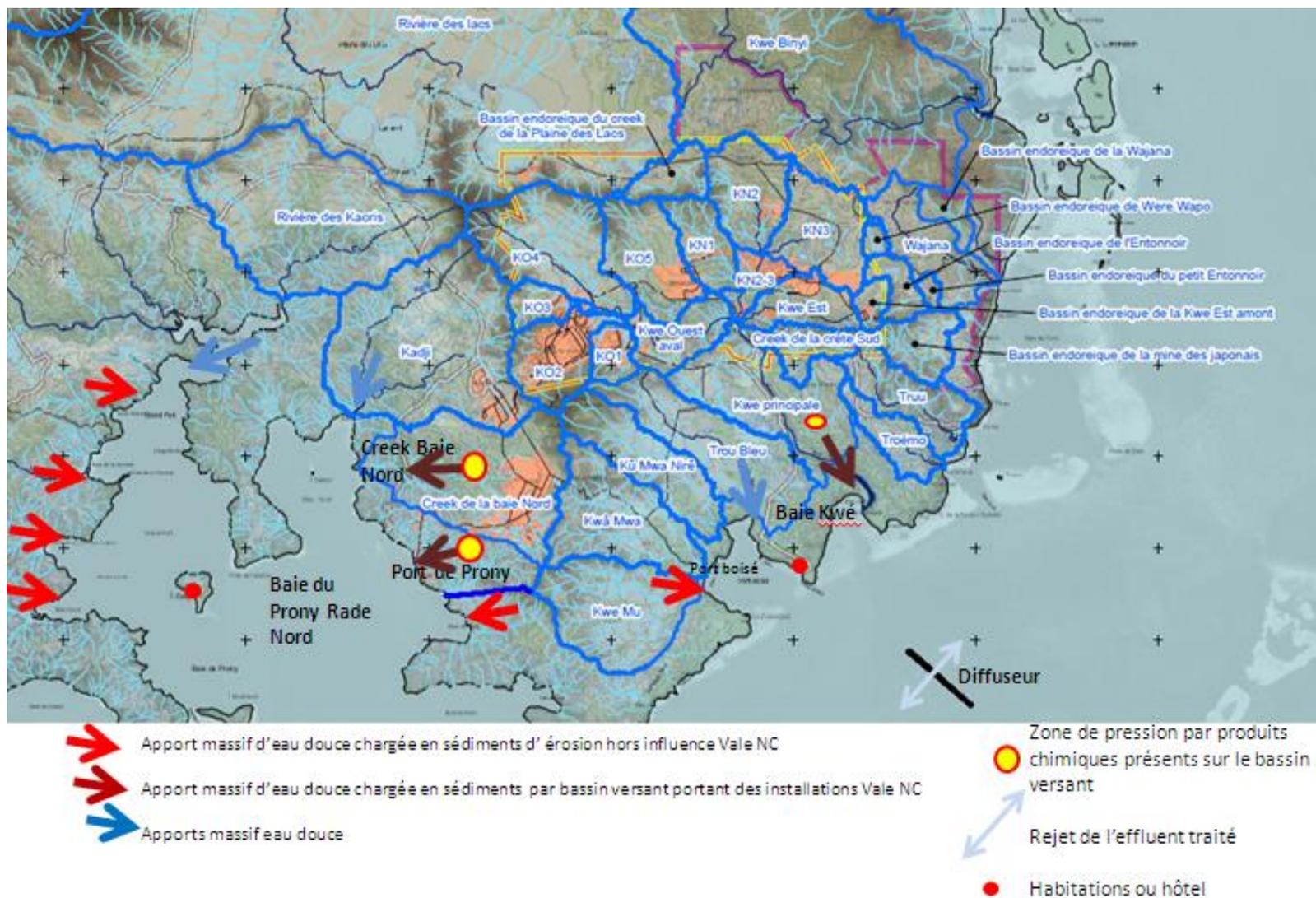
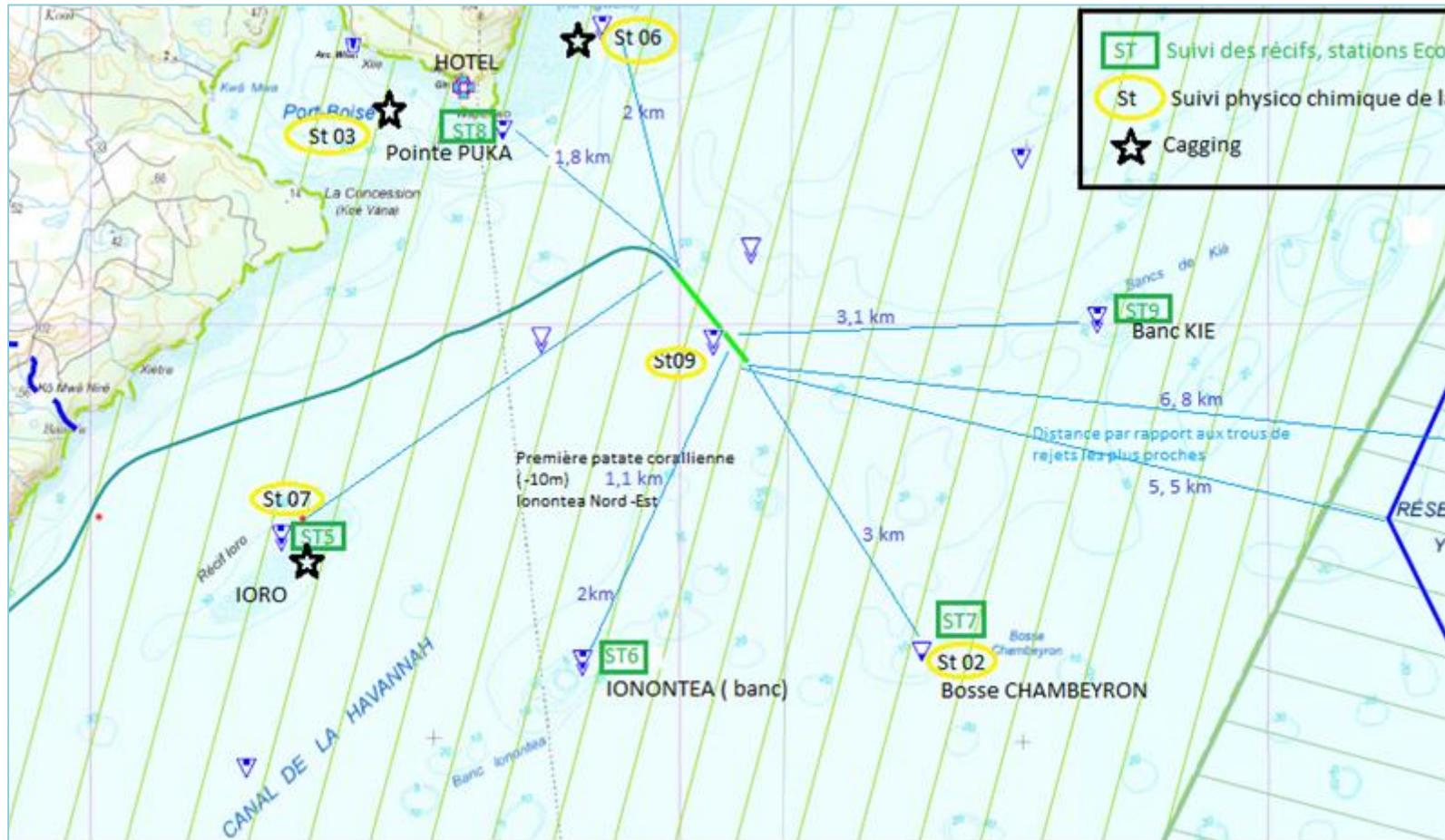


Figure 15 : Zoom cartographique sur les distances entre le point de rejet de l'effluent traité et les stations de suivi, les récifs coralliens les plus proches et autres zones remarquables. Canal de la Havannah.



3. RESULTATS (PREMIER SEMESTRE 2015)

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) et de la qualité du milieu par rapport à l'état de référence.

- **Les états initiaux (de référence) observés** avant le développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie 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.) Les études sur les états initiaux ont débuté en 1994 et se sont renforcées dès 2000, au niveau du milieu marin. Tous les bureaux d'études et experts en biologie marine ou océanographie du territoire ont participé à ces caractérisations d'état des lieux. Les états de référence doivent bien intégrer la variabilité saisonnière importante sur certains paramètres.
- **Les bases de données (issues des missions de suivis antérieures)** permettent une analyse des tendances évolutives. Ce sont ces tendances qui sont analysées par les prestataires qui doivent avoir une expertise et une connaissance statistique suffisantes pour les maîtriser. *Les prestataires qui effectuent les suivis ont en leur possession les bases de données des années précédentes pour pouvoir effectuer ces analyses comparatives, il est à leur charge de les formater pour en tirer une analyse d'évolution temporelle.*
- **Le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie**, élaboré par ZONECO/CNRT grâce 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 et à conditions de ne pas changer de méthodologies avec celles utilisées dans les grilles proposées par le guide. Il est prévu une révision de ce guide en 2015.

Il est essentiel de raisonner en termes de tendances évolutives 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 de valeurs seuils, c'est la variabilité temporelle (saisonnière et inter annuelle) ou bien spatiale des valeurs qui permettra de se prononcer sur la signification des résultats après une mission de suivi. Pour mettre en évidence un changement significatif, cette variabilité est une information nécessaire à connaître et affiner au fur et à mesure des années de suivis.

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.

Le recours à un bio statisticien de façon régulière, quand le nombre de campagnes de suivis devient important, est nécessaire et Vale NC s'y conformera dès fin 2015

Tout changement significatif est signalé*de façon bien visible.

*Les conclusions encadrées facilitent la lecture des rapports dont les versions intégrales issues des bureaux d'études sont placées en annexe de ce rapport. Le rapport de synthèse Vale NC reprend ces conclusions et indique les points phare par une iconographie adaptée.

Tableau 19 : Caractéristiques du milieu marin, états initiaux (en bleu) et états actuels (en orange)

(Les rapports « clefs » pour la connaissance de l'état de référence sont indiqués en bleu et les rapports de suivis qui permettent une étude de l'évolution temporelle sont indiqués en orange)

- **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 sur 18 stations IRD 2005 (Convention Goro Ni/IRD n°1142)
 - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux du canal de la Havannah et de la baie de Prony sur 18 stations IRD 2007 (Convention Goro Ni/IRD n°1312)
 - Dernières campagnes de suivis effectuées : mars 2009, août 2009, mars 2010, août 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012, aout 2012, mars 2013, aout 2013, mars/ avril 2014. et aout 2014.
 - Campagne actuelle rapport incluse dans ce rapport : MARS 2015 (13^{ème} campagne)

- **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 de suivis effectuées : 2010, 2011, 2012, 2013, 2014
 - Campagne annuelle actuelle (En cours) : 2015 (la 6 Emme)

- **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 sur 18 stations. IRD 2006. (Convention IRD/ Goro Ni n°9135 AO)
 - Etat de la 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
 - Dernières campagnes effectuées : 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
 - Campagne actuelle pour les flux sédimentaires incluse dans ce rapport (S1/2015). Suivis triennaux pour le taux de sédimentation donc pas de campagne en 2015; (sauf au port). Qualité des sédiments ; suivi en cours en 2015.

- **Stations éco-systémiques**
 - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données du suivi semestriel effectué depuis 2007, suivi qui a été effectué sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (Premier trimestre 2015 : 14^{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 au professeur d'Université Claude CHAUVET ACREM, 2008. (Cf. tableau récapitulatif ci-dessous).
 - D'autres inspections et inventaires sous-marins peuvent donner lieu à des analyses comparatives, comme les 8 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.
 - 13 Dernières campagnes règlementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, puis : mars 2010, Aout/septembre 2010 ; mars 2011, aout 2011 ; mars 2012, octobre 2012 ; mars/avril 2013 et sept/oct. 2013 ; mars/avril 2014, octobre 2014.
 - Campagne actuelle incluse dans ce rapport MARS 2015 (14^{ème} campagne)

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

sans uniformiser leurs méthodes (d'où l'atelier de 2006 qui a imposé une méthodologie suivie par les plans de suivi depuis 2008).

Tableau 20 : Caractérisation du milieu marin – écosystèmes

Date de l'évaluation	Auteurs et/ou bureaux d'études	Titre
1994	Pierre Thollot / Laurent Wantiez	Caractérisation des milieux marins dans la région de 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 Ionotea 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 (+P. Laboute)	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 2012a 2012b 2013a 2013b 2014a 2014b 2015a	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 selon le cahier des charges de la Convention CCB 2009

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'CEIL (Observatoire crée en 2009) dès 2010, dans leur intégralité.

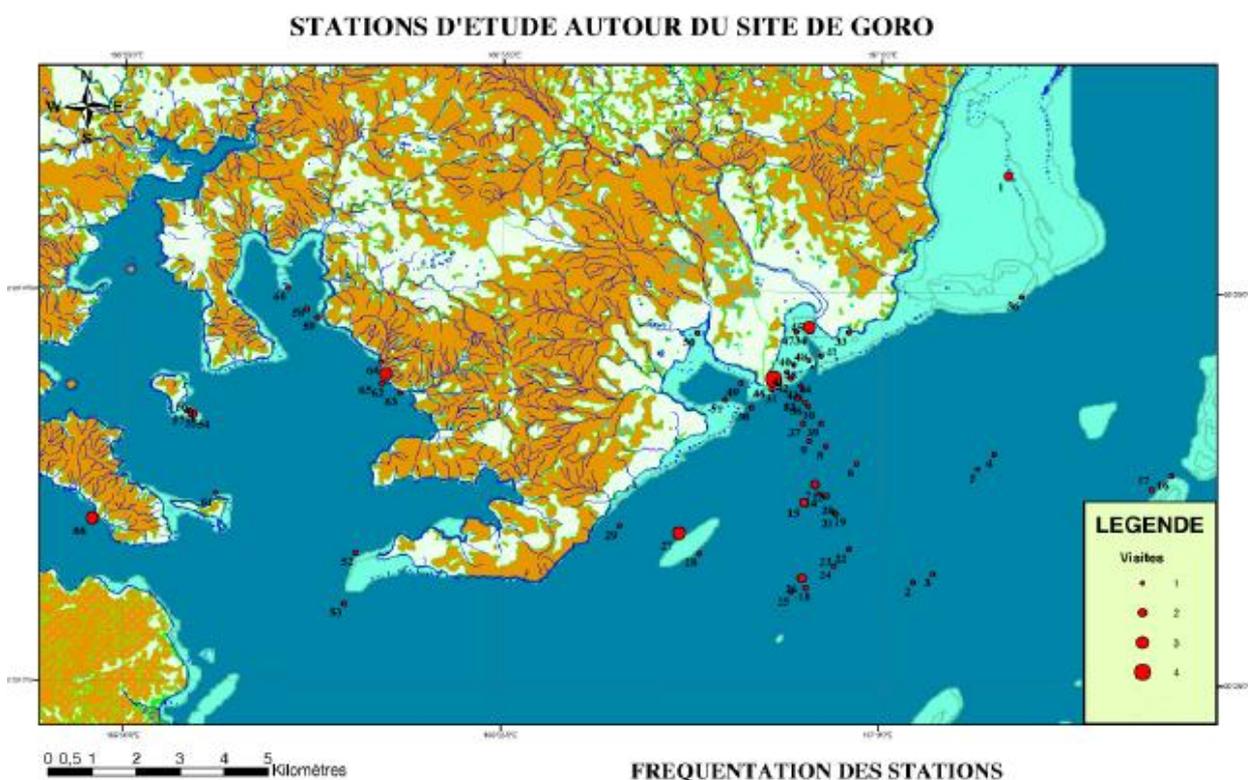
La figure suivante montre le déploiement des efforts d'évaluation du milieu éco-systémique sous-marin dans la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie pour effectuer un état des lieux entre 1994 et 2007.

Il s'agissait alors de la caractérisation de l'état des lieux, toutes les stations inventoriées n'ont pas été retenues pour les suivis une fois le projet Vale NC en fonctionnement. Les études d'état des lieux portent sur un périmètre bien plus vaste que les stations – sentinelles de suivis.

Vale NC se conforme aux stations et aux méthodologies de suivis imposées par les arrêtés ICPE et la Convention 2008 CCB avec la Province Sud, un atelier s'est tenu en mars 2006 sous le pilotage de la DENV (M. Laurent Wantiez de l'UNC en facilitateur) avec les biologistes marins ayant une bonne connaissance du lagon et ayant participé aux caractérisations de l'état des lieux et la méthodologie a alors été indiquée.

Depuis 2007 les suivis, au nombre de 14 missions, sont donc comparables en eux.

Figure 16 : Stations d'étude pour la caractérisation biologique du milieu marin entre 1994 et 2006 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)
- Dernières campagnes réglementaire : 2011, 2012, 2013 et 2014
- Campagnes actuelles incluses dans ce rapport : Premier semestre 2015

3.2. Valeurs obtenues (Premier semestre 2015)

3.2.1. Météorologie durant le premier semestre 2015

Il n'y pas eu d'événement climatique exceptionnel (cyclone ou dépression tropicale forte) qui ait affecté la zone du Grand sud durant la saison chaude 2015. Le cyclone PAM est passé à 150 km à l'Est de Maré et il n'a pas engendré des pluies exceptionnelles sur la zone du suivi martin et ses bassins versants influents.

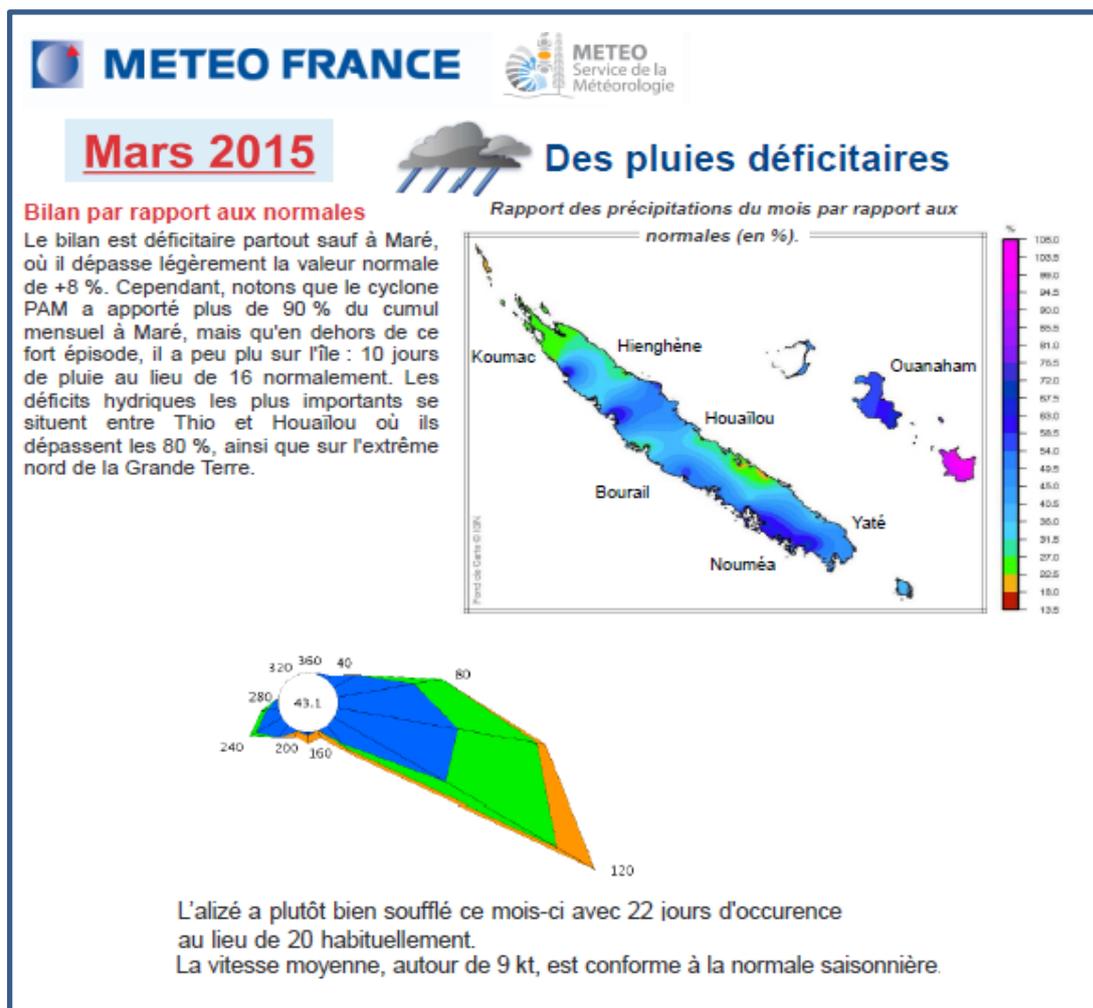
Pour rappel : l'année 2013 fut quant à elle marquée par deux dépressions ayant provoqué une pluviométrie exceptionnelle en janvier et en juillet 2013 avec des précipitations supérieures à 400mm / 24 h, (Cf. les rapports de suivis 2013 correspondant), cela ne fut pas le cas en 2014, ni lors de ce premier semestre 2015.

Rappel des grands épisodes dépressionnaires ou pluvieux des années précédentes :

- 2003 : 13 mars Cyclone Erica
- 2009 : 25/ 26 mars 2009 Dépression Jasper
- 2011 : Janvier 2011 dépression tropicale forte/cyclone Vania (450mm /24 h sur Goro)
- 2011 : Janvier 2013 dépression Zélia
- 2013 : 2/3 janvier 2013 dépression tropicale Freda (438.4 mm en 24 h à l'usine)
- 2013 : 2/3 juillet 2013 Pluie et inondations exceptionnelles de juillet (540mm/24h)

2014 et le premier semestre 2015 n'ont pas connu de phénomènes de cette ampleur. Le cyclone Pam (mars 2015) qui a sévi sur le Vanuatu n' a pas fortement affecté la Nouvelle-Calédonie.

Figure 17 : Synthèse du bulletin mensuel de Météo France- Nouvelle-Calédonie pour le mois de mars 2015



La figure suivante montre les précipitations au mois de MARS durant les campagnes de suivis depuis 2007 (et les 5 jours précédant chaque campagne) sur la station de Prony donc au plus proche de la zone marine suivie, et ceci depuis 2007.

Cela confirme bien que **le suivi S1/2015 a été effectué en période de relative sécheresse** sur la zone du suivi. En 2013 les fortes pluviométries ne sont pas enregistrées sur ce diagramme qui ne récapitule qu'une semaine de pluviométrie mais leurs effets ont été antérieurs.

Figure 18 : Cumuls des précipitations durant les campagnes de prélèvements pour le suivi de la qualité de l' eau en saison chaude (MARS) depuis 2007. En bleu: les 5 jours qui précèdent la mission. En rouge : les jours de la mission

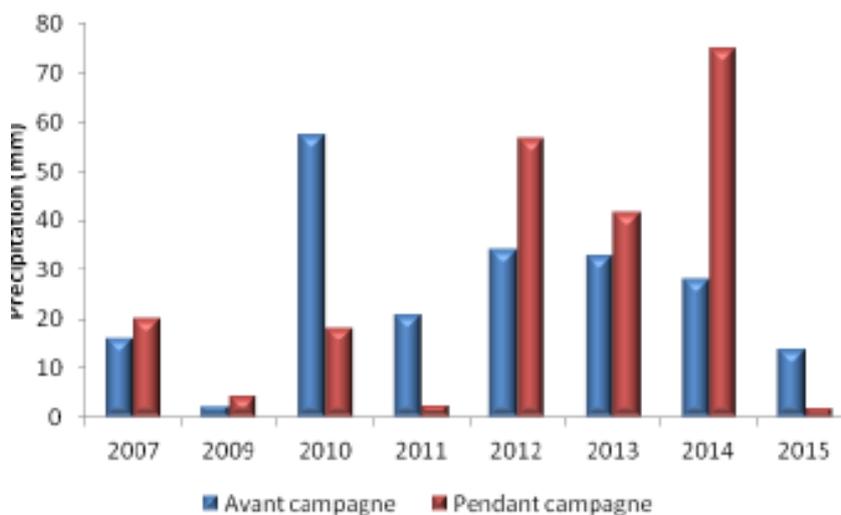
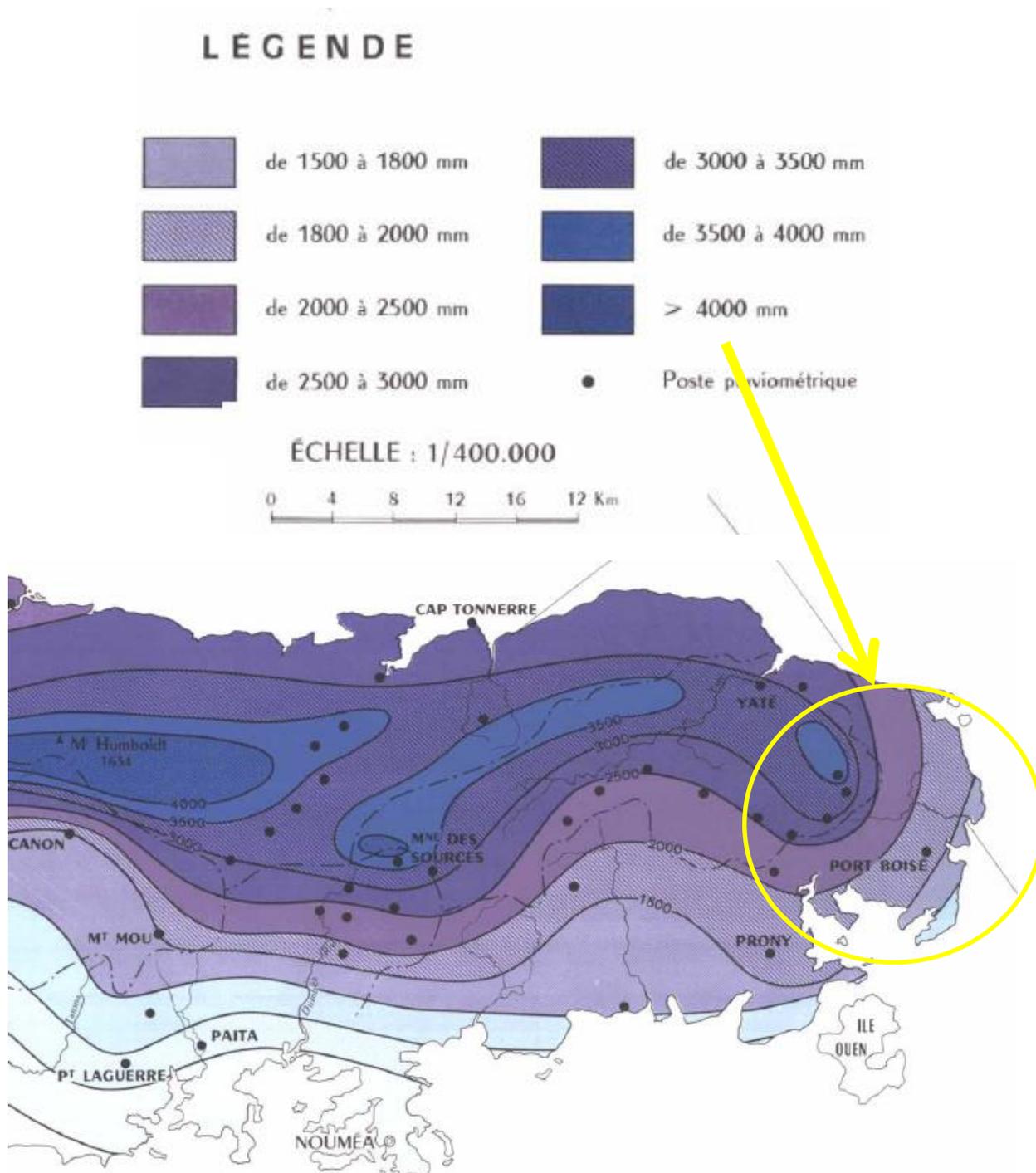


Figure 19 : Rappel du contexte climatique calédonien et de la zone du plateau de goro influant sur les bassins versants de la zone des suivis Vale NC (mm/pluies cumul annuel)

(Carte ORSTOM)



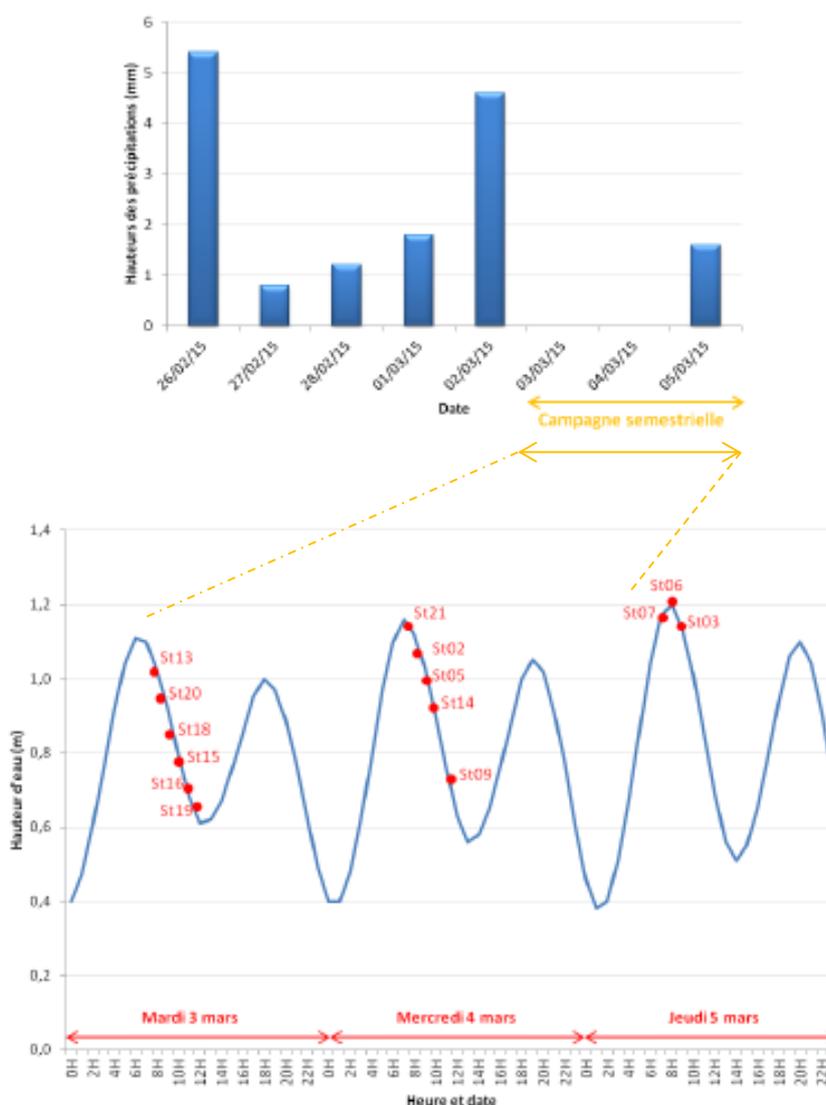
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain ont été réalisées :

- Pour la campagne semestrielle n°1 dite S1/2015 : 03, 04 et 05 MARS 2015 sur les 14 stations prédéfinies ;
- Pour la campagne semestrielle n°2 : Mission en cours
- Pour les campagnes trimestrielles sur le port en en face le creek de la baie Nord : mars, avril, aout est en cours (résultats fin 2015)

Les figures suivantes situent les prélèvements lors de la mission du premier semestre 2015, en fonction des marées et des précipitations.

Figure 20: Conditions météorologiques et état de la marée (campagne du 03 au 05 Mars 2015)



Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche 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. La séparation entre saison sèche

et saison humide n'est pas nette, il est plus judicieux de parler de saison fraîche et de saison chaude et de toujours se référer à la pluviométrie.

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 MARS 2015 (Saison chaude. Semestre n°1/ 2015)

Les figures suivantes rappellent la position de ces stations afin de faciliter la lecture du rapport.

Figure 21: Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony) et île Ouen

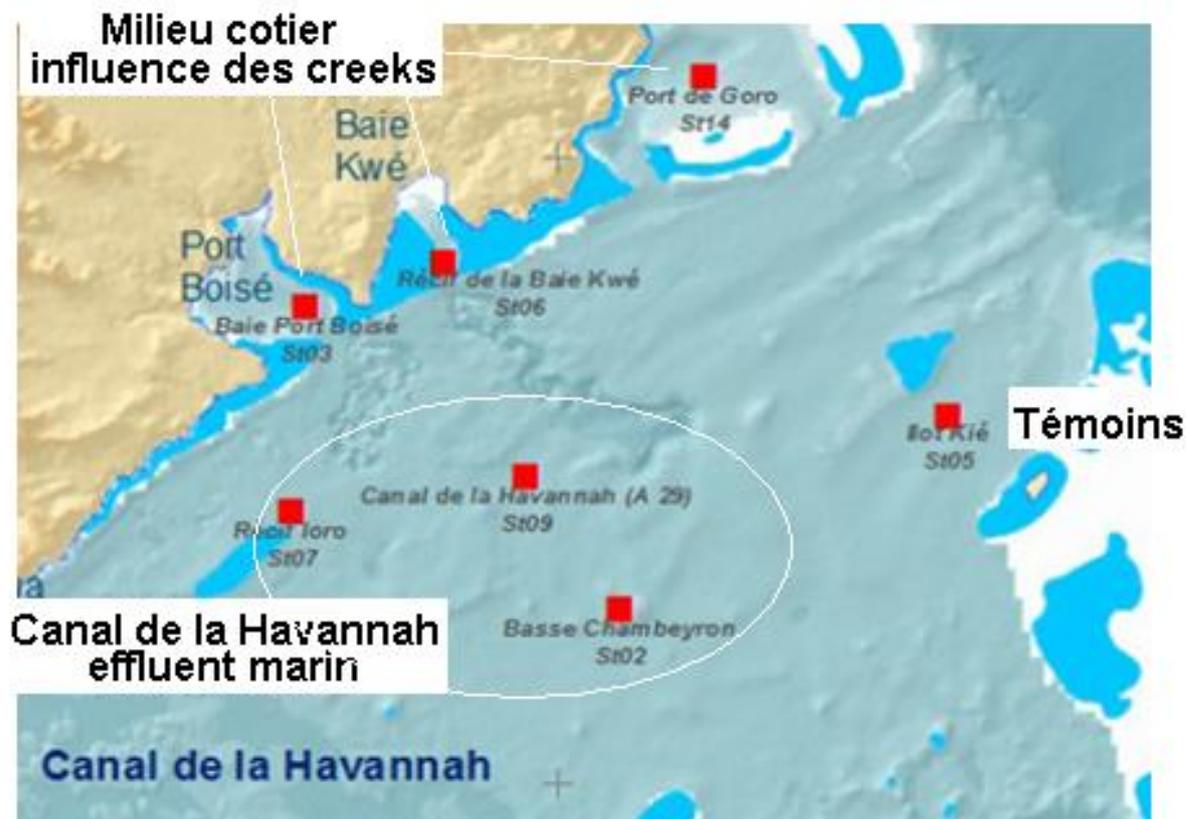


Stations en baie du Prony : St 15, St 16, St 18 et St 19

Stations près de l'île Ouen : St 20 (de type embouchure ou fond de baie)
et St 13 Récif Ugo : St 21

La station St20 au Nord de l'île Ouen dans le canal Woodin n'est pas sous influence du projet Vale NC. Elle est suivie comme station témoins.

Figure 22: Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Canal de la Havannah)



Station dans canal de la Havanah (surveillance de l'effluent) : St 02, St 05, St 09 et St 07 ; Stations côte Nord du canal : St 03 et St 06 ; Station en baie de Goro : St 14.

Pour cette campagne 10% des prélèvements ont été prélevés en triplicatas afin de vérifier la fiabilité des analyses en métaux dissous. Les résultats de ces tests de mesures en triplicatas feront l'objet d'un rapport séparé.

RESULTATS S1 /2015:

➤ *Éléments majeurs et le pH*

Comme lors des campagnes précédentes, les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) et le pH de l'eau de mer restent dans le même ordre de grandeur que lors de l'état des lieux et des campagnes précédentes (pH compris entre 8,24 et 8,10)



Le tableau suivant présente les valeurs du pH et les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) dans les domaines différents qui constituent des hydro régions bien différenciées d'un point de vue physico chimiques et éco systémiques, en cohérence avec les modélisations effectuées en baie du Prony et dans le canal de la Havannah sur la circulation des masses d'eau (Convention Vale NC/IRD)

Tableau 21: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse. Campagne du premier semestre 2015

Concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie et valeurs du pH mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2015.

Zone d'étude	Statistique	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	pH
Canal de la Havannah	Minimum	380	466	1280	11958	19170	2860	8,10
	Maximum	432	519	1424	13431	20935	3559	8,15
	Moyenne	403	488	1342	12585	19978	3169	8,14
	Ecart-type	13	12	40	381	569	206	0,01
	CV (%)	3	3	3	3	3	7	0,2
Baie Canal	Minimum	381	469	1277	11949	19005	2378	8,12
	Maximum	434	517	1432	13461	20424	3565	8,17
	Moyenne	399	486	1331	12486	19789	3119	8,14
	Ecart-type	16	14	46	431	494	492	0,01
	CV (%)	4	3	3	3	2	16	0,2
Baie du Prony	Minimum	369	456	1243	11674	19146	2694	8,16
	Maximum	414	497	1378	12908	20456	3032	8,24
	Moyenne	388	476	1302	12165	19763	2869	8,22
	Ecart-type	14	12	40	375	394	116	0,02
	CV (%)	4	2	3	3	2	4	0,3
Ile Ouen	Minimum	378	469	1260	11719	18259	2685	8,21
	Maximum	440	531	1442	13645	19834	3068	8,24
	Moyenne	395	485	1314	12307	19387	2914	8,23
	Ecart-type	23	23	67	710	594	181	0,01
	CV (%)	6	5	5	6	3	6	0,2

CV (%) : Coefficient de variation en pourcentage.

La station ST06 en baie Kué ne présente pas de tendance d'évolutive sur les sulfates

La station St09 proche du rejet de l'effluent ne présente pas de tendance évolutive sur les sulfates (ni autres paramètres).



Les données brutes sont communiquées en annexe n°2 de ce bilan .

➤ *Hydrocarbures:*

L'analyse des prélèvements aux stations St15 (baie de Prony Rade Nord) et St16 (Port) 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). Ces deux stations sont suivies trimestriellement et un bilan annuel leurs est dédié.



➤ **Matières en suspension totales (MEST) :**

Les matières en suspension (MES) sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minéral ou organique, carbonatées ou non...).

L'ensemble des concentrations en MES sur toutes les stations lors de la mission de mars 2015 est synthétisé sur la figure suivante et les données brutes sont en annexe.

La station St02 Chambeyron du centre du canal montre un maximum ponctuel en MES en profondeur et lors de cette mission les stations du canal présentent des concentrations moyennes en MES supérieures à celles des baies côtières et de Prony. (La baie de Iré dans le canal Woodin ne correspond pas à une zone d'effet potentiel de projet VNC ni à une station témoins étant donné ses propres spécificités)

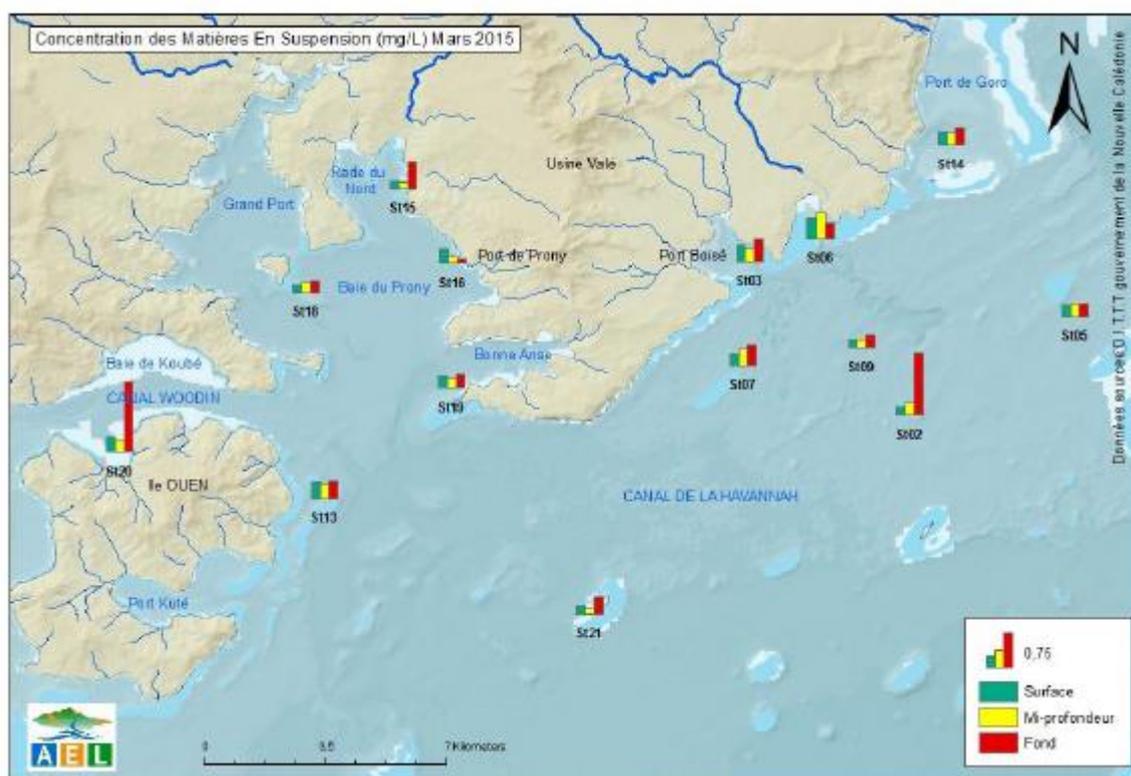
Ces concentrations en MES sont relevées sans que les profils de turbidité ou la pluviométrie puisse être exactement corrélés (notamment en baie de Iré St20, au Nord de l'île Ouen, dont le fond présente un maximum de 1,50 mg/L).

- Remarquer la faible concentration en MES au port de Prony.

Si l'on se fiait à ce seul indicateur, la baie Kué même après des pluies, montrerait moins de MES en suspension que le canal de la Havannah et que la station (dite témoins en 2009) en baie Iré. Les interprétations des relevés ponctuels en MES sont complexes et pas toujours un indicateur efficace, le suivi intégrateur des flux est privilégié par les experts qui travaillent sur l'optimisation des plans de suivis



Tableau 22 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en MARS 2015

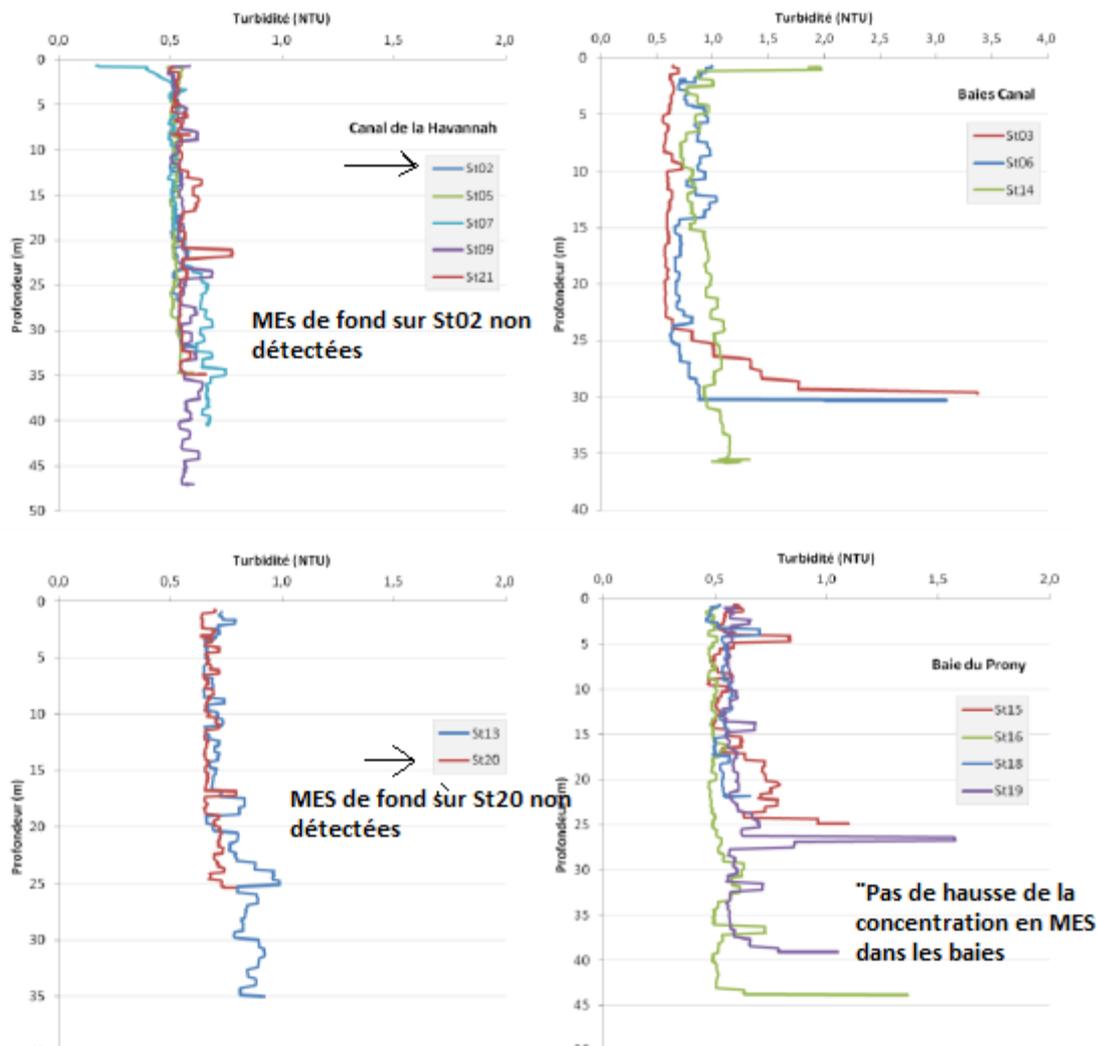


La corrélation entre les MES et la turbidité d'un néphéloïde benthique (couche de fond) n'est pas évidente comme le montrent les relevés des profils verticaux par la sonde multiparamétrique (paragraphe suivant). La turbidité et les MES ne sont pas toujours corrélés et l'étude des flux intégrés est un travail d'avantage pertinent. Les flux qui ne sont pas une « photographie » ponctuelle des concentrations en MES mais un indicateur intégrateur sont présentées au chapitre 3.2.4.

La turbidité mesurée par la sonde multiparamétrique de détermination de la structure de la colonne d'eau est indiquée sur les figures ci-dessous.



Figure 23 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle MARS 2015



➤ **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 en courantologie et modélisation.



Le tableau suivant présente températures, turbidités, fluorescences et salinités sur le domaine étudié en MARS 2015.

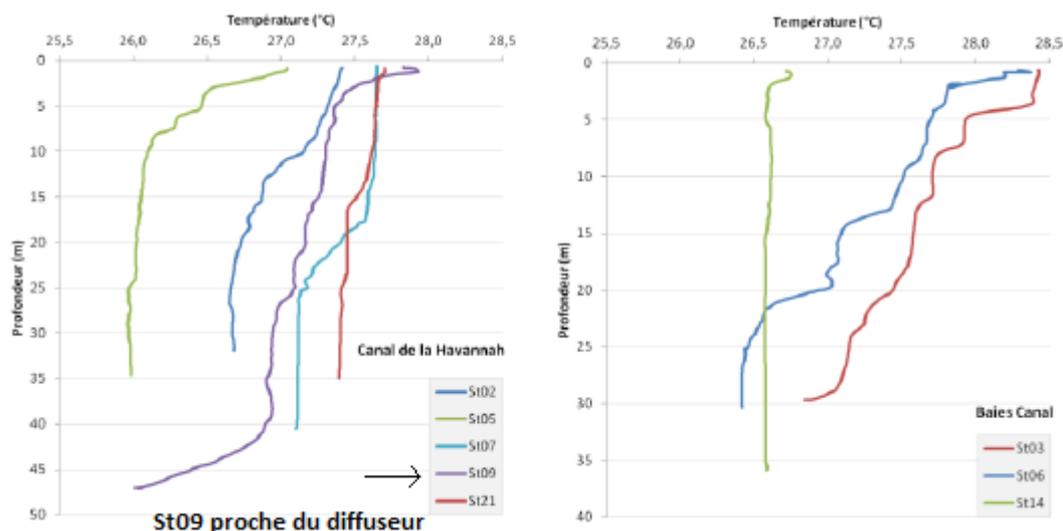
Tableau 23 : Température, salinité turbidité et fluorescence Mars 2015

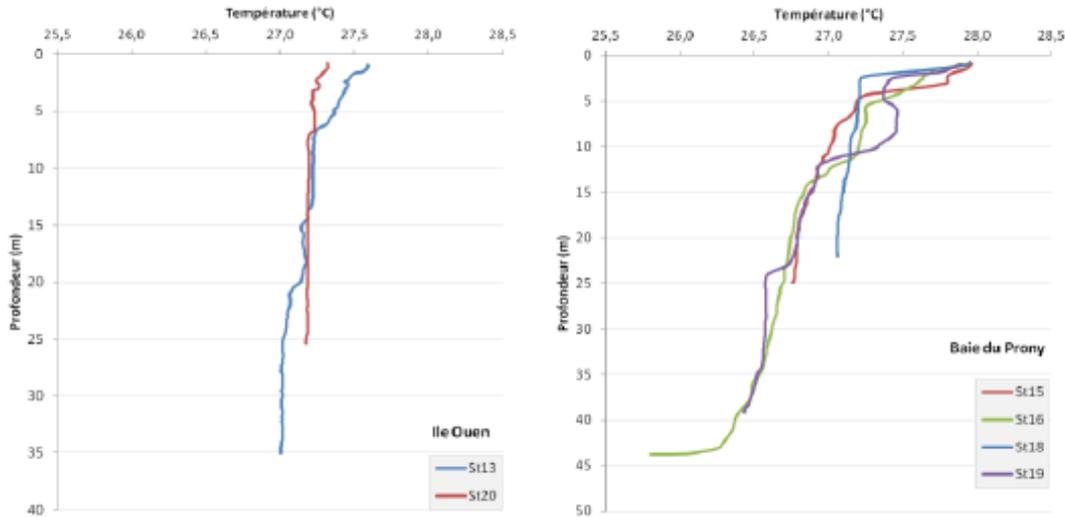
Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)
Canal de la Havannah	Minimum	25,96	35,25	0,05	0,17
	Maximum	27,93	35,45	0,53	0,78
	Moyenne	27,00	35,37	0,25	0,55
	Ecart-type	0,53	0,01	0,06	0,02
	CV (%)	1,96	0,03	24	4
Baies Canal	Minimum	26,42	34,58	0,10	0,55
	Maximum	28,43	35,38	0,65	3,37
	Moyenne	27,17	35,32	0,31	0,92
	Ecart-type	0,53	0,02	0,05	0,11
	CV (%)	1,95	0,06	16	12
Baie du Prony	Minimum	25,80	34,51	0,01	0,46
	Maximum	27,96	35,35	0,70	1,58
	Moyenne	27,05	35,22	0,17	0,58
	Ecart-type	0,11	0,04	0,04	0,06
	CV (%)	0,41	0,11	24	10
Ile Ouen	Minimum	27,00	35,29	0,08	0,64
	Maximum	27,59	35,40	0,50	0,99
	Moyenne	27,20	35,34	0,31	0,72
	Ecart-type	0,01	0,05	0,06	0,05
	CV (%)	0,04	0,14	22	7

○ **La température :**

Les stations localisées dans le Canal de la Havannah et autour de l'île Ouen présentent des profils de température non homogènes au sein de la colonne d'eau, c'est la saison chaude, les eaux de surface sont plus chaudes de 0,5 à 2°C

Dans le canal les eaux plus chaudes vont jusqu' à 10 m de profondeur, une corrélation fine avec les modélisations et la courantologie en fonction des marées est certaine mais ne fait pas l'objet de ce travail de suivi qui ne détecte pas d'anomalie dans ces courbes de structures des colonnes d'eau

Figure 24 : Profils de température en MARS 2014




Aucune trace de réchauffement en profondeur dans le canal de la Havannah, comme attendu, La station St09 est la plus proche du rejet. L'effluent traité rejeté n'est pas détectable à quelques mètres du diffuseur et sa température n'affecte pas la température des masses d'eau du canal même en profondeur et en champ très proche. Il est est de même pour la salinité .



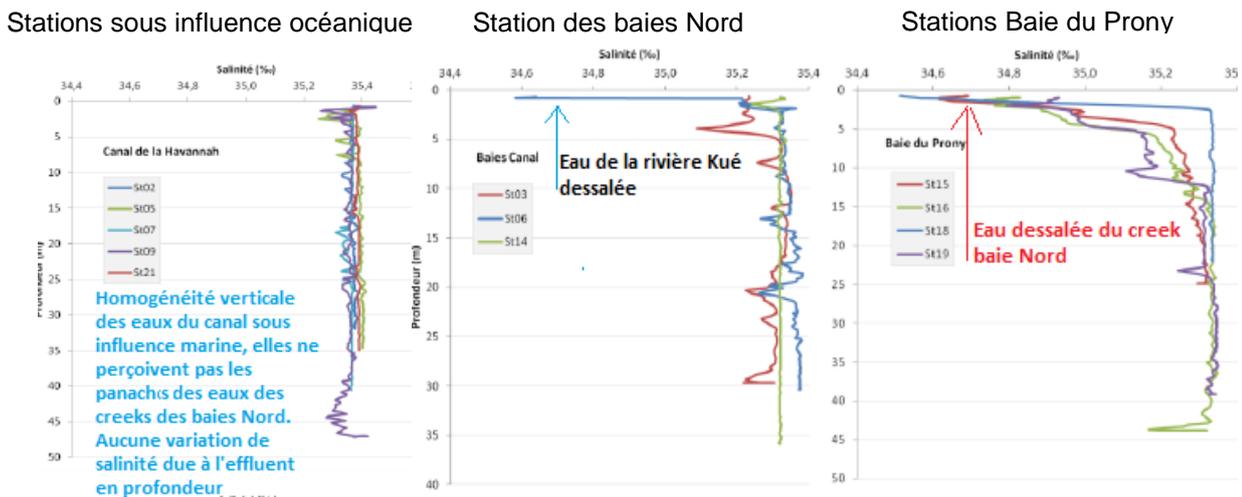
o **La salinité :**

Les baies du Nord du canal de la Havannah (stations St03 -Port Boisé et St06-Baie Kwé) présentent une couche de surface de salinité moindre bien individualisée, comme attendue en face un rejet permanent par un creek ou une rivière. De même en baie du Prony.

Le rejet d'effluent traité n'est aucunement perceptible sur la salinité, comme prévu. (Cf. courbe St 09)



Figure 25 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de MARS 2015.



Le mois de mars 2015 fut en déficit hydrique, (cf. chapitre météo 3.2.), les missions de suivis ont été effectuées en période sèche, cependant les creeks pérennes marquent la surface par leur panache dessalé en baie du Prony et en zone côtière Nord du canal de la Havannah, comme attendu.

Ces résultats sur la structure verticale sont conformes aux valeurs attendues.



o **La turbidité :**

La turbidité de l'eau provient de la présence de diverses matières en suspension telles que : argiles, limon, matière organique et minérale en fines particules, plancton... Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minérale ou organique). La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée ou absorbée.

Cette campagne ne décèle pas de turbidité qui ne soit en pas cohérente avec l'état initial du milieu.

L'utilisation simple de disque de SECCHI est envisagée.

- **La fluorescence :**

Cette campagne ne décèle pas de fluorescence qui ne soit pas en cohérence avec l'état initial du milieu.

(Résultats intégraux en annexe de ce document)

- **L'Oxygène dissous**

Il est envisagé d'ajouter ce capteur à la sonde CTD fin 2015

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

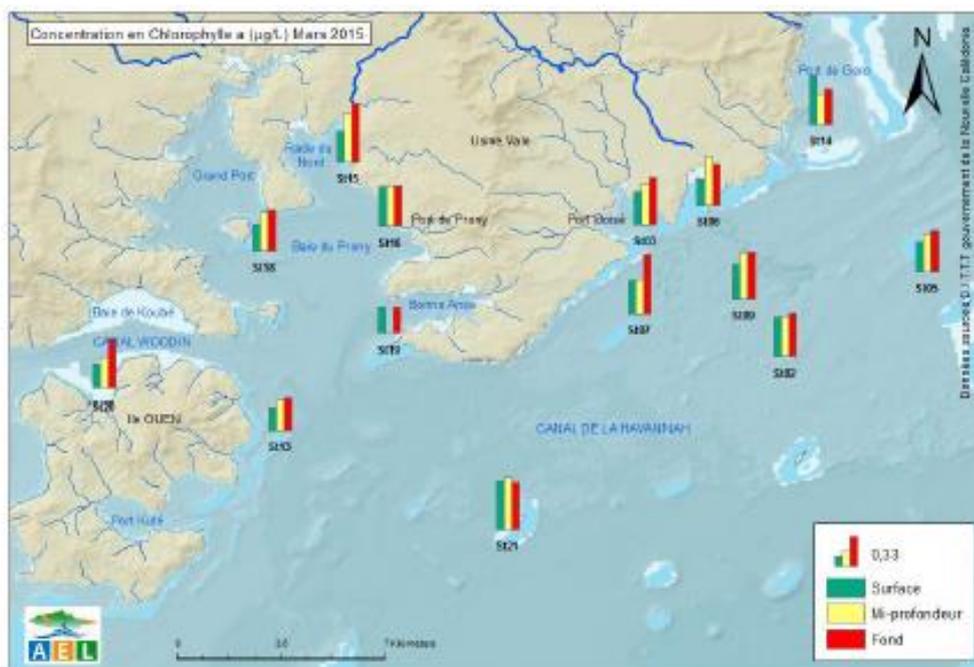
La chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et, de ce fait, le niveau trophique (oligotrophie / eutrophie) du milieu. Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéo-pigments.

Les concentrations maximales (0,65 µg/L Sur St07- récif Ioro et 0,64 µg/L en baie du Prony) sont dans la fourchette d'un Bon état si on se réfère aux grilles indicatrices du guide CNRT. Le lagon calédonien fait partie des grands domaines oligotrophes.

A ce jour il n'a jamais été observé le bloom chlorophyllien intense, depuis les premiers suivis de la zone. Au travers de cet indicateur il y apparait une grande stabilité de la zone.

En cas de forte mortalité planctonique un pic en phéo-pigments pourrait être détecté ce qui n'a jamais été le cas.

Figure 26 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2015 .



(Résultats intégraux en annexe de ce document)

➤ **Concentrations en sels nutritifs : nitrates et nitrites, ammonium NH₄⁺, phosphates, silicates.**

Les sels minéraux continuent à être suivis avec attention, mais aucune eutrophisation n'est décelée, en cohérence avec les suivis éco systémiques qui portent attention au développement des algues. Pour rappel : la station d'épuration de la base vie Vale NC ne rejette pas dans un creek et donc vers une embouchure de creek, mais au niveau du diffuseur, via l'effluent marin traité. Le seul risque d'eutrophisation identifié est en baie de Port Boisé et sans lien avec Vale NC (Rejet d'un hôtel).



Maximum : Nitrates 0,522 $\mu\text{mol/L}$ en baie de Goro (St 14) et sur les 3 profondeurs, en dehors de toute influence de VNC. D'après le guide du CNRT cela indiquerait un milieu moyennement perturbé mais sans eutrophisation.

Le creek baie Nord et les autres embouchures de creeks et rivières sous influence Vale NC ne montrent aucune élévation des concentrations en nitrates ou nitrites.

En baie du Prony près de creek de la baie Nord : 0,25 $\mu\text{mol/L}$ maximum en nitrates (Milieu non perturbé d'après le guide CNRT)



Tableau 24 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en MARS 2015

Zone d'étude	Statistique	NO_3+NO_2 ($\mu\text{mol/L}$)	NH_4 ($\mu\text{mol/L}$)	SiO_4 ($\mu\text{mol/L}$)
Canal de la Havannah	Minimum	<0,050	0,039	0,99
	Maximum	0,406	0,610	1,38
	Moyenne	0,189	0,138	1,14
	Ecart-type	0,118	0,138	0,13
	CV (%)	71	100	12
Baie Canal	Minimum	<0,050	0,065	1,24
	Maximum	0,522	0,323	4,22
	Moyenne	0,313	0,160	1,68
	Ecart-type	0,203	0,080	0,93
	CV (%)	65	50	49
Baie du Prony	Minimum	<0,050	0,066	1,36
	Maximum	0,258	0,276	4,48
	Moyenne	0,077	0,136	2,16
	Ecart-type	0,067	0,073	1,07
	CV (%)	87	54	50
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,059	1,25
	Maximum	0,257	0,339	2,01
	Moyenne	0,077	0,155	1,59
	Ecart-type	0,100	0,100	0,26
	CV (%)	130	65	16

Figure 27 : Répartition spatiale des concentrations en nitrates + nitrites. Mars 2015

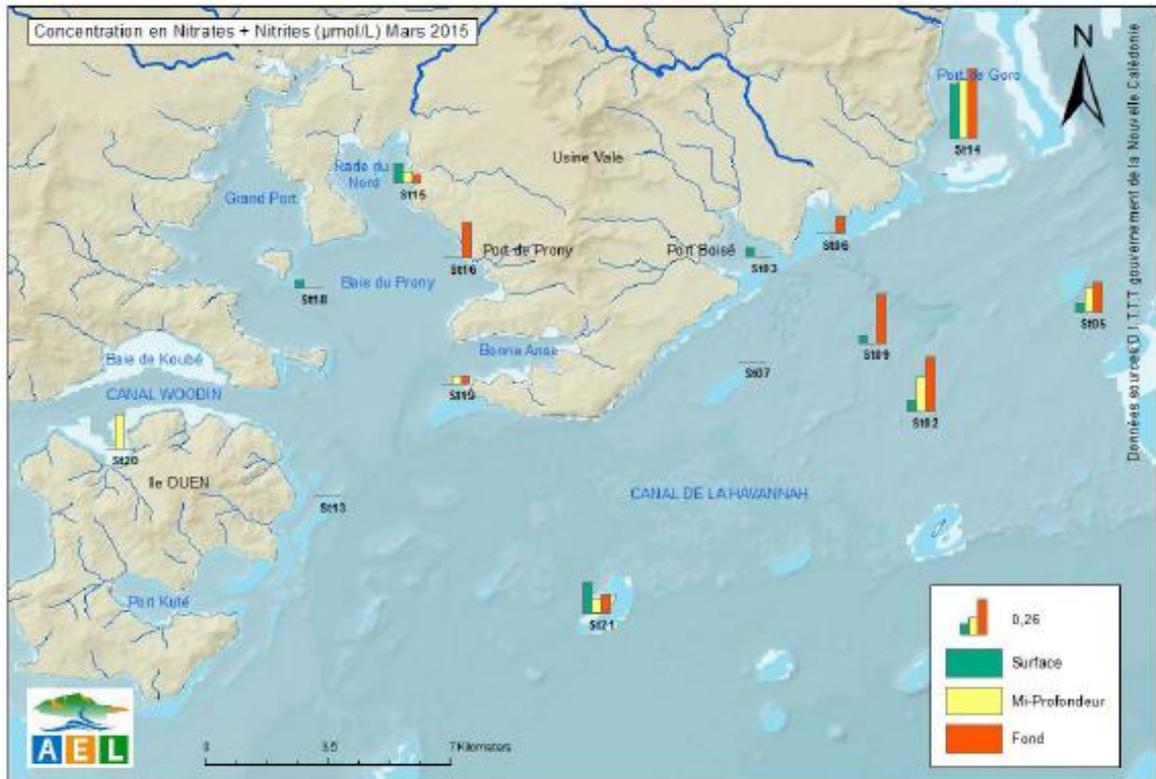
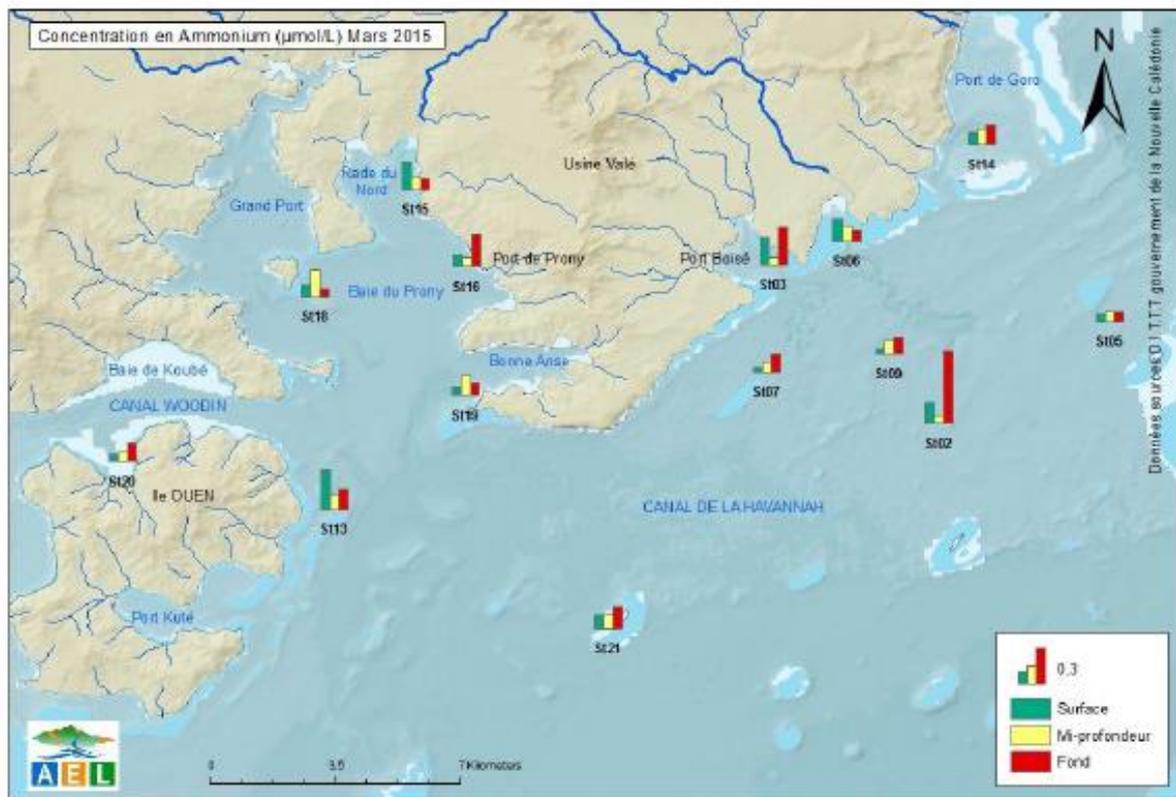


Figure 28 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. Mars 2015



Pour les phosphates, en mer il s'agit d'orthophosphates, sur les 14 stations évaluées à 3 profondeurs les concentrations obtenues sont très faibles et d'après le guide du CNRT elles montrent un milieu non perturbé.

Pour les silicates le gradient « cote/large » met en évidence les apports d'eau douce.

La zone du creek baie Nord, zone sous pression de la base vie VNC, ne présente pas d'élévation des concentrations en sels nutritifs.

Il n'y a aucune concentration relevée en sels nutritifs qui puisse indiquer une perturbation sur la zone de suivi.



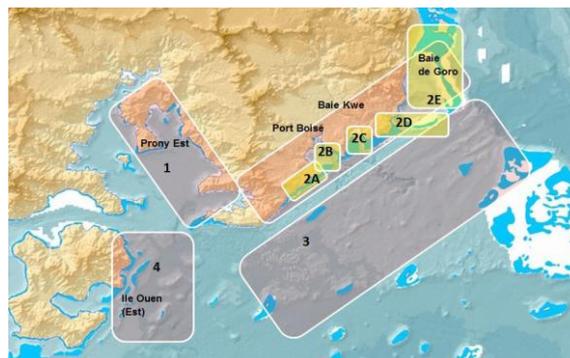
- **Carbone, azote et phosphore organiques : NOD, POD, NOP, POP et COP** (selon s'ils sont dissous ou particulaires, la distinction entre la matière dissoute et la matière particulaire étant généralement située à la limite de 0,45 µm.)

Aucune distribution ni anomalie particulières ne sont observées au cours de cette mission de mars 2015

(Résultats intégraux en annexe de ce document, avec le rapport intégral de la mission

➤ **Concentration en métaux :**

Tel qu’observé lors des campagnes précédentes et lors des états initiaux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient côtère 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 d’origine terrigène (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).



Zonage et hydro région marines

L’état des lieux et les modélisations ont permis de définir des hydro régions depuis 2009, elles sont rappelées ici dessus et les analyses semestrielles de la qualité de l’eau concordent avec ces domaines respectifs.

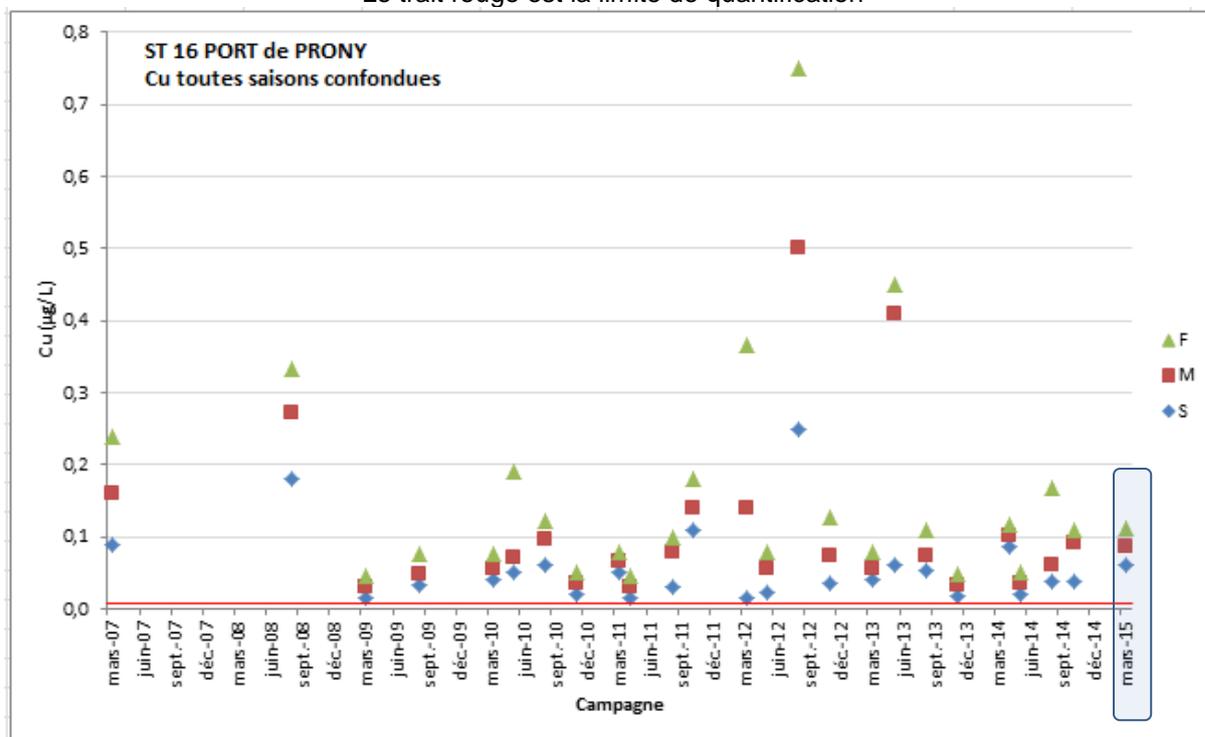
MARS 2015

Au niveau du cuivre et du zinc

Ce sont des marqueurs d’activités urbaines (ou portuaires), au port de Prony leur évolution spatiale est suivie avec attention. L’analyse temporelle des concentrations en Cu et en Zn au niveau de la station St16 du port de Prony, pour l’ensemble des campagnes effectuées toutes saisons confondues depuis aout 2007, donne les graphes suivants :

Figure 29 : Concentration en Cu mesurées à 3 profondeurs (station St 16 du port) depuis 2007

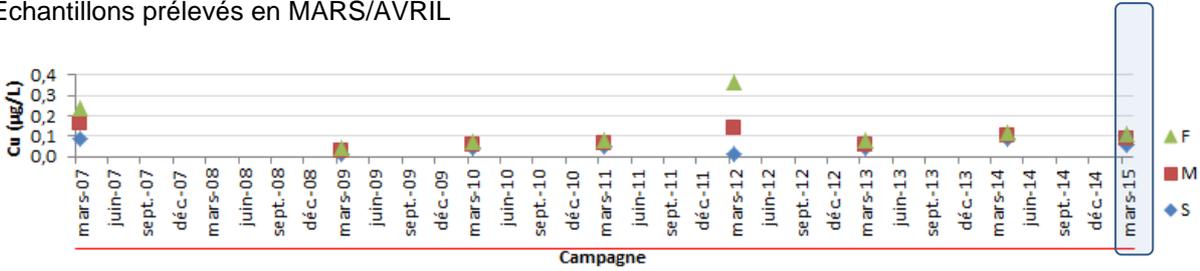
Le trait rouge est la limite de quantification



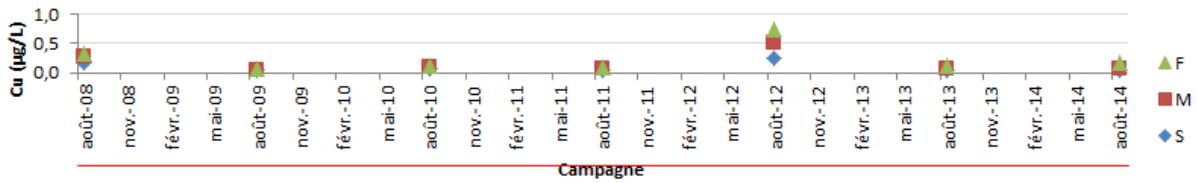
La dispersion des données est accentuée car les saisons sont confondues ce qui provoque un biais en raison des variations météorologiques influentes, une meilleure homogénéité des conditions météo lors des prélèvements est nécessaire. Si l’on sélectionne les données dues aux échantillons prélevés uniquement en mois de mars /avril, ou bien aout, on obtient :

Figure 30 : Concentration en Cu mesurées à 3 profondeurs (station St 16 du port) depuis 2007

Echantillons prélevés en MARS/AVRIL



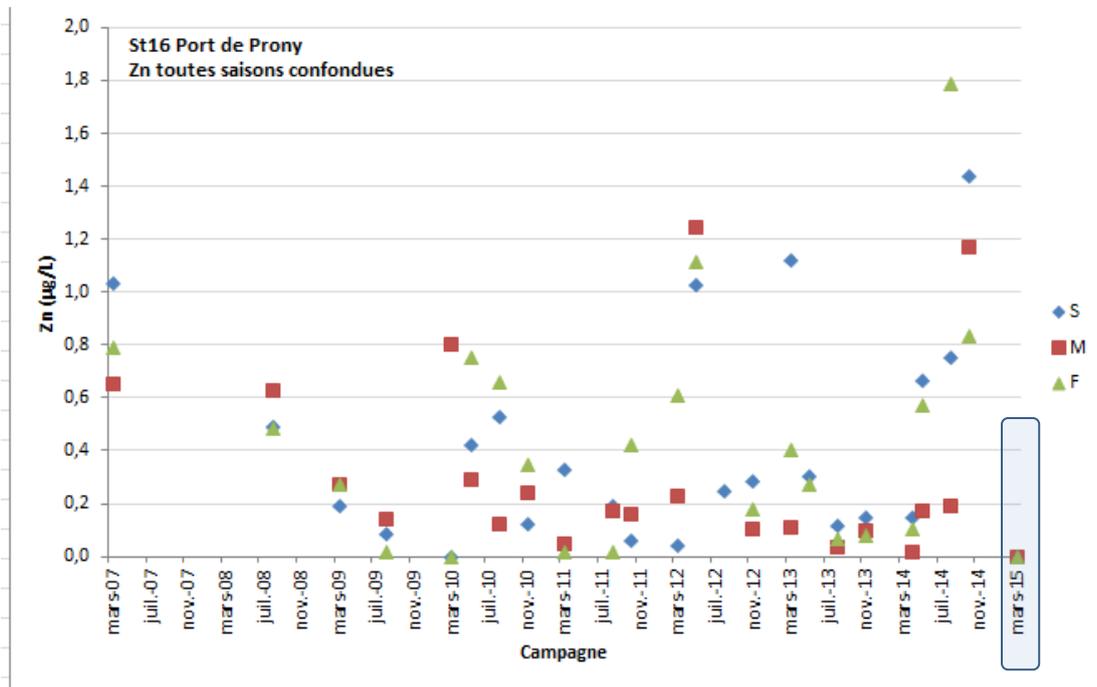
Echantillons prélevés en AOUT



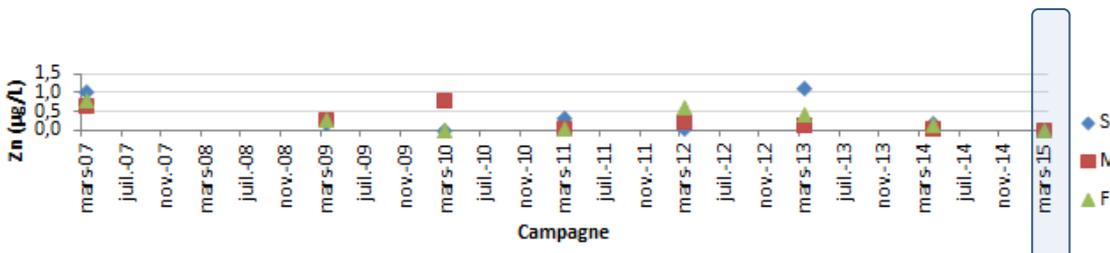
Un développement plus poussé est donné dans le chapitre annuel consacré au port de Prony qui fait l'objet d'un suivi trimestriel.

Pour le Zn une grande dispersion des données est courante sur d'autres stations.

Figure 31 : Concentration en Zn mesurées à 3 profondeurs (station St 16 du port) depuis 2007



Si l'on ne sélectionne que les échantillons prélevés en mars :



Le premier semestre 2015 ne montre aucune élévation des concentrations en Cu ou Zn dissous au niveau du port de Prony.

Au niveau des métaux indicateurs terrigènes : Ni, Co Cr, Cr (VI), et Mn

Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexavalent (Cr(VI)), chrome total (Cr-total), manganèse (Mn) et nickel (Ni) se distribuent selon un gradient côte-large bien défini. On notera, par ailleurs, une corrélation significative des concentrations pour Co, Cr(VI) et Ni qui sont des indicateurs terrigènes du contexte géologique de la région.

De manière plus détaillée, les stations du Canal de la Havannah sous influence océanique (St02, St05, St07, St09 et St21) se différencient nettement des stations de baies influencées par les apports terrigènes (St03, St06, St15, St16, St18 et St19). Autour de l'île Ouen et au niveau du Port de Goro, les niveaux de concentrations sont intermédiaires (St13, St20 et St14). Les concentrations aux stations influencées par les apports terrigènes mettent en évidence une distribution verticale prononcée dues aux eaux douces de surface.

Remarquons que la station du canal Woodin St 20 (qui possède des caractéristiques spécifiques hors zone d'influence de VNC) ne présente pas une concentration en Cr VI qui soit au-delà de ce qui est attendu de façon cohérente avec sa position géo morphologique.

Tableau 25 : Concentration en métaux dissous en microgrammes/L.MARS 2015.

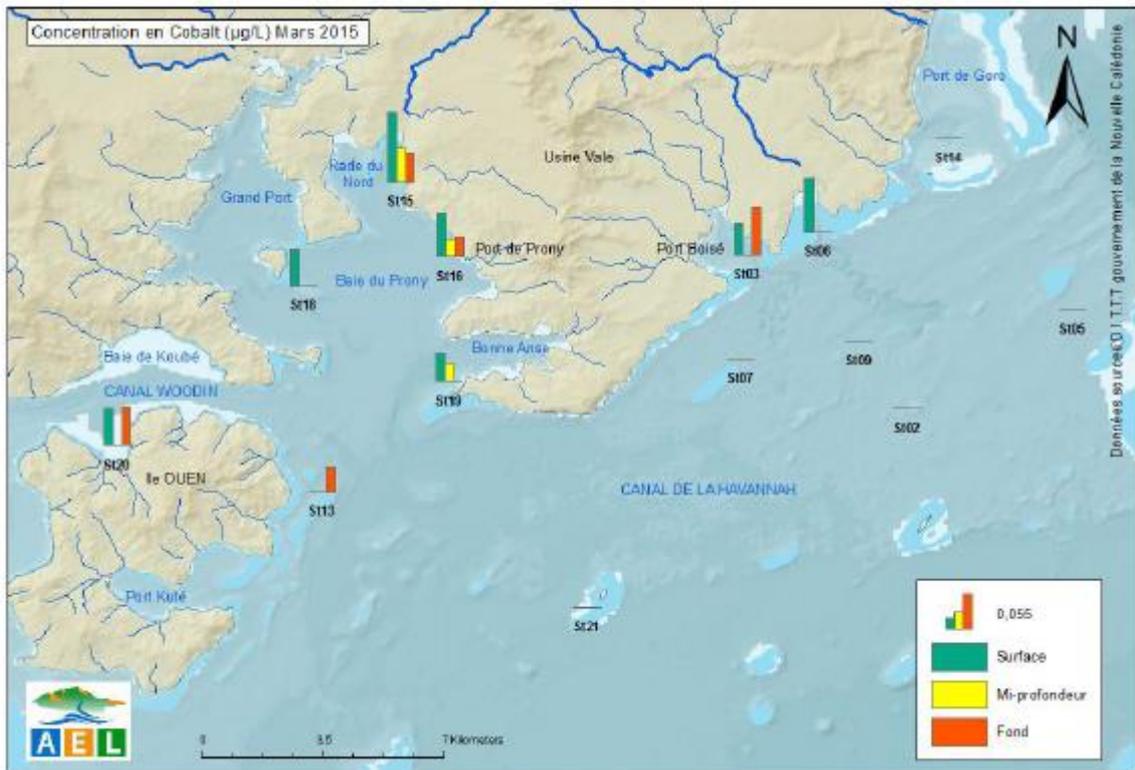
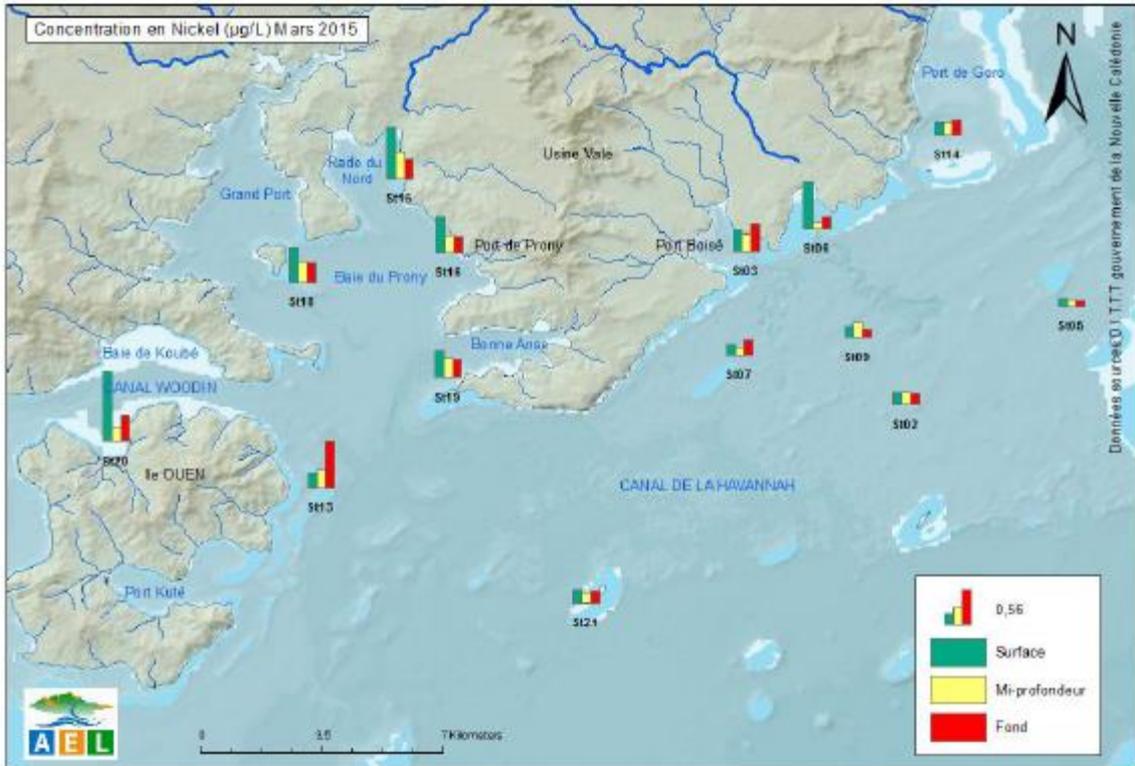
Zone d'étude	Statistique	As (µg/L)	Cr ^{VI} (µg/L)	Cr-total (µg/L)	Co (µg/L)
2015. Canal de la Havannah	Minimum	1,40	0,115	0,127	<0,027
	Maximum	2,50	0,144	0,203	<0,027
	Moyenne	1,87	0,127	0,166	<0,027
	Ecart-type	0,32	0,008	0,023	NA
	CV (%)	1	7	14	NA
Baie Canal	Minimum	1,50	0,124	0,172	<0,027
	Maximum	2,40	0,243	0,334	0,086
	Moyenne	1,95	0,154	0,207	0,029
	Ecart-type	0,31	0,035	0,052	0,033
	CV (%)	1	23	25	114
Baie du Prony	Minimum	1,50	0,129	0,196	<0,027
	Maximum	2,40	0,325	0,344	0,111
	Moyenne	1,80	0,201	0,244	0,044
	Ecart-type	0,30	0,058	0,048	0,027
	CV (%)	1	29	19	62
Ile Ouen	Minimum	1,30	0,134	0,164	<0,027
	Maximum	1,70	0,190	0,217	0,061
	Moyenne	1,47	0,166	0,195	0,031
	Ecart-type	0,14	0,021	0,022	0,026
	CV (%)	1	12	11	83

Zone d'étude	Statistique	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	<0,025	0,045	0,057	0,088
	Maximum	0,048	0,201	0,292	0,239
	Moyenne	<0,025	0,112	0,169	0,171
	Ecart-type	NA	0,051	0,070	0,045
	CV (%)	NA	46	41	26
Baie Canal	Minimum	<0,025	0,037	0,061	0,104
	Maximum	<0,025	0,243	0,992	0,755
	Moyenne	<0,025	0,117	0,357	0,309
	Ecart-type	NA	0,057	0,264	0,197
	CV (%)	NA	49	74	64

Les données brutes intégrales semestrielles des concentrations en métaux pour ce suivi semestriel de la qualité de l'eau de mer sont données en annexe de ce rapport. Les résultats des tests AQCQ sont fournis dans la même annexe.



Figure 32 : Concentrations en Ni et Co en sur toutes les stations en MARS 2015



Co et Ni sont des marqueurs qui signent les apports en eaux de surface, en baie de Port boisé (non sous influence d'un bassin versant sous activité minière) comme en baie Kué (sous influence de la mine de Goro) tout comme en baie du Prony et dans la vaste baie de Goro ou baie Iré. Les concentrations en Ni et Co dans le canal sont très faibles, comme attendu.

Mn : La carte suivante montre la distribution spatiale des concentrations en **manganèse Mn** sur toutes les stations en MARS 2014. Les mêmes conclusions sont observées, cet indicateur terrigène est en très faible concentration dans le canal en saison sèche, comme en saison pluvieuse.

Aucune augmentation de manganèse Mn dans le canal de la Havannah dans la zone proche du diffuseur



Figure 33 : Concentrations en Mn sur toutes les stations MARS 2015

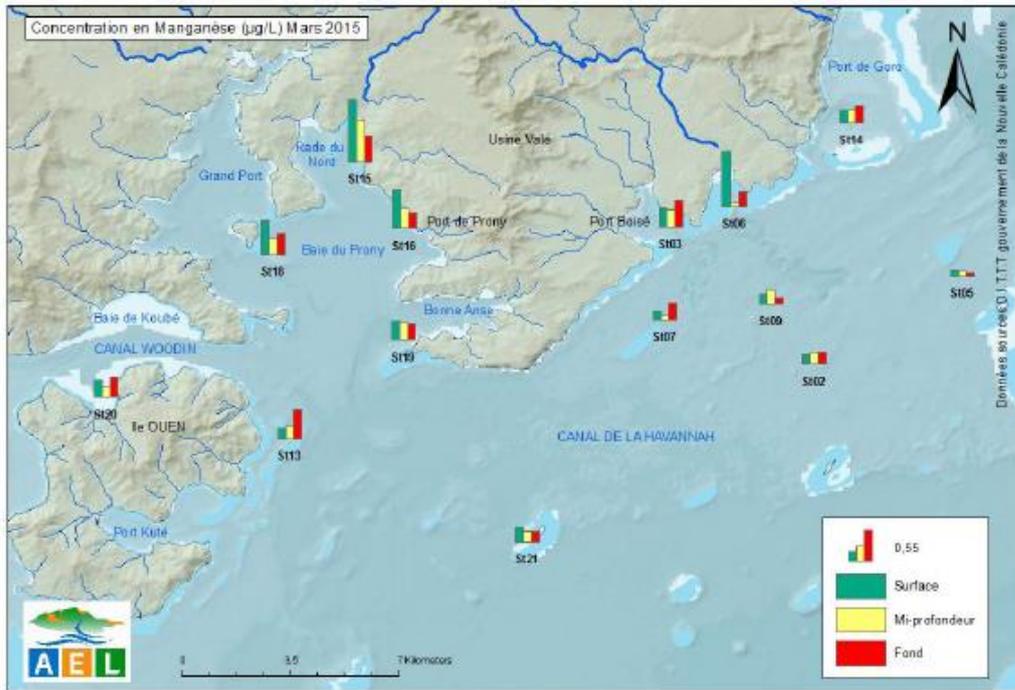


Figure 34 : Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en MARS 2015

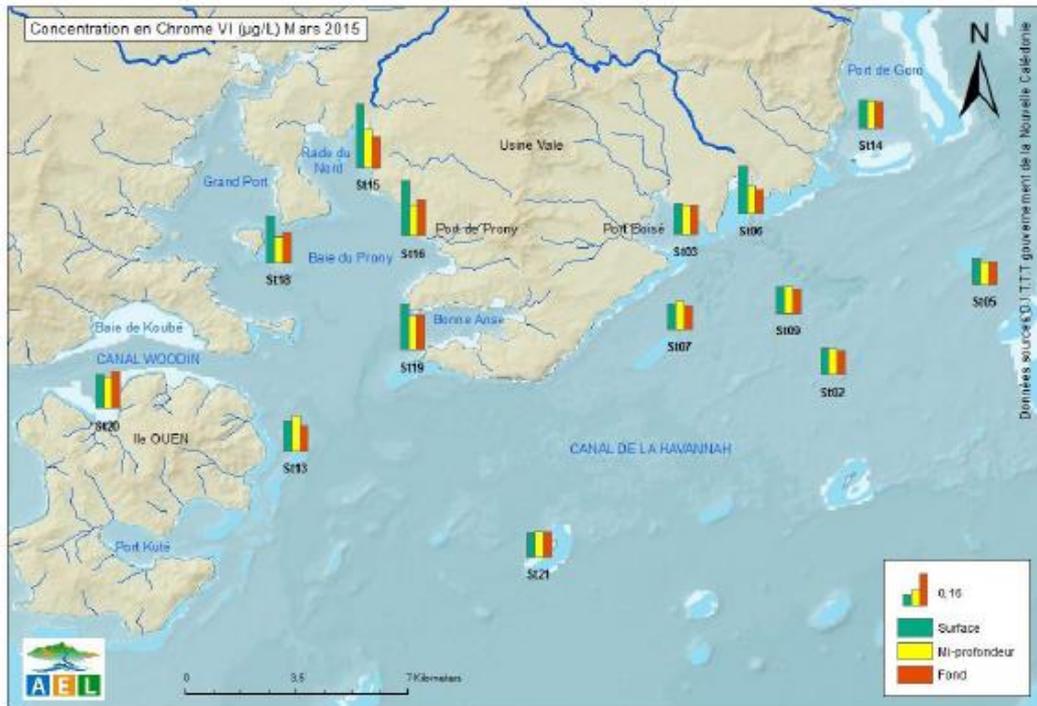
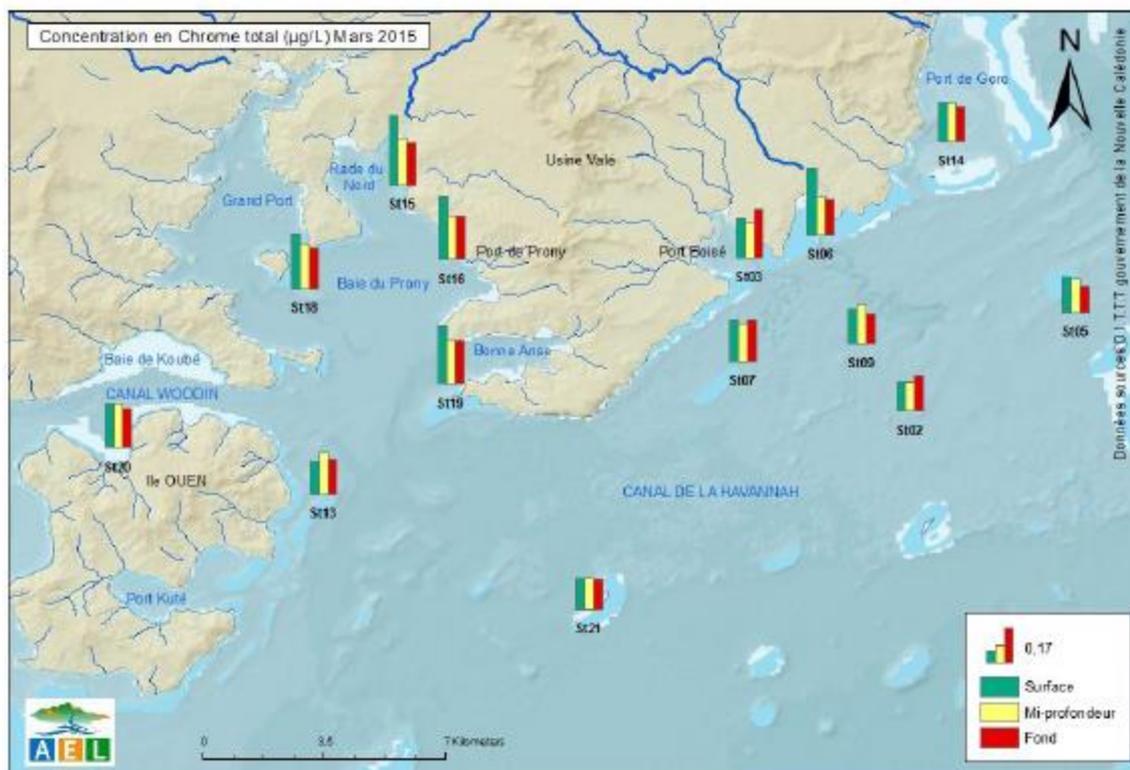


Figure 35 : Concentrations en Cr total sur tous les stations en MARS 2015


Remarque : Les suivis avec des indicateurs intégrateurs sont à coupler avec ces données ponctuelles, pour une analyse des résultats,

Le chapitre suivant est crucial car il s'agit de l'analyse de l'évolution des paramètres au fil des missions effectuées. En effet il est important de raisonner non pas en photographies d'un instant t: l'état ponctuel est très dépendant du fond géologique et géographique ainsi que de la météorologie et courantologie sur l'hydro région concernée ; mais en évolution des pressions en corrélation constante avec les évènements climatiques extrêmes et intenses sous les tropiques.

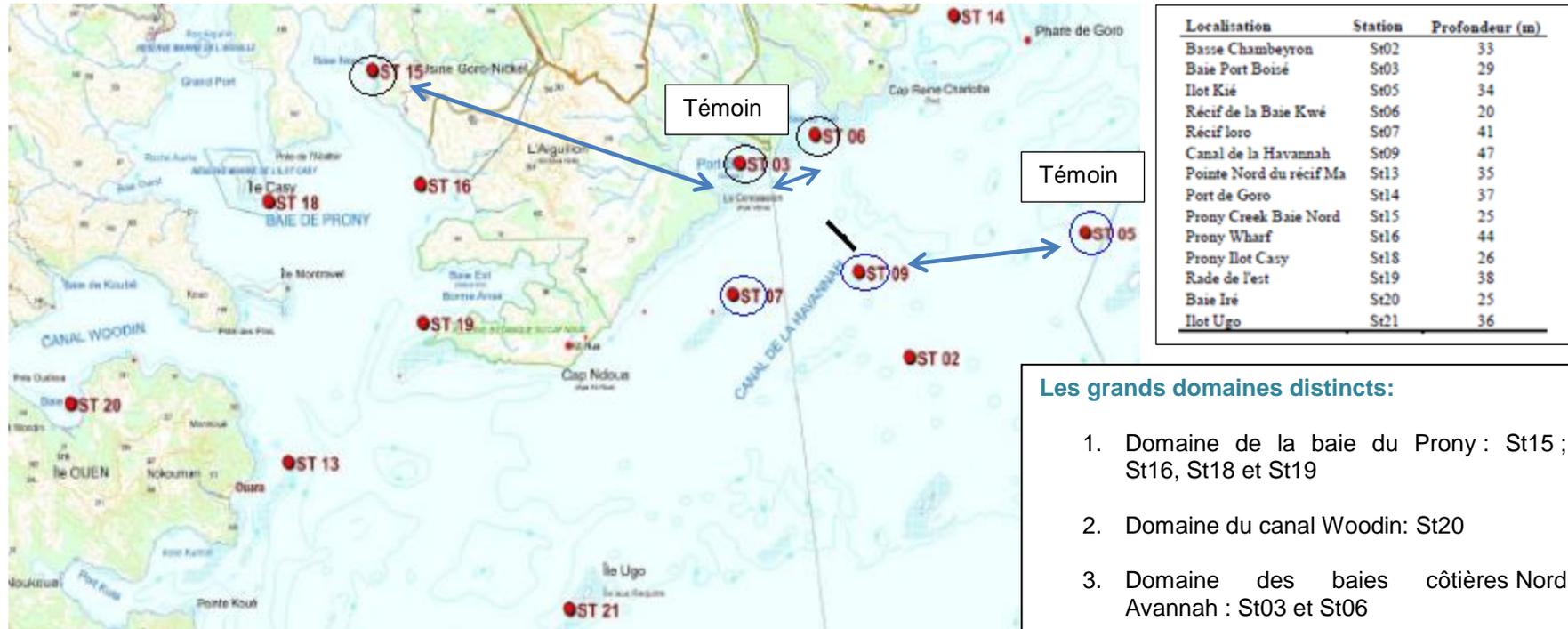
Analyse temporelle des fluctuations des paramètres

Les stations sentinelles présentées ici pour cette analyse temporelles sont :

- St 15 : Baie du Prony Rade Nord
- St 06 : Baie Kwé (sous influence VNC)
- St 03 : Baie de Port boisé (son « homologue » hors influence minière
- St 09 : Proche de la zone du rejet effluent marin- Canal de la Havannah
- St 07 : Canal de la Havannah au Sud du rejet de l'effluent
- St 05 : Témoins canal de la Havannah sous influence marine

Si possible allant par paires comme 1 station sous influence VNC et son homologue hors influence

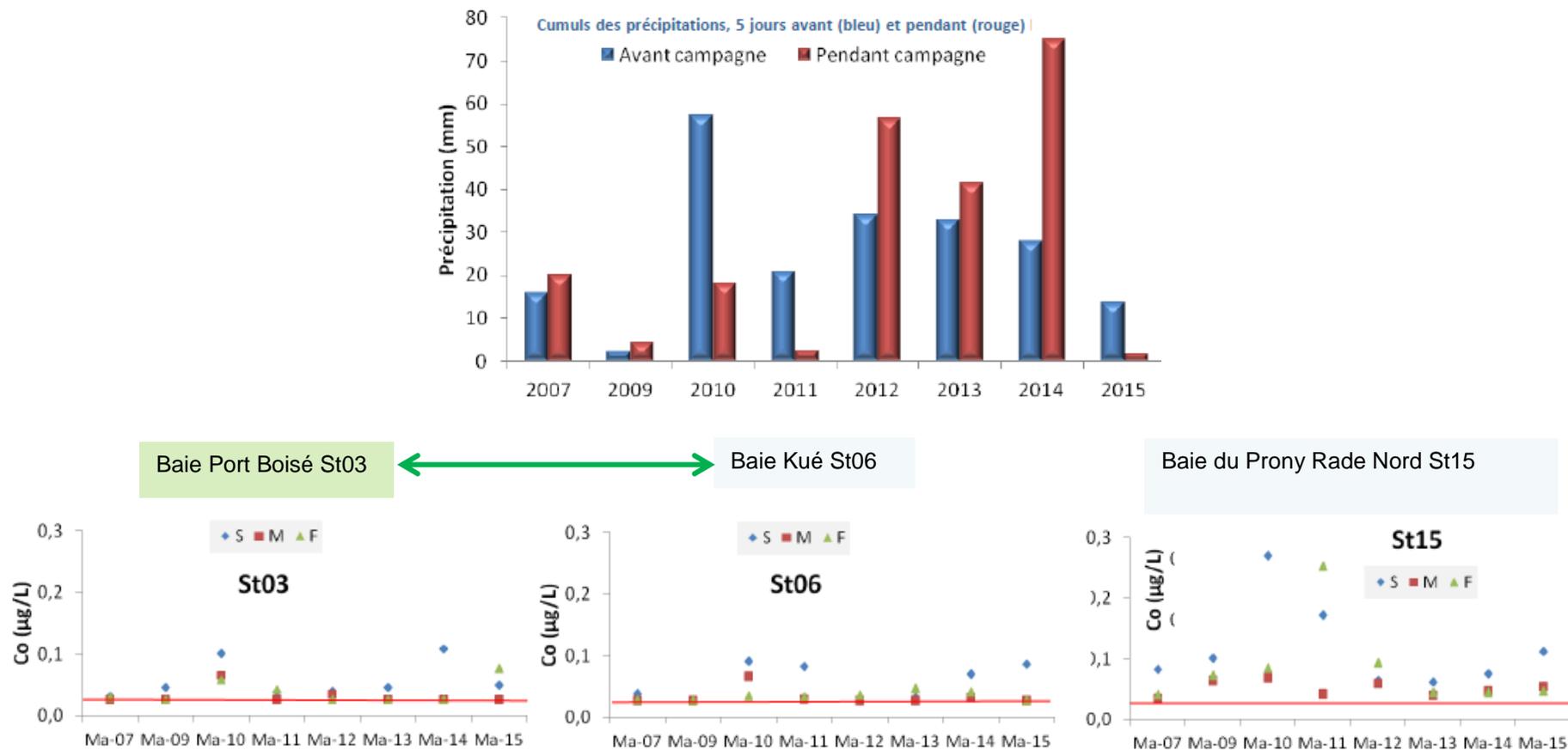
Figure 36: Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies



Les figures suivantes présentent l'évolution temporelle des concentrations en métaux
Entre 2007 et 2015

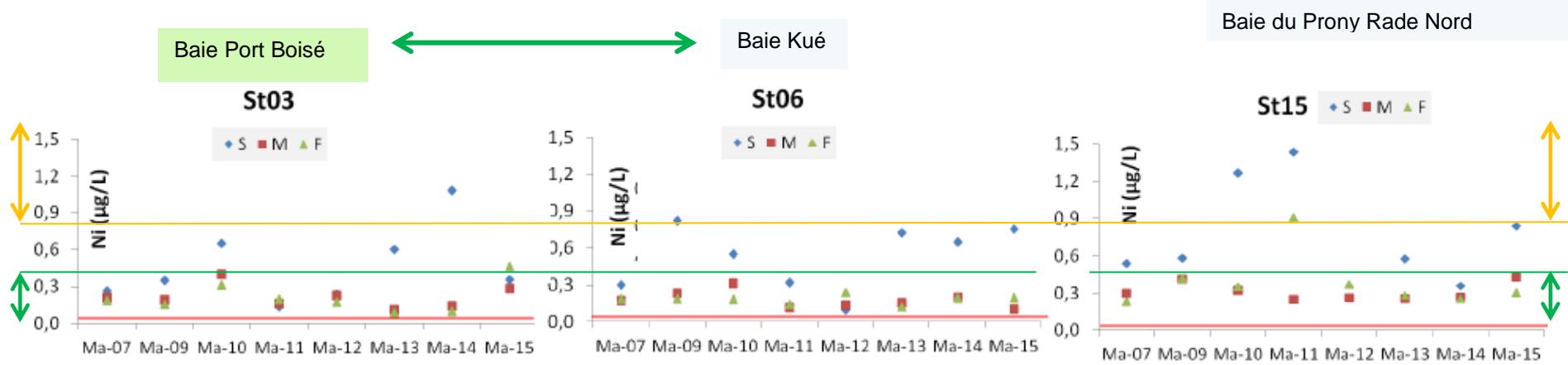
Sur des stations sélectionnées comme sentinelles et si possible allant de pair comme station sous influence VNC et son homologue hors influence

Figure 37 : Evolution des concentrations en Cobalt (Co) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS) (S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond), et rappel de la pluviométrie lors de la campagne d'échantillonnage



Le trait rouge représente la limite de quantification ; à titre indicatif ne faisant pas office de seuil, en vert la concertation donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé et en orange la zone de perturbation si valeur supérieure (anthropique ou autre cause) d'après le guide du CNRT / ZoNeCo 2011. Quand cette indication existe (elle est présente en fiche 9 du guide pour Cr(VI), Mn et Ni)

Figure 38 : Evolution des concentrations en Nickel (Ni) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS)



Le trait rouge représente la limite de quantification. A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé et en orange la concentration indiquant une perturbation si valeur supérieure (anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo 2011. (Ces indications ne sont données que pour le Ni, le Mn et le Cr (VI), de plus le guide est en cours d'optimisation).

Figure 39 : Evolution des concentrations en Manganèse (Mn) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS)

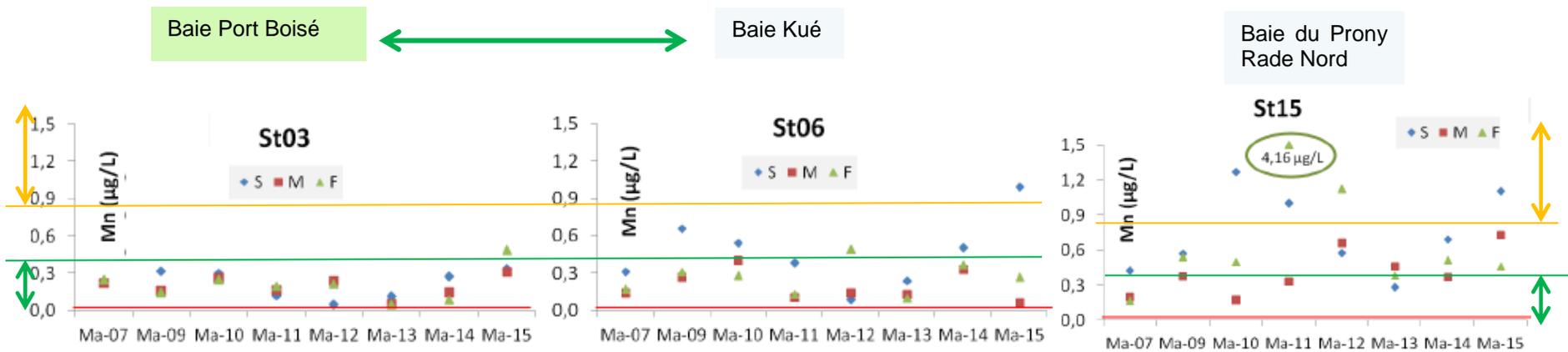
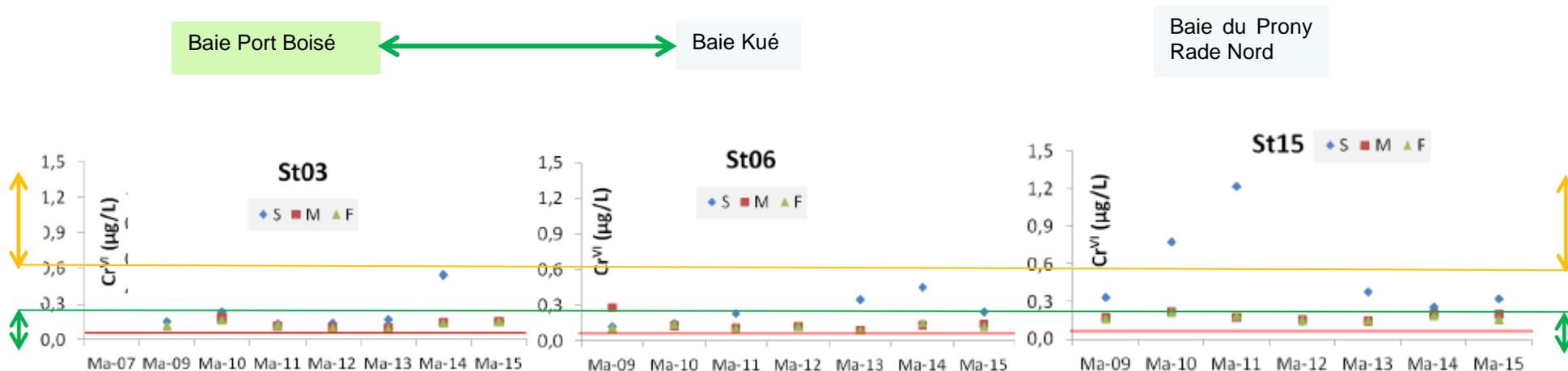
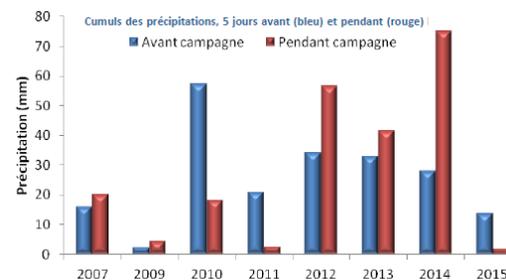


Figure 40 : Evolution des concentrations en Chrome hexavalent (Cr VI) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS)



Au niveau de l'île Ouen et de la station Témoins St 20 (hors influence Vale NC) dans le canal Woodin, l'évolution temporelle est présentée sur les graphes suivants, pour les relevés 2009/2014 en saison S1 (Mars Avril) et en saison S2 fraiche (aout).

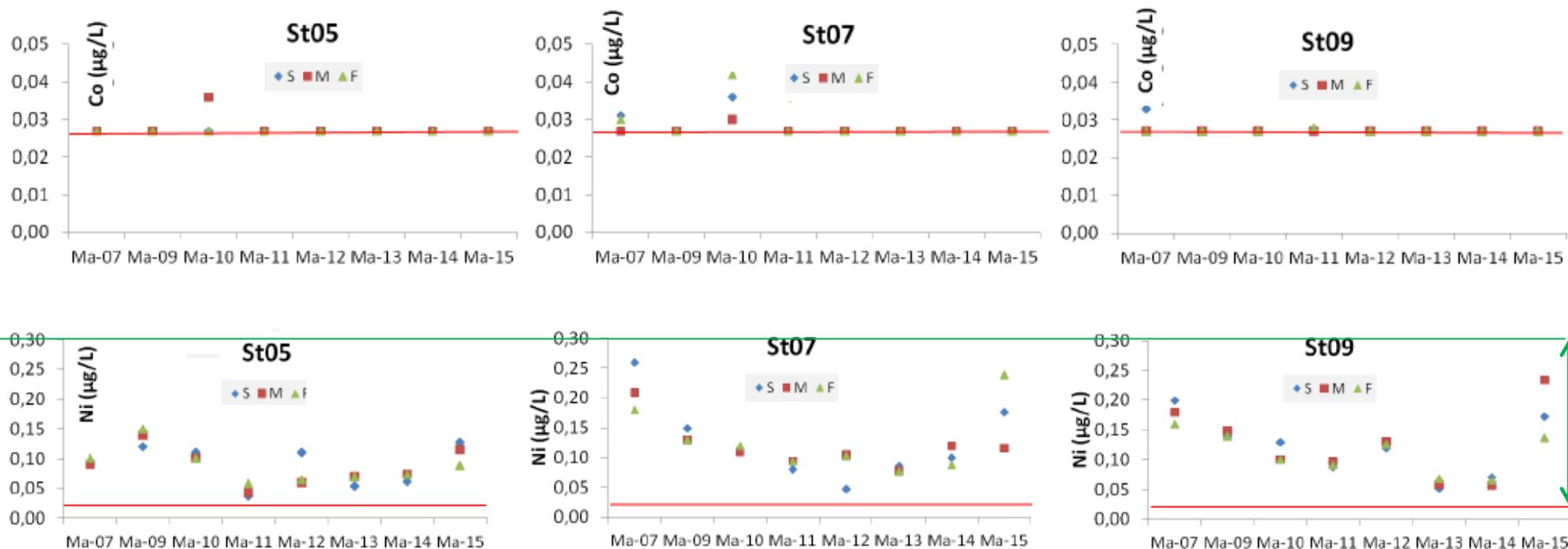
Le trait rouge représente la limite de quantification. A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : **en vert la concertation donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé** et **en orange la concentration indiquant une perturbation pour une valeur supérieure** (anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo 2011.



Rappel pluviométrique durant les campagnes de prélèvements :

Figure 41 : Evolution des concentration en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2015 – Saison chaude (MARS)

Cobalt (Co) et Nickel (Ni)



Le trait rouge représente la limite de quantification. A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concertation donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé d'après le guide CNRT et en orange la concentration indiquant une perturbation pour toute concentration supérieure (anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT

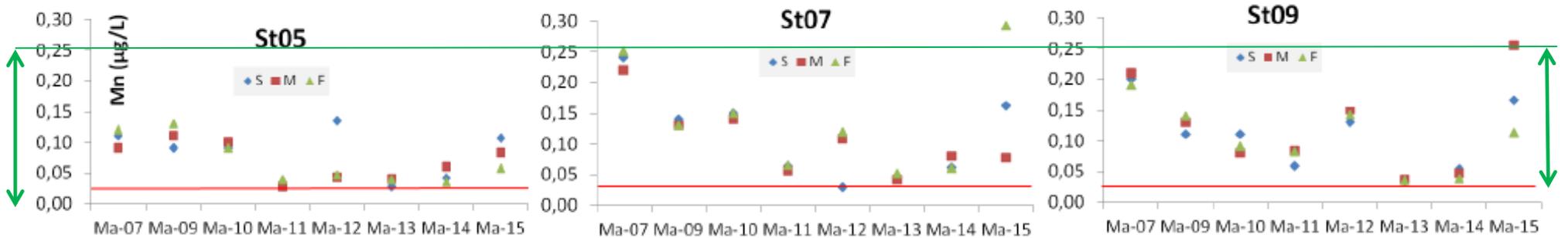
Figure 42: Evolution en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2014 – Saison chaude (MARS)

Manganèse (Mn) et Chrome VI (Cr VI)

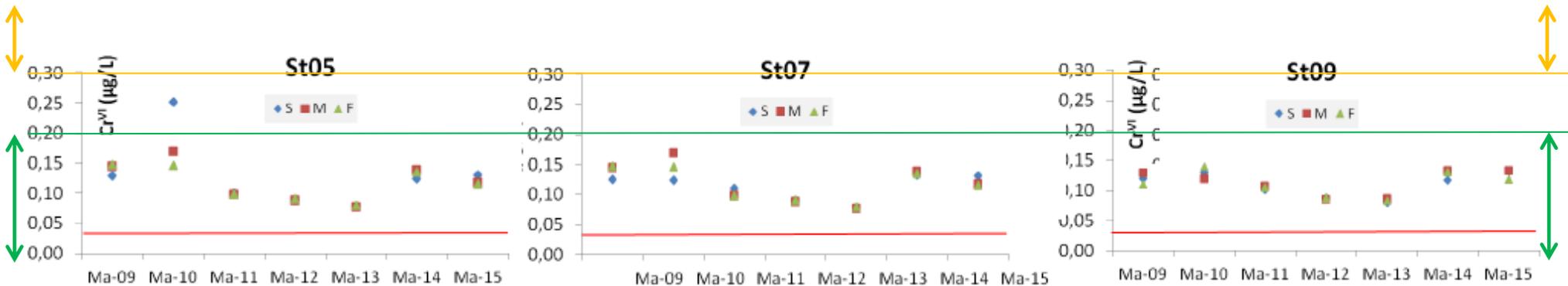
Témoins Canal Havannah près réserve Merlet influence marine forte

Canal Havannah Sud-Ouest émissaire

Canal Havannah Proche rejet effluent traité



Le trait rouge représente la limite de quantification. A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concertation donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé d'après le guide CNRT et en orange la concentration indiquant une perturbation pour toute concentration supérieure (anthropique ou autre cause Comme un cyclone) d'après le guide du CNRT.



CONCLUSION : (SUIVI QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DE L'EAU DE MER S1/2015°)

Au cours de la campagne du premier semestre 2015, 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 sont disponibles à l'annexe 2 de ce document.

3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

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

Les missions de suivi du premier semestre 2015 se sont déroulées en MARS 2015

Tableau 26 : RAPPEL : Caractéristiques et position des stations et de leurs transects et carte associée

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 en m		
				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

Figure 43 : Rappel de la position des stations de suivis écosystémiques et de leur distance au diffuseur d'effluent traité (la station Ugo n' est pas indiquée, comme la station très éloignée dans le canal Woodin)



3.2.3.1. Rappels des évènements météorologiques d'influence sur les écosystèmes

Il convient de se remémorer qu'en janvier 2011 le **cyclone Vania** (450.6mm en 24 h sur la mine) et de forts épisodes dépressionnaires (**dépression Zélia**) avaient affecté le milieu en laissant des traces significatives sur les écosystèmes notamment les récifs coralliens des *transects* les moins profonds. En 2013 deux épisodes météorologiques forts (exceptionnels car de récurrence supérieure à 10 ans) ont eu lieu : le **cyclone Freda** le 2 janvier 2013 et le **très fort épisode pluvieux du 2 juillet 2013**.

- **En mars 2011** : Après **Vania et Zélia**, il a été observé des modifications dans la composition des biocénoses benthiques. Des dégradations mécaniques dues au fort hydrodynamisme étaient 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, notamment dans la baie du carénage qui est une zone témoins. Les populations de poissons quant à elles n'indiquaient pas un effet du passage de ces dépressions ; densité, biomasse et diversité étaient en augmentation.

8 mois après Zélia, 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 2011. L'étude de sa cinétique va au-delà d'un suivi industriel mais ces missions donnent de bonnes indications.

La couverture de cyanophycées n'avait pas profité de cet affaiblissement corallien.

Les récifs se stabilisent avec toutefois de nombreuses séquelles. Les « hydro régions » montrent des signes de résilience récifale différents, les récifs de la baie de Prony ont une résilience plus rapide. Concernant le canal de la Havannah, les signes d'améliorations sont également distincts mais les perturbations laissent de profonds stigmates.

La réponse de l'état de santé des colonies coralliennes aux perturbations est décalée. Lors des évènements dépressionnaires (début 2011), les colonies coralliennes de Prony et du canal Woodin ont été perturbées sur une plus longue période de temps (par les apports d'eau douce) mais avec un stress beaucoup moins brutal que la destruction mécanique induite par les agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah. Par la suite les conditions environnementale sont redevenues à la normale mais dans le canal de la Havannah les débris coralliens ont continué progressivement à dévaler la pente récifale au gré de la houle et du ressac. Ces perturbations ont induit une nouvelle phase de dégradation (plus faible que la précédente) sur les étages inférieurs des récifs avec des réactions en chaîne. La résilience des colonies du canal de la Havannah a paru plus difficile (plus lente) que celles en Baie du Prony et dans le canal Woodin

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.

- **La dépression Freda du 2 janvier 2013 (438.4 mm en 24 h à l'usine)** : le suivi du premier semestre 2013 enregistre ses conséquences. (Remarque : Une mission spéciale a été conduite en baie du Prony pour mieux suivre l'impact et la résilience des coraux inféodés aux hydro-régions de fonds de baie et qui subissent de forts apports d'eau douce et de sédiments, il s'agissait du 6^{me} suivi de ce type en baie du Prony, en 2014 ce sont 8 suivis de ce type ont été effectués).
- **La pluviométrie et les inondations exceptionnelles du 2 et 3 juillet 2013** (Pluies : maximum de **540 mm / 24 h sur la plaine des lacs**. Sur le plateau de la mine Goro **470mm/24 h et 103mm/1 h**) entraînent à nouveau des conséquences non pas mécaniques mais par apports d'eau douce et de sédiments dans les baies ; des missions d'évaluation supplémentaires font suite à cet évènement
- **2014 et 2015 n'ont pas connu d'évènements météorologiques intenses de cette ampleur.**

3.2.3.2. Bilan des observations par station suivie (au premier semestre 2014)

La baie du Prony
► La station ST01 (Casy Sud)

- Biodiversité corallienne importante et en croissance (**111 espèces dont 102 espèces scléactiniaires**)
- Recouvrement corallien de **14,5 %** sur le transect A et de 5,5 % en B. En croissance. Le transect B, sur 10m quasi abiotique est peu significatif, il n'y a pas de 3eme transect C car la zone est abiotique.
- Blanchissement faible (12 /102 espèces de scléactiniaires et 1,5% de la surface totale observée) et il ne se manifeste que sur des colonies isolées.
- Croissance des *Pocillopora damicornis* : croissance moyenne :1.86 cm / 5.5 mois
- Absence des *Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*.
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis* (ciblée comme éventuellement envahissante)
- Poissons : Densité **1,75 poissons/m²** pour une biomasse de **30,37 g/m²**. (En hausse).
- Cette station qui était jusqu'à la fin de 2013 assez pauvre, présente depuis mars 2014 des valeurs en hausse et hausse très forte hausse lors de cette dernière mission. Comme lors des dernières missions, l'eau était claire et on voyait à plus de 20 m au lieu de 6 à 8 m à l'ordinaire, ce « biais » est bien notifié.

► La station ST02 (Creek Baie Nord)

- Cette station a la richesse spécifique corallienne la plus importante des stations de la baie de Prony (**128 espèces coralliennes dont 121 espèces de scléactiniaires**).
- La sédimentation est très importante mais les espèces sont adaptées à ce milieu, surtout en profondeur sur le transect B
- Le recouvrement corallien de **43,5 %** (le plus élevé pour cette mission) en A et 24 % en B, légèrement en hausse.
- Blanchissement corallien faible (8/121 espèces de scléactiniaires et 1.25% de la surface)
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*
- Peu de cyanobactéries
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est important mais reste stable, elle est surveillé pour son éventuel caractère envahissant
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité de **1,06 poissons/m²** pour une biomasse de **45,06g /m²**. La biomasse élevée lors de la mission précédente était due à un banc de *Caesio cuning*, La biomasse et la densité ont repris des valeurs habituelles. Cette station est plus foisonnante de vie qu'elle ne l'était précédemment aux dire des experts.
- Il y a toujours beaucoup de poissons juvéniles.

► La station ST03 à l'Est du port de Prony

- Biodiversité corallienne importante (**122 espèces dont 117 de scléactiniaires**)
- Recouvrement corallien de 4 % en A, **30 %** en B et 11 % en C
- Blanchissement corallien faible (19/117 espèces de scléactiniaires et 0.87% de la surface totale observée) et il se manifeste sur des colonies isolées
- Dépôt sédimentaire sur quelques colonies coralliennes
- Absence de *Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est important mais reste stable
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité de **1,56 poisson/m²** pour une biomasse de **9,21g/m²**. Tous les indicateurs sont au-dessus de la moyenne et en augmentation. Ce sont les *Caesio sp.* et les *Pomacentrus aurifrons* qui participent surtout à la densité et à la biomasse de cette station.

Stations du canal de la Havannah

Les dégradations sont importantes pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques, tout d'abord en surface puis elles se propagent plus en profondeur par éboulis consécutifs (Ex: sur Ionontea). Si les récifs sont régulièrement soumis à un fort ressac, à la houle et aux courants de marée, alors les espèces sont adaptées et résistent mieux aux perturbations dépressionnaires (c'est le cas de la station sur **le banc Kié ST09** qui est exceptionnelle par la force hydrodynamique qui façonne son écosystème).

► La station en réserve Merlet (ST10 îlot Kié)

Elle reste exceptionnelle au niveau du corail et des poissons, cependant étant située dans une réserve intégrale elle ne peut pas être une station Témoins de comparaison avec les autres stations de suivis. Elle incite aussi à relativiser un avis prompt sur la santé globale d'un écosystème en fonction de 1 ou 2 indicateurs négatifs, par exemple ST10 montre la maladie du corail de la bande blanche, des cyanophycées et des algues, la présence de Drupella Etc. qui sont considérés comme des indicateurs « de mauvaise santé », mais en fonction de leur intensité de développement et tout en considérant que leur présence est globale, tel un bruit de fond des récifs.

- La biodiversité corallienne est la plus importante (**148 espèces dont 139 espèces scléactiniaires**) de l'ensemble du réseau de suivi biologique
- Le recouvrement corallien est de 43 % en A, 42 % en B (pour ces 2 transects, parmi les taux les plus élevés de cette mission) et 9 % en C
- Le blanchissement a augmenté surtout en nombre d'espèce (31/139 espèces de scléactiniaires et 1.33% de la surface totale observée) et il se manifeste sur des colonies
- Maladie de la bande blanche présente
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Présence de *Drupella cornus* (abondance importante)
- Le recouvrement des cyanobactéries modéré. Elles colonisent les colonies coralliennes mortes
- Développement modéré de l'algue brune *Lobophora variegata*
- Poissons : Richesse remarquable d'un point de vue ichtyo faune : densité **5,44 poissons/m²** pour une biomasse **795,17 g/m²**.

► La station côtière ST08 (Puka)

Elle était dégradée depuis la mission de mars 2011 (tempête tropicale Vania) puis lors des fortes dépressions de 2013 (> 500mm/24 h pluie en juillet 2013), en 2014 la résilience était bien amorcée. Cette station reste fragilisée.

- La biodiversité corallienne est importante (102 espèces dont 95 espèces scléactiniaires)
- Présence de nombreuses colonies coralliennes juvéniles en A et B
- Présence de nouvelles espèces coralliennes en B caractérisant un milieu turbide auquel elles sont adaptées
- La sédimentation augmente sur l'ensemble du récif frangeant compris entre les deux baies de port Boisé et de Kwé
- Dégradations mécaniques en A, colonies coralliennes retournées et/ou arrachées
- Recouvrement corallien de **26,5 %** en A et **3,5 %** en B
- Le blanchissement est faible et il ne se manifeste que sur des colonies isolées. (22/95 espèces de scléactiniaires et 1.35% de la surface totale observée)
- Absence de *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*. Présence de *Drupella cornus*
- Cynobactéries, tuff algal et Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* + Algue brune *Lobophora* mais sans *bloom*
- Poissons: densité **1.17 poisson/m²** pour une biomasse de **27, 59g/m²**. La valeur élevée du paramètre « nb ind. » est due à un banc de *Chromis viridis* et à un autre banc de *Caesio caerulea*. Toutefois, situés à 10 m environ du transect A il n'a pas beaucoup d'incidence sur la densité et la biomasse. En octobre 2014 les *Caesio*, plus près du transect, avaient beaucoup plus influencé ces deux paramètres. La biodiversité en poissons est importante.
- Les poissons ne sont pas un indicateur montrant une perturbation sur cette station. Le corail et les algues sont les indicateurs biologiques qui montrent la fragilité de cette zone à surveiller avec attention.

► Les stations dans le canal de la Havannah (ST05, ST06, ST07, ST09 et ST12)

Elles ne présentent aucune non-conformité à l'égard des 12 suivis précédents.

- Pas d'attaque d'étoiles de mer dévoreuses du corail
- *Transects* inférieures souvent peu représentatifs
- Bonne santé et richesse en ichtyofaune, surtout du banc Ionontea qui rivalise avec la réserve Merlet

► **La station ST06 d'lononlea :**

Elle est la plus proche du diffuseur (et dans la direction de la diffusion par marée montante) elle rivalise avec la réserve Merlet pour ses indices « poissons » très importants. Des indications montrant que c'est une de pêche sont notables.

- Présence d'une étoile de mer *Acanthaster planci*
- Très forte courantologie
- Densité des poissons : **3 poisson/m²** et Biomasse : **750 g/m²**.

- **Aucune espèce exogène n'a été observée**
- **Pas de menace par étoiles de mer dévoreuses du corail**

Autres stations et stations témoins

► **La station Toémo (ST11)**

Les conditions hydrodynamiques y sont soutenues, comme sur le banc Kié, elle est proche de la passe de Goro. Les cyclones l'affectent « de plein fouet »

Comme les autres stations, elle montre la maladie de la bande blanche, des cyanobactéries (en faible recouvrement), pas d'étoiles de mer corallivores, un *transect* inférieur qui récolte les débris d'effondrement...

- La biodiversité corallienne est importante (133 espèces dont 124 espèces scléactiniaires)
- Le recouvrement corallien est de 36,5 % en A, 25 % en B et 7 % en C
- Le blanchissement a augmenté
- Maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Présence de *Drupella cornus*
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis*, tuff algal et cyanobactéries présents
- Poissons : Sur l'ensemble des transects de la station, densité de **0,57 poissons/m²** pour une biomasse de **44,33 g/m²**.

► **La station du canal Woodin (ST04)**

- La biodiversité corallienne est importante (112 espèces dont 102 espèces scléactiniaires)
- Le recouvrement corallien est de 36 % en A, 24,5 % en B et 6,5 % en C
- Le blanchissement est faible. Maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Présence d'une *Acanthaster planci* et absence de *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*.
- Un dépôt sédimentaire sur colonies coralliennes et branche d'arbre
- Poissons : densité de **1,43 poissons/m²** et Biomasse de **263,90 g/m²**. Cette station présente une diversité exceptionnelle en *Acanthuridae*. Cette augmentation avait apparemment débutée au printemps dernier (2014a). Il est possible que le courant est, là aussi, révélé des présences ordinairement masquées. Toutes proportions gardées, les *Epinephelinae* ont également augmentés (près du double) et la plupart des autres familles présentent une diversité proche ou égale à leur maximum sur la période d'observation 2007-2014.

Remarque :

► La station du canal Woodin, hors zone d'influence d'activité anthropique, tout comme la station en réserve Merlet qui est d'une richesse exceptionnelle, présentent **la maladie corallienne dite « de la bande blanche »**, comme d'autres stations suivies. Cette maladie du corail est maintenant recherchée par le plongeur biologiste spécialiste, lors des suivis antérieurs à 2010 l'attention se portait moins sur cette particularité corallienne.

► Une station globalement en excellente santé ne présente pas une absence totale de stress, plus le suivi est finement réalisé par des spécialistes attentifs, et plus de maladies ou anomalies sont détectées, donc certains indices sont notifiés « en rouge » mais ces stress sont d'origine naturelle et n'indiquent pas un impact ou une menace anthropique. **L'état « originel » d'un écosystème n'est pas un état idéal parfaitement dépourvu de toute marque de stress.**

Les 12 stations sont décrites transect par transect dans le rapport intégral en annexe de ce bilan semestriel, ainsi que les données brutes.

Le DVD qui archive de façon filmée chaque transect inventorié est disponible sur demande .

3.2.3.3. Le code de l'environnement de la Province Sud et les espèces protégées rencontrées

Tableau 27 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude

Règne	Groupe	Taxon	Genre	Espèce	Nom commun
A	Mammifères	Cétacés	Tous genres	spp.	Baleine, Orque, Cachalot, Globicéphale, Dauphin
A		Siréniens	<i>Dugong</i>	<i>dugon</i>	Vache marine
A	Reptiles	Cheloniidae	<i>Chelonia</i>	<i>mydas</i>	Tortue verte
A			<i>Lepidochelys</i>	<i>olivacea</i>	Tortue olivâtre
A			<i>Eretmochelys</i>	<i>imbricata</i>	Tortue imbriquée
A			<i>Caretta</i>	<i>caretta</i>	Tortue caouanne (grosse-tête)
A			<i>Natator</i>	<i>depressus</i>	Tortue à dos plat
A		Demochelyidae	<i>Demochelys</i>	<i>coriacea</i>	Tortue luth
A	Poissons marins	Labridae	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	Napoléon
A	Mollusques	Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>tritonis</i>	Toutoute (conque)
A		Volutidae	<i>Cymbolia</i>	spp.	Volutes
A		Cassidae	<i>Cassis</i>	<i>cornuta</i>	Casque
A		Cephalopodes	<i>Nautilus</i>	<i>macromphalus</i>	Nautilé

Les espèces inscrites à la liste des espèces endémiques, rares ou menacées selon l'article 240-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud et potentiellement présentes dans la zone d'étude sont présentées tableau ci-dessus.

Un organisme appartenant à cette liste a été observé lors de cette mission sur un de la station ST07 (Basse chambeyron) : **un triton** dans le couloir du transect A

Par ailleurs, il arrive qu'aux alentours des stations, certains de ces organismes listés puissent être observés. Cela a été le cas cette fois ci :

- ST10 (lôt Kié) : **un napoléon**. C'est un habitué, qui fréquente un gros massif corallien situé à une vingtaine de mètres du transect du bas ;
- ST11 (Toémo) : **une tortue grosse tête** qui vient régulièrement croiser les plongeurs sur cette zone;
- En mer, de l'embarcation : **des tortues vertes sont régulièrement observées** lorsqu'elles viennent respirer en surface.

► Toutes les stations de ce suivi marin sont positionnées sur des **réefs coralliens dont la surface est supérieure à 100 m² : ces zones sont donc des « Ecosystèmes d'intérêt patrimonial »** selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud.

Aucune phanérogame marine n'a été observée sur les stations de la zone d'étude : il n'y a donc pas lieu de considérer ces zones comme des herbiers (classés comme Ecosystème d'intérêt patrimonial selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud).

► **La station ST10 est dans la réserve Merlet** qui fait partie du bien inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO

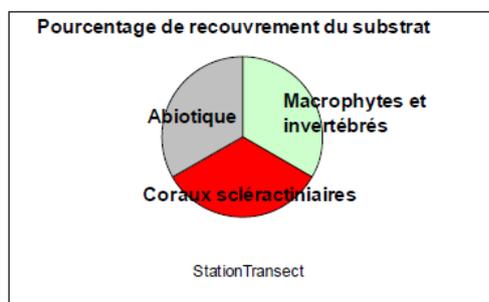
► Aucune espèce listée comme « exotique envahissante » au § IV de l'article 250-2 du Code de l'Environnement de la Province Sud n'a été observée lors de cette étude.

3.2.3.4. Comparaisons spatiales entre stations

De façon synthétique, il est possible de présenter les résultats de la mission de suivi du mois d'avril 2014 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

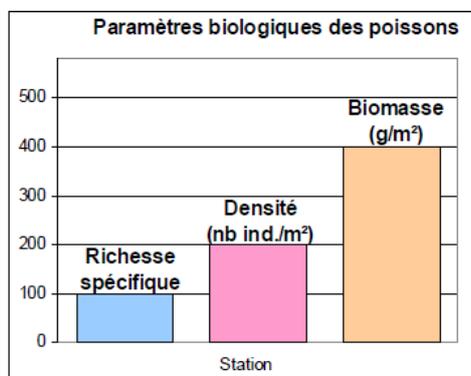
**Figure 44: Représentation cartographique – légende
(Carte intégrale sous forme de poster dans le rapport intégral)**



La légende de cette carte indique :

Le SUBSTRAT : camembert présentant le pourcentage

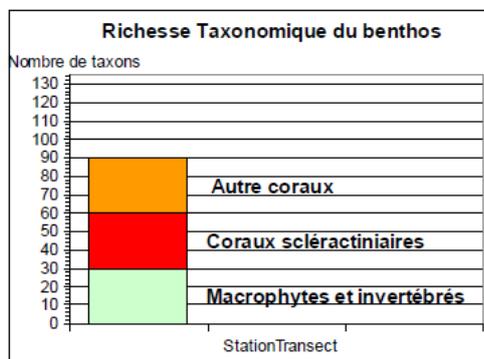
- Abiotique (en gris) du LIT sur chaque *transect* et à chaque station ;
- le pourcentage de coraux durs (Scléactiniaires) en rouge
- et les Macrophytes (algues) et Invertébrés.



Les POISSONS : histogramme présentant :

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

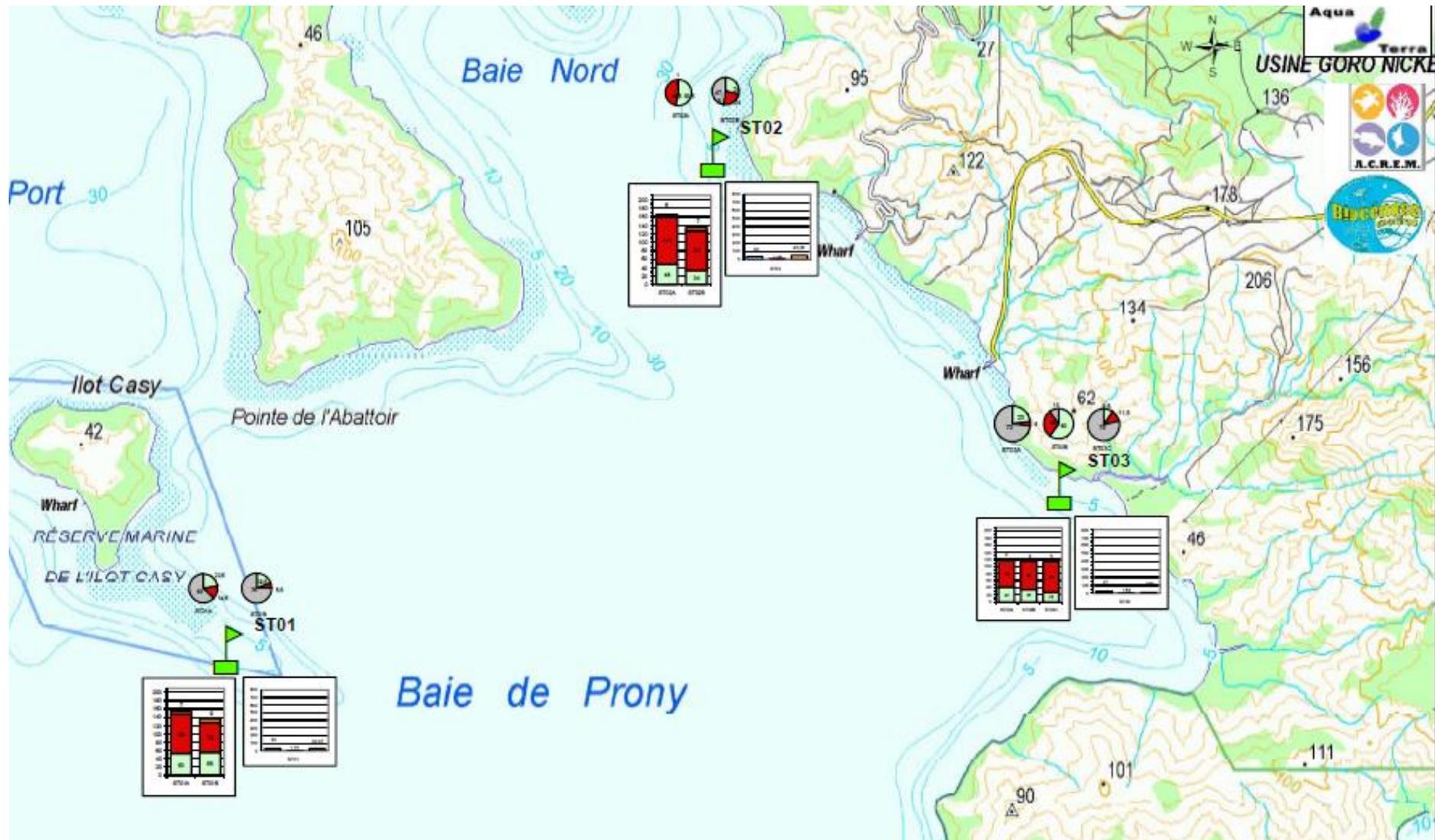
Sur liste restreintes réglementaires et par station.



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

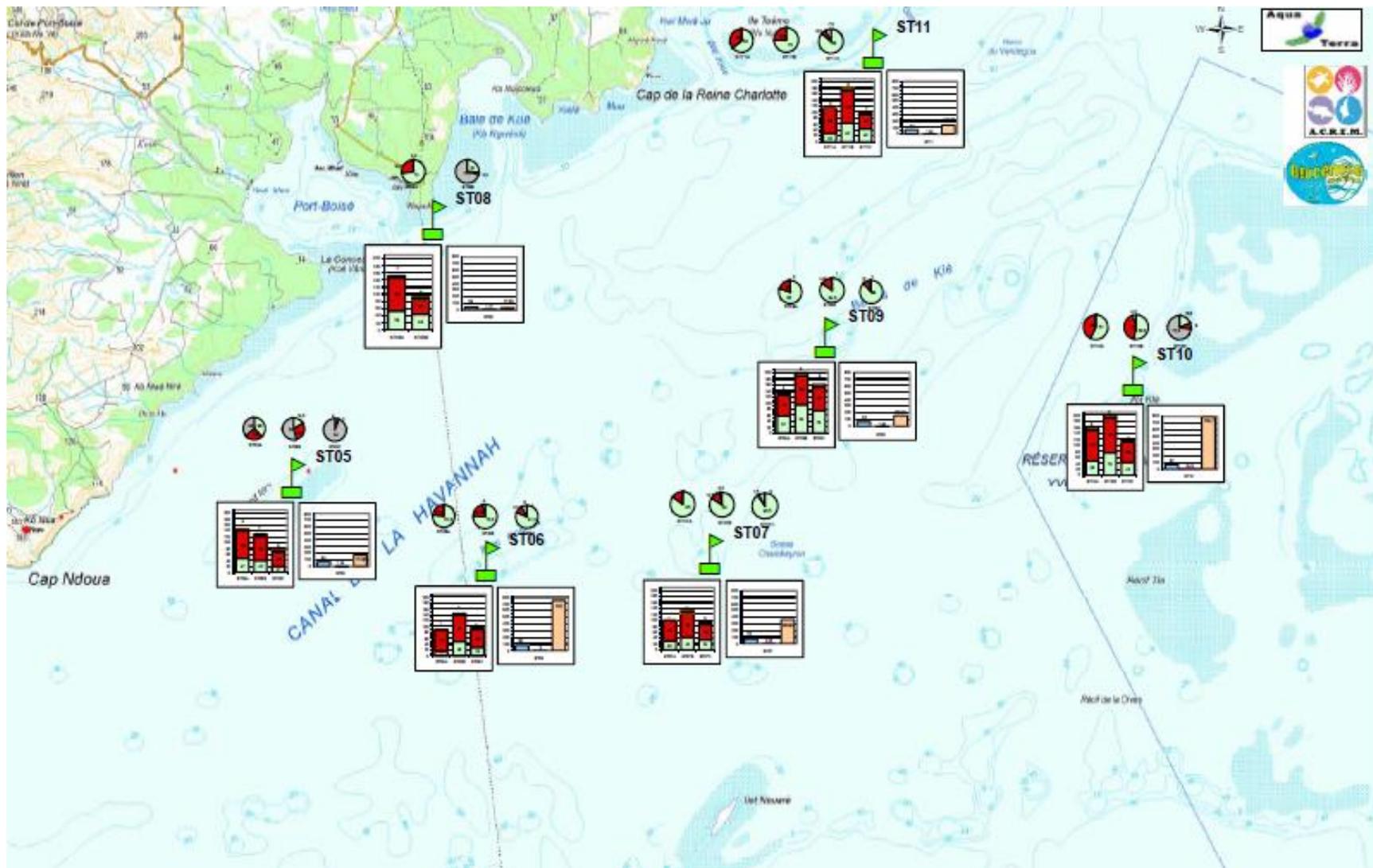
- les coraux durs (Scléactiniaires) en rouge,
- les autres coraux et les
- Macrophytes (algues) + autres invertébrés.

Figure 45 : Résultats de la campagne de suivi, MARS 2015 . Baie du Prony : Ilot Casy ST01, baie Nord /Creek baie Nord ST02 et Port de Prony ST03



(Carte intégrale sous forme de poster facilement lisible dans le rapport intégral, pages 244/245)

Figure 46: Résultats de la campagne de suivi, MARS 2015 (canal de la Havannah)



(Carte intégrale facilement lisible pour une comparaison spatiale de stations entre elles, sous forme de poster dans le rapport intégral, pages 244/245)

Les figures et le tableau suivants comparent les stations entre elles en ce qui concernent :

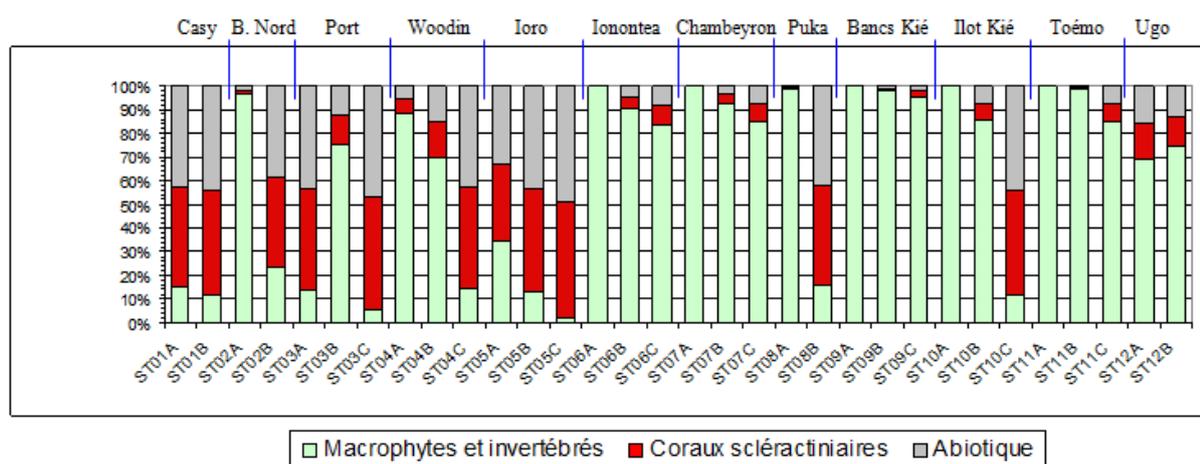
- 1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)
- 2)-Le benthos (sur couloirs fixes)
- 3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)

Figure 47 : SUBSTRAT

Comparaison entre stations pour le substrat, MARS 2015

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

► **Substrat** : 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 »)



Les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que celui des transects supérieurs (5 à 10 m de profondeur). Certains transects majoritairement abiotiques ou avec très peu de coraux durs continuent à être suivis, car réglementairement imposés mais leur valeur indicatrice est faible.

Remarque :

La méthodologie imposée et appliquée est celle du LIT. Cela signifie que sous un ruban fixe déployé sur x mètres de longueur, toujours exactement au même endroit car tendu entre des piquets fixes sous-marins, sous ce ruban exactement, le substrat est relevé en continu par le plongeur et il montre tel % de chaque item. L'ensemble de la ligne relevée atteint 100% du substrat.

A chaque suivi le plongeur retourne exactement entre les mêmes piquets, sous le même ruban et surveille le substrat sur ce même étroit couloir. Un film de chaque transect est archivé. Il est disponible sous forme de DVD sur demande ; L'évolution temporelle de ce couloir étroit est suivie à chaque mission comparativement aux précédentes.

Sur un même récif, une même zone, il suffit qu'un autre plongeur se trompe de piquet ou fasse un relevé 1 mètre plus loin et il pourra observer sous le ruban de grandes différences de % des items ciblés. Les plongeurs biologistes sont expérimentés et connaissent bien les stations, ils ne commettent pas cette erreur mais si le courant est fort le ruban peut osciller ou être un peu déporté. Les coraux ne sont pas d'une distribution large et homogène, ces biais entraînent des % de recouvrements qui peuvent varier.

Avec un même ruban bien placé le seul fait de faire passer deux plongeurs différents et d'expériences différentes a été testé et montre 15 à 20% de différences sur certains items, d'où la recommandation des experts de fidéliser les échantillonneurs et, le plus possibles, de ne pas sous-traiter ce travail de plongée à d'autres personnes que celles qui effectuent le rapport avec les analyses des résultats.

Pour le benthos le couloir est plus large que sous un ruban, 100m², mais le principe est le même, le couloir est fixe et le déplacer de quelques mètres ferait varier les résultats même sur un même récif donné.

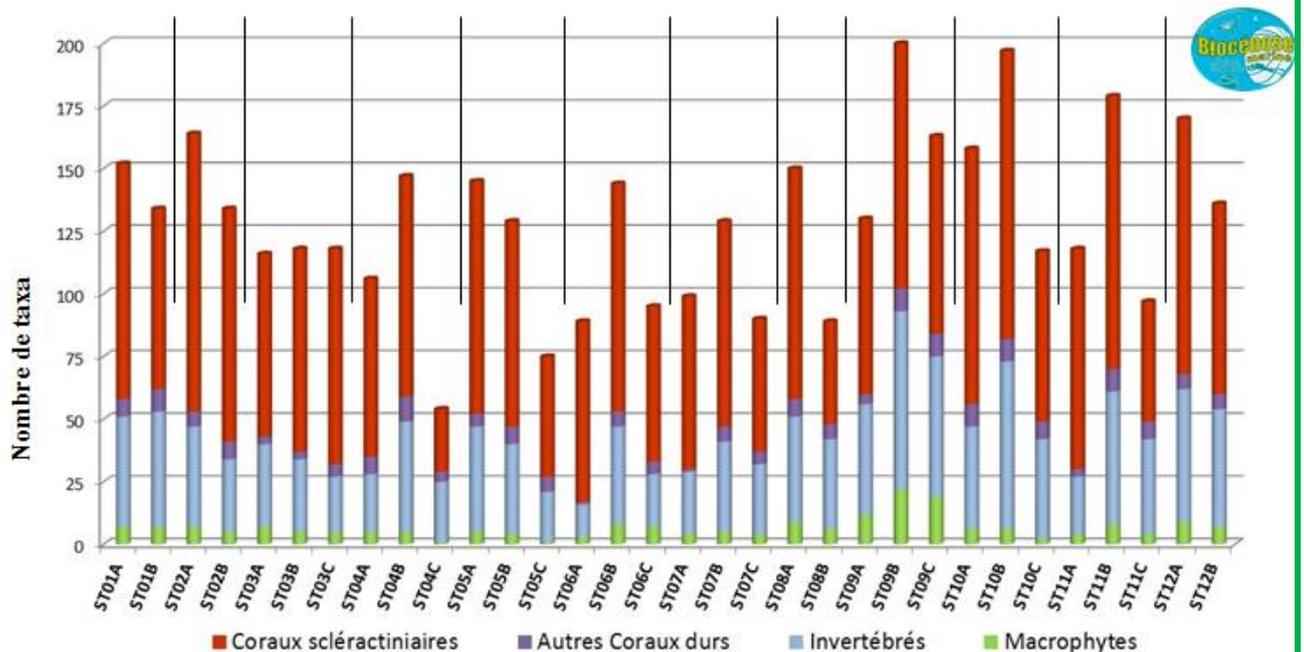
Un schéma de chaque station est présenté sur le rapport intégral avec l'orientation et la position exacte des piquets et du sens de déploiement des rubans afin que d'autres plongeurs puissent retrouver les stations et leurs couloirs (appelés transects), à cette fin il est nécessaire de plonger parfois plusieurs heures sur une zone et il est impossible d'inspecter plus de 2 stations par jour, surtout si c'est une première approche. En zone de forte turbidité, de courants forts et de plongeur relativement importante, ne pas retrouver rapidement une station ne veut pas dire qu'elle n'est pas présente, l'effort de recherche doit être

poursuivi. Les plongées rapides en masque et tuba ne permettent pas de retrouver une station. A ce jour après 14 campagnes les stations sont bien établies et connues par l'équipe des plongeurs échantillonneurs.

Figure 48: BENTHOS
Richesse taxonomique du benthos dans 4 groupes clés
Comparaisons entre stations pour le benthos, MARS 2015

- ▶ 3 grands groupes benthiques sont à distinguer :
 - les coraux Scléactiniaires, (corail dur)
 - les autres coraux,
 - le reste des organismes vivants, sous l'appellation : macrophytes et invertébrés.

Conservation ces 3 grands groupes est pertinent et synthétique


▶ Biodiversité corallienne :

Les espèces inféodées à la baie de Prony développent des adaptations particulières, 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*...). 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 station ST02 (Creek baie nord) recense un nombre très important d'espèces et elle revêt une importance haute et un bon choix de suivi.

▶ **Algues : La biodiversité des macrophytes** est aussi suivie avec attention. Une extension de la couverture algale significative au-delà des variations saisonnière serait signalée et étudiée de plus près. Cependant les variations saisonnières fortes des couvertures algales en font un indicateur peu précis, même au niveau des LIT car le « tuff » est mal défini.

▶ Les principales espèces concurrentes des coraux sont ciblées pour un suivi attentif

Les étoiles de mer corallivores : *Acanthaster* et *Culcita*, les cyanobactéries, les mollusques corallivores (*Drupella cornus*) et les éponges encroûtante *Cliona orientalis* et *C. julliinei*

► **Ichtyologie :**

Nb : nombre moyen de poissons sur un transect ;

Dens. : Densité (Nb/m²) moyenne sur la station ;

Biom. : Biomasse (g/m²) moyenne sur la station ;

Biod.1 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects ;

Supplément :

Biod.2 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ;

Biod.3 : Toutes espèces présentes sur la station ; Int. de Conf. : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha=0,025$.

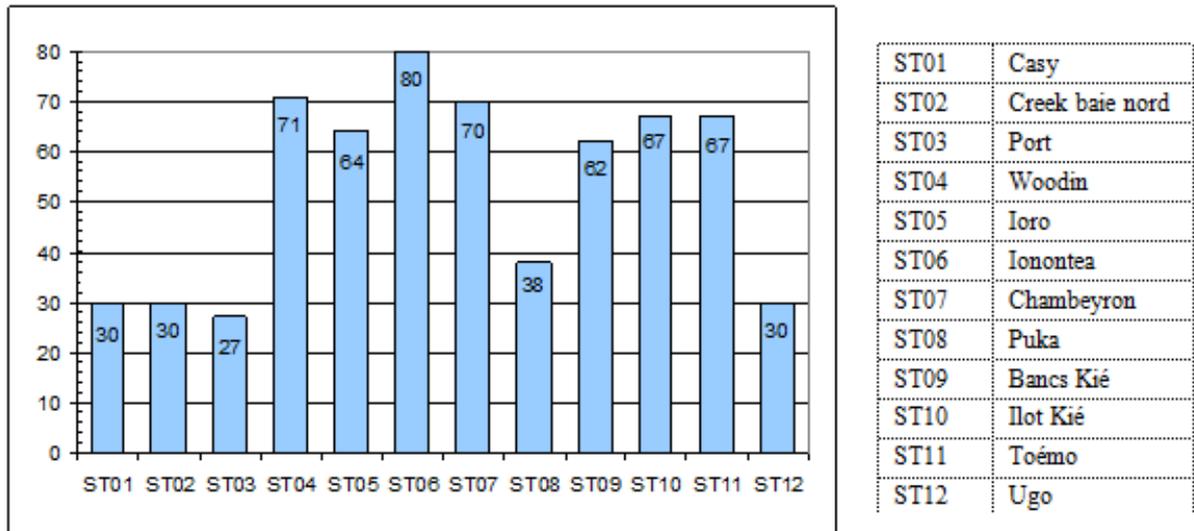
**Tableau 28 : Relevés ichtyologiques (poissons)
Semestre 2 (Mission de mars 2015 : 2015a)**

Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune **MARS 2015** Liste restreinte DENV

2015 a	Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	147,50	1,75	30,37	30	46	76	3,955	0,806
	ST02 CREEK BAIE NORD	108,00	1,06	45,06	30	45	69	3,832	0,781
	ST03 PORT	126,67	1,58	9,63	27	48	74	3,624	0,762
	Variances (σ^2)	390,5	0,1	316,9	3,0	2,3	13,0	0,028	0,000
	Ecart types (σ)	19,8	0,4	17,8	1,7	1,5	3,6	0,167	0,022
	Moyennes (μ)	127,4	1,5	28,4	29,0	46,3	73,0	3,804	0,783
	Coef. de Var(σ/μ)	0,2	0,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,044	0,028
Int. de Conf. 95%	22,8	0,4	20,6	2,0	1,8	4,2	0,193	0,025	
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	659,00	5,90	510,16	71	95	140	3,308	0,538
	ST05 BANCIORO	115,67	1,19	173,89	64	81	113	5,331	0,888
	ST06 BANCIONONTEA	270,00	3,00	750,00	80	104	156	3,960	0,705
	ST07 B. CHAMBEYRON	317,00	3,37	358,85	70	83	116	4,495	0,733
	ST08 POINTE PUKA	109,00	1,17	27,59	38	70	101	4,208	0,802
	ST09 BANCKIE	230,67	1,65	158,28	62	81	118	4,887	0,821
	ST10 ILOT KIE	563,67	5,44	795,17	67	101	139	2,896	0,477
	ST11 TOEMO	184,67	1,64	134,53	67	80	107	4,954	0,817
	ST12 HUGO	171,00	2,15	46,44	30	60	91	3,691	0,752
	Variances (σ^2)	38012,5	3,2	86246,6	264,3	202,1	437,1	0,652	0,018
	Ecart types (σ)	195,0	1,8	293,7	16,3	14,2	20,9	0,808	0,136
	Moyennes (μ)	291,2	2,8	328,3	61,0	83,9	120,1	4,192	0,726
Coef. de Var(σ/μ)	0,7	0,6	0,9	0,3	0,2	0,2	0,193	0,187	
Int. de Conf. 95%	130,0	1,18	195,8	10,8	9,5	13,9	0,538	0,091	

Nb : nombre moyen de poissons sur un transect ; Dens. : Densité (Nb/m²) moyenne sur la station ; Biom. : Biomasse (g/m²) moyenne sur la station ; Biod.1 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects ; Biod.2 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ; Biod.3 : Toutes espèces présentes sur la station ; Ish : Indice de Shannon ; Eq : Indice d'éguitabilité ; Int. de Conf. : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha = 0,025$.

Rappel : Les 3 indicateurs imposés par le plan de suivi sont :
La richesse spécifique (mais sur liste restreinte, c'est la Biod 1), la densité et la biomasse.

RICHESSSE SPECIFIQUE
Figure 49: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station (liste restreinte)
MARS 2015


Ionontea (ST06) et la réserve Merlet (ST 10) sont habituellement en tête pour l'indice de la richesse spécifique des poissons, (pour rappel Ionontea est le récif le plus proche du diffuseur). Les stations situées en baie du Prony ont toujours une moindre richesse spécifique que celles situées sur des récifs du canal de la Havannah

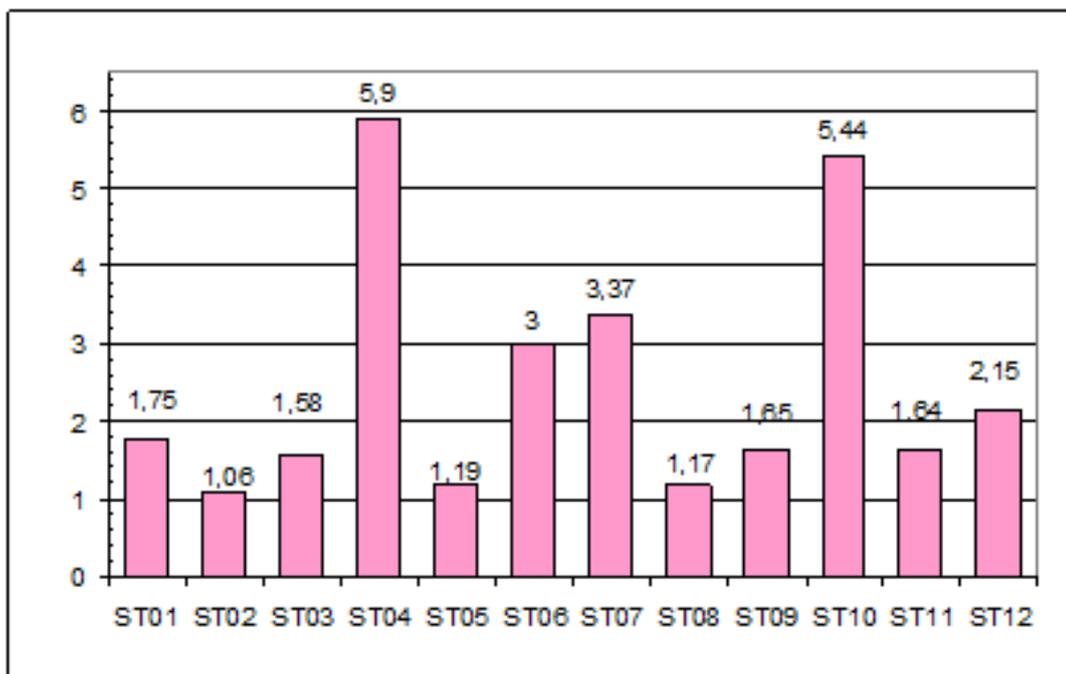
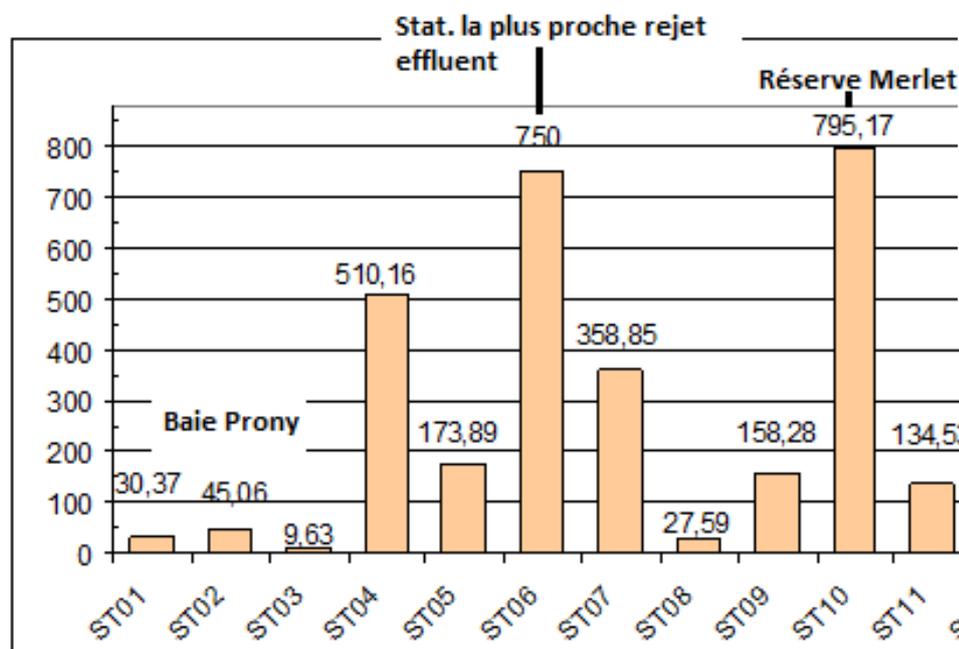
Figure 50 : Densité de l'ichtyo faune par station
MARS 2015


Figure 51 : Biomasse de l'ichtyofaune par station

MARS 2015



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

La présence du diffuseur est, comme prévue dans les modélisations, aucunement affectante pour la biodiversité des coraux sur les bancs et massifs les plus proches et des populations associées, notamment les poissons.

La comparaison des indicateurs biologiques entre les stations corrobore exactement les déductions dues aux 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.

De façon résumée et synthétique on peut différencier quatre 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 habituellement supérieure en densité et biomasse des poissons),
- celui du canal Woodin
- celui des baies avec apports terrigènes au Nord du canal : baie de port Boisé et baie Kué

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

Les études des populations de poissons sont en cohérence avec celles de leurs habitats (corail) et avec les études en modélisation et indic acteurs physico chimiques, des réunions fréquentes avec les spécialistes d'un de ces titres permettent de mieux saisir la globalité synthétique et complexe du lagon sud.

Pour plus de précisions Cf. les rapports intégraux en annexe des bilans semestriels et les chapitres supplémentaires consacrés aux peuplements de poissons.

Pour les poissons : comparaison des stations entre elles et au fil des ans

L'ichtyologue a effectué ces missions de surveillance sous-marines a aussi effectué un classement des stations à partir des données « poissons » qu'il archive depuis 2007. Pour cela il donne une cotation selon la biomasse (g/m²), la densité (nombre d'individus /m²) et la biodiversité qu'il a enregistré sur chaque transect et sur chaque station, pour en formuler un INDICE IAS – Indice Annuel par Station). La démarche méthodologique est expliquée dans le rapport intégral en annexe de ce

bilan, en voici les conclusions pour MARS 2015 comparées à celles de 2014 avec un rappel des missions antérieures.

Tableau 29 : Classement des stations (A) et des années (B) à partir des paramètres évalués

S1/2015

Classement des stations (A)

A - Stations	Classement des Stations				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
Ilot CASY	3	4	2	2,75	exe.09
CREEK	4	2	1	2,00	exe.09
Le PORT	2	1	3	2,25	exe.09
WOODIN	11	9	11	10,50	2
Banc IORO	6	8	9	8,00	5
IONONTEA	8	6	7	7,00	7
B. CHBEY	10	11	8	9,25	3
Pte PUKA	1	3	4	3,00	exe.09
Banc KIE	9	10	6	7,75	6
Ilot KIE	12	12	10	11,00	1
TOEMO	5	5	12	8,50	4
UGO	7	7	5	6,00	8

Rappel : La note est la moyenne des classements
(Densité + Biomasse + 2 * Biod.l)/4.

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

et des missions (B) (ichtyologie)

B - Missions	Classement des Missions				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
2007	12	13	3	7,8	6
2008	13	8	4	7,3	8
2009	14	6	2	6,0	10
2010 a	9	9	6	7,5	7
2010 b	3	3	1	2,0	14
2011 a	7	14	10	10,3	3
2011 b	1	2	7	4,3	13
2012 a	6	4	5	5,0	11
2012 b	5	5	9	7,0	9
2013 a	8	7	11	9,3	5
2013 b	4	10	12	9,5	4
2014 a	2	1	8	4,8	12
2014 b	10	11	13	12,0	2
2015 a	11	11	14	12,5	1

S1/2014

A - Stations	Classement des Stations				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
Ilot CASY	3	4	2	2,8	10
CREEK	4	2	1	2,0	12
Le PORT	2	1	3	2,3	11
WOODIN	11	9	11	10,5	2
Banc IORO	6	8	9	8,0	5
IONONTEA	8	6	7	7,0	7
B. CHBEY	10	11	8	9,3	3
Pte PUKA	1	3	4	3,0	9
Banc KIE	9	10	6	7,8	6
Ilot KIE	12	12	10	11,0	1
TOEMO	5	5	12	8,5	4
UGO	7	7	5	6,0	8

B - Missions	Classement des Missions				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
2007	10	11	3	6,8	6
2008	11	8	4	6,8	7
2009	12	6	2	5,5	8
2010 a	9	9	6	7,5	4
2010 b	3	3	1	2,0	12
2011 a	7	12	10	9,8	1
2011 b	1	2	7	4,3	11
2012 a	6	4	5	5,0	9
2012 b	5	5	9	7,0	5
2013 a	8	7	11	9,3	3
2013 b	4	10	12	9,5	2
2014 a	2	1	8	4,8	10

S2/2014

A - Stations	Classement des Stations				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
Ilot CASY	3	4	2	2,75	exe.10
CREEK	4	2	1	2,00	exe.10
Le PORT	2	1	3	2,25	exe.10
WOODIN	11	9	11	10,50	2
Banc IORO	6	8	9	8,00	5
IONONTEA	8	6	7	7,00	7
B. CHBEY	10	11	8	9,25	3
Pte PUKA	1	3	4	3,00	9
Banc KIE	9	10	6	7,75	6
Ilot KIE	12	12	10	11,00	1
TOEMO	5	5	12	8,50	4
UGO	7	7	5	6,00	8

B - Missions	Classement des Missions				
	Dens	Biomass	Biod.l	notes	Rang
2007	11	12	3	7,25	6
2008	12	8	4	7,00	7
2009	13	6	2	5,75	9
2010 a	9	9	6	7,50	5
2010 b	3	3	1	2,00	13
2011 a	7	13	10	10,00	2
2011 b	1	2	7	4,25	12
2012 a	6	4	5	5,00	10
2012 b	5	5	9	7,00	8
2013 a	8	7	11	9,25	4
2013 b	4	10	12	9,50	3
2014 a	2	1	8	4,75	11
2014 b	10	11	13	11,75	1

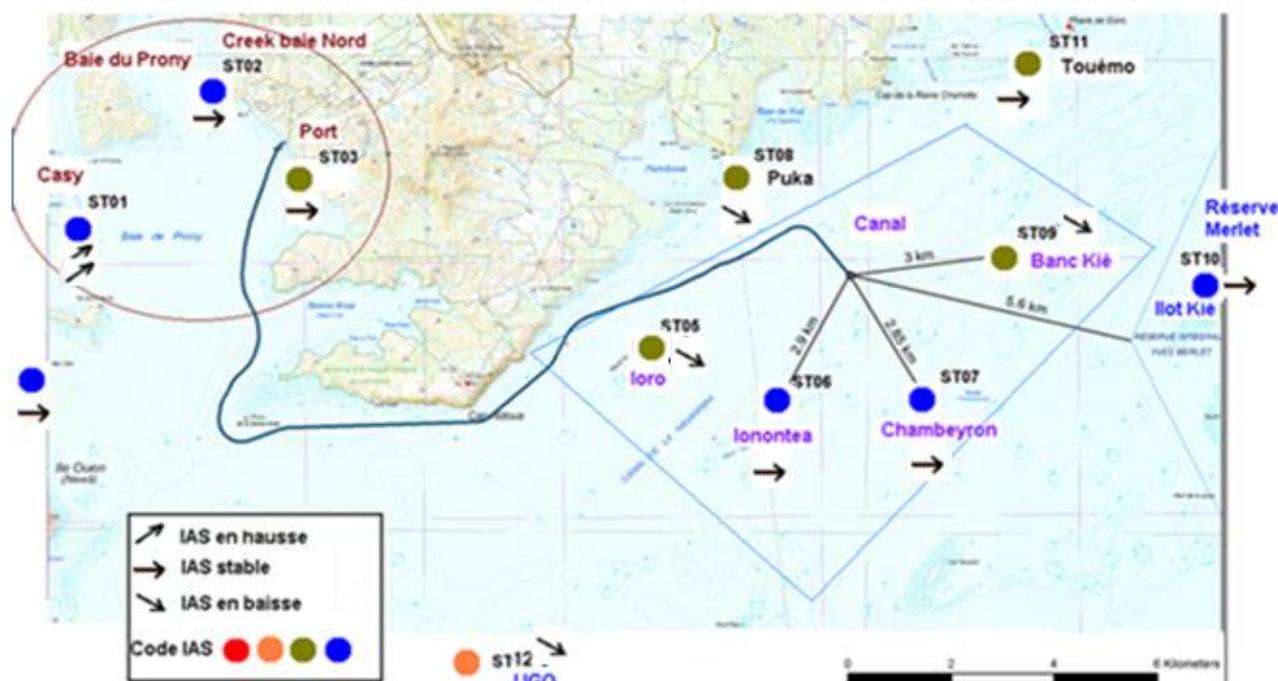
Tableau 30 : Cotation des 12 stations évaluées d'un point de vue ichthyologique (Poissons) selon un Indice IAS



A - Par Stations	Cotations			IAS		Rappels				
	Dens.	Biom.	Biodiv.(I)	2015 a	2014 b	2014 a	2013 b	2013 a	2012 b	2012 a
Ilot CASY	4	3	4	3,75	2,75	3,25	1,75	3,25	1,75	1,50
CREEK	2	4	4	3,50	3,50	1,25	3,50	3,00	2,75	3,00
Le PORT	3	1	4	3,00	2,50	2,75	2,75	2,00	2,50	1,95
WOODIN	4	4	4	4,00	3,50	2,75	3,50	3,00	3,50	3,50
IORO	2	2	4	3,00	4,00	2,75	2,75	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	4	4	4	4,00	3,75	2,75	3,00	3,75	3,50	3,50
B. CHB	4	3	4	3,75	4,00	3,00	3,75	3,25	3,25	3,00
PUKA	2	1	3	2,25	3,00	1,50	1,50	1,50	1,75	1,75
Banc KIE	2	2	4	3,00	3,75	2,50	2,75	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE	4	4	4	4,00	3,50	3,50	4,00	3,75	4,00	4,00
TOEMO	2	2	4	3,00	2,75	2,75	2,25	2,75	3,00	3,00
Ilot UGO	3	1	2	2,00	2,00	1,75	2,50	2,25	1,75	2,00

Figure 52 : Evolution de la cotation « poissons » entre la mission de mars 2015 (2015a) et la mission précédente d'octobre 2014 (2014b)

Indice intégré poissons par stations, comparaison avec la dernière mission



- ▶ La station PUKA ST08 qui avait été affectée par les événements climatiques intenses de 2013 était en résilience complète pour le benthos et en hausse sur cet indicateur poisson, durant l'année 2014, elle paraît relativement stable mais fragilisée en mars 2015.
- ▶ La station de l'îlot Ugo à l'inverse présente une faible densité. Toutefois, cette station possède de nombreux Apogons sur les transects, mais cette famille de poissons ne figure pas sur la liste des espèces du Cahier des charges et ne doit donc pas être mentionnée. Si ces espèces étaient prises en compte, cela majorerait considérablement la densité de cette station. Or, les Apogons sont pourtant

(à leur échelle de tailles) des carnassiers redoutables indiquant une vie pélagique nocturne foisonnante sur la station.

► L'îlot Kié présente régulièrement une très forte Biomasse. Cette station est talonnée, ou quelquefois dépassée, par la station de Ionotea ou par celle de Woodin. Les fortes biomasses sont souvent dues à la présence d'individus de grosses espèces comme les Loches saumonées notamment, ou à celle de bancs de Carangues, de Caesio, de Rougets de nuit, etc. Leur présence est fortuite et leur positionnement aléatoire ce qui explique les grandes variations de ce paramètre.

► Le premier semestre 2015 enregistre une stabilité de l'indice poisson sur toutes ses stations (sauf l'îlot Casy ou il est exceptionnellement élevé).

Tableau 31 : Cotation des missions depuis 2007 (ichtyologie)

B - Par Missions	Indices			
	Dens.	Biom.	Biodiv ₍₁₎	IGA
2007	3	3	2	2,50
2008	3	2	2	2,25
2009	3	2	2	2,25
2010 a	3	2	3	2,75
2010 b	2	1	2	1,75
2011 a	2	4	3	3,00
2011 b	2	1	3	2,25
2012 a	2	1	3	2,25
2012 b	2	2	3	2,50
2013 a	3	2	3	2,75
2013 b	2	3	3	2,75
2014 a	2	1	4	2,75
2014 b	3	3	4	3,50
2015 a	3	3	4	3,50

A dire de l'expert ichtyologue

En mars 2015, la qualité du milieu marin, jugée à travers le peuplement de poissons, est excellente. (Comme en octobre 2014).



Ce type d'indicateur IAS poissons doit être couplé aux autres indicateurs biologiques et physico chimiques, avant de conclure sur une tendance de « santé » d'une zone, le chapitre conclusif final effectue cette analyse.

Les spécialistes des indicateurs biologiques : poissons, algues, benthos et coraux, s'associent aux spécialistes des indicateurs physico -chimiques et à ceux du caging lors des analyses finales d'évaluation, dans un but de prise en compte globale et synthétique partagée de l'état du lagon et de l'évolution des pressions sur celui-ci.

3.2.3.5. 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 intégral des suivis semestriels est consacrée à l'étude des variations temporelles, grâce à l'historique du suivi des stations depuis 2007. Cela répond au cahier des charges du plan de suivi réglementaire. Seuls quelques indicateurs sont rapportés ici, le document contenant les données intégrales se trouve en annexe du présent rapport.

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 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 incohérence une analyse approfondie est 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. Plusieurs bureaux d'études sont impliqués (cinq en 2015).

Si une variation significative apparaît lors d'une mission d'évaluation, une nouvelle mission, supplémentaire est 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. (Exemple ; Station PUKA en 2013 et 2014)

Les cyclones ou fortes dépressions sont suivis de missions d'évaluations supplémentaires notamment au niveau des baies et des eaux peu profondes qui sont affectées par les panaches d'eau de ruissellement et les apports des rivières. Cela est effectué sur demande de Vale NC, même si cela n'est pas une obligation du plan de suivi réglementaire.

➤ Le substrat (LIT fixes)

Pour suivre une évolution globale, il est impossible de suivre l'évolution de 28 items, sans trop alourdir les bilans. Il a été comparé les résultats (en pourcentage de recouvrement) des deux compartiments :

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

On peut aussi suivre 2 compartiments : CORAIL VIVANT / AUTRES composants.

Au niveau des zones de fond de baie ce sont les compartiments VASE /AUTRES composantes qui est suivi avec attention notamment au port.

Il est nécessaire de pondérer cette approche binaire qui présente des biais : en effet ce ratio peut varier de façon significative (>20%) alors qu'il s'agit d'un cycle de déplacement d'un banc de sable même minime (sur les transects inférieurs) ou du cycle de présence /absence de tuff algal sur des débris coralliens. (Avec tuff : biotique/ sans tuff : abiotique)

Pour cette mission, il y a très peu de variations générales : les stations apparaissent stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scléactiniaires (fourchette entre - 4.5% (ST05A) et + 6.5% (ST04A)), avec une tendance générale très stable (+ 0.047% en tout en moyenne sur les 12 stations, soit 32 transects). Ainsi, la tendance générale, depuis le début du suivi, à la hausse (plus ou moins régulière ou forte) est confirmée.

ST08B : voit une augmentation de l'abiotique (+ 53.7%) du fait de la réapparition du sable au détriment du substrat « corail mort avec algues » (- 54.2% pour le groupe « macrophytes et invertébrés »).

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%.

↪ *ATTENTION : au niveau des suivis par transect pour le LIT / SUBSTRAT : il ne doit pas être effectué de moyenne ou des résultats des 3 transects pour 1 station, en effet chaque transect est une entité éco systémique indépendante, les transects ne sont pas des répliques les uns des autres et notamment les transects inférieurs (majoritairement abiotiques) ne doivent pas être confondus par une analyse globale rapide avec les transects supérieurs.*

↪ *Des moyennes par stations tous transects confondus sont effectuées pour les poissons (mobiles et visibles d'un transect à l'autre) avec toutes les précautions que le spécialiste en halieutiques préconise, mais en aucun cas pour les LIT/SUBSTRAT.*

Les variations de recouvrement, liées aux algues, quant à elles, sont cycliques et ne paraissent pas avoir de cause liée à une pollution (hormis en recouvrement à proximité d'une zone de rejets d'eaux domestiques) ou une dégradation d'origine anthropique du milieu. Aucune eutrophisation n'a été relevée sur le réseau des différentes stations. (Rappel : les eaux issues de la STEP centrale d'épuration de la base vie de Vale NC ne sont pas rejetées dans une creek ni dans le lagon côtier,

elles sont re- traitées au niveau de l’usine de traitement des effluents industriels et envoyées avec l’effluent au niveau du diffuseur marin).

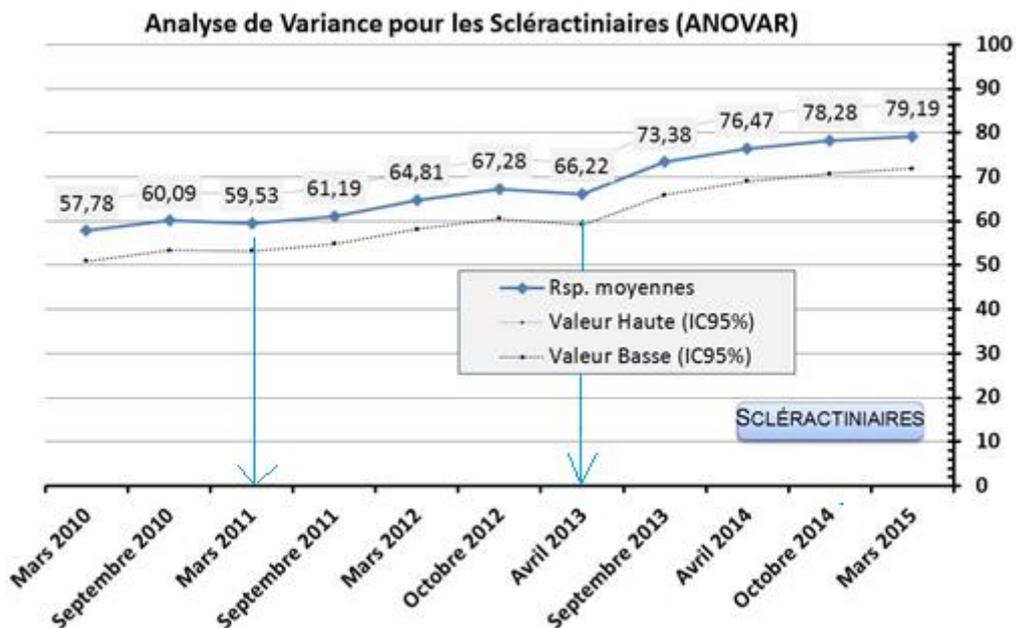
➤ **Le benthos (couloirs fixes)**

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 hors du couloir d’inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri.

➤ **Pour les coraux :**

Les petites baisses de diversité en mars 2011 et avril 2013 sont corrélées aux dépressions Vania-Zelia et Fréda qui se sont déroulées respectivement en début d’année 2011 et 2013. Suite aux évènements dépressionnaires les récifs se régénèrent progressivement (résilience). Le récif de la pointe Puka (ST08) tend à se stabiliser depuis avril 2014.

Figure 53: Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléractiniaires) depuis 2010 (Les valeurs hautes et basses représentent l’intervalle de confiance)



La croissance apparente de 2009 à 2015 est réelle, avec des perturbations enregistrées d’ordre cyclonique en 2011 et 2013.

Le cyclone Pam en mars 2015 est passé relativement loin de la zone d’étude et il n’a pas eu d’incidence majeure sur la biodiversité des récifs, cependant ce cyclone de catégorie 5 a engendré une houle et du ressac conséquents. Ces conditions exceptionnelles ont entraîné des dégradations mécaniques comme l’attestent de nombreux débris, des colonies arrachées de leur substrat et des couloirs d’effondrement principalement sur les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs les plus exposés aux conditions hydrodynamiques (canal de la Havannah et canal Woodin).

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

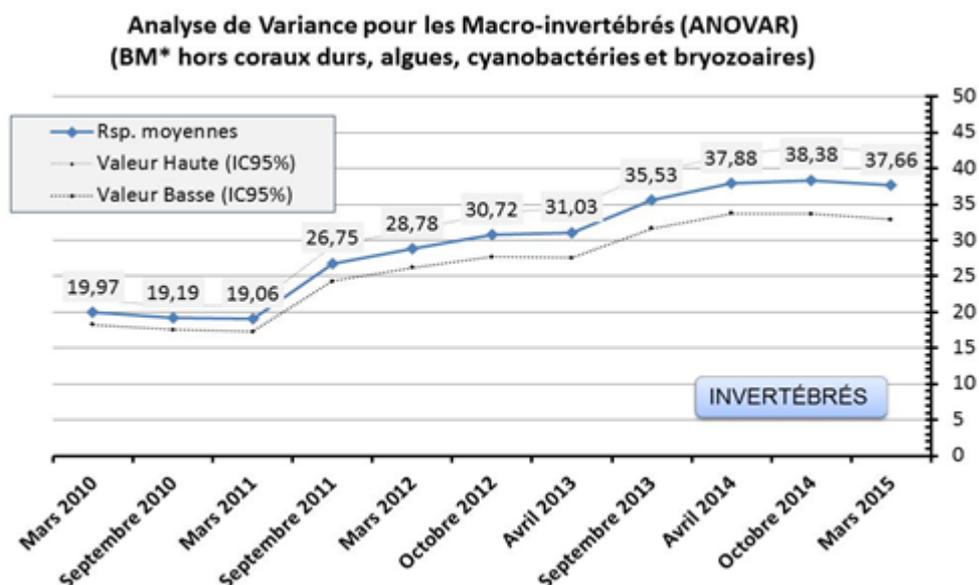
Le même travail d'analyse a été conduit avec les Invertébrés mobiles (excepté les coraux durs). Les organismes mobiles (mollusques, astéries, holothuries, échinides, ophiures et crinoïdes) sont constamment en train de se déplacer à la recherche de nourriture. D'autre part, si des événements exceptionnels les perturbent, ils ont la possibilité de se déplacer dans un milieu plus calme (variations des niveaux bathymétriques, en cas de stress en surface ils vont se déplacer sur les transects de niveaux inférieurs).

Il a été noté des variations de profondeur (niveau bathymétrique) de présence de certains Invertébrés qui peuvent aller d'un couloir de surface vers un couloir plus profond, les causes ne sont pas toujours identifiées.

On remarque également que suite à des perturbations d'une grande ampleur, le récif ne met pas longtemps à se stabiliser dans le temps et se régénérer pour les invertébrés. En effet suite à un événement d'une ampleur exceptionnel tel qu'une dépression ou cyclone, les inventaires spécifiques montrent que la recolonisation se fait dans le semestre suivant (périodicité semestrielle des missions de suivi biologique).



Figure 54: Valeur de la richesse spécifique moyenne des macro-invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



► Attention : ce n'est pas parce que la diversité des invertébrés augmente que le récif ne subit pas de perturbation.

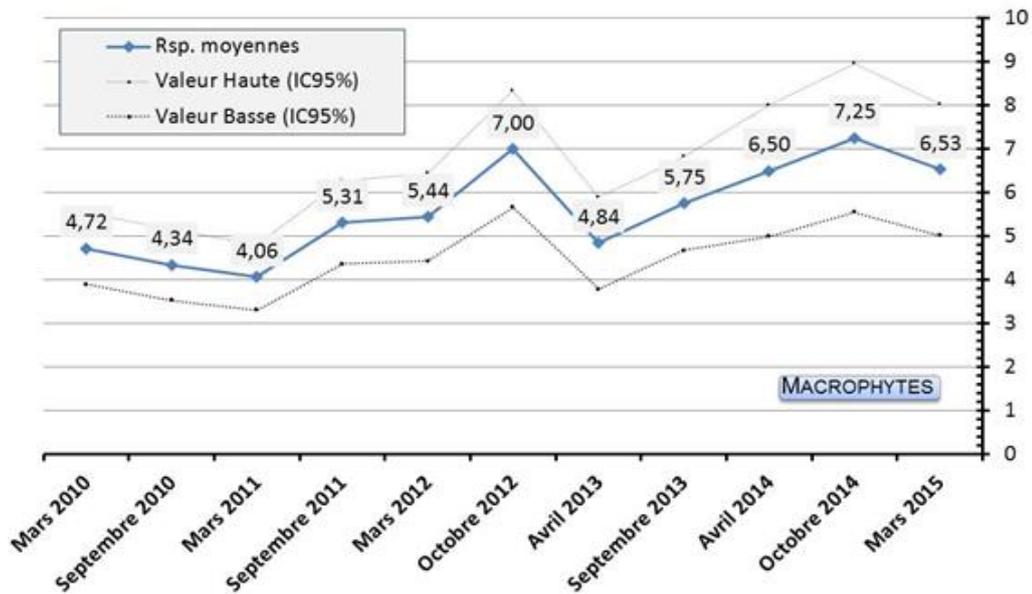
► Au contraire lorsque l'habitat (représenté principalement par les coraux) subit des dégradations (ici mécaniques), les échinodermes (astéries, échinides, ophiures et holothuries) et les mollusques (gastéropodes et nudibranches) viennent rapidement coloniser la zone afin de se nourrir dans les débris fraîchement mobilisés. En effet, les variations de mobilités des invertébrés (particulièrement : échinides, astéries, holothurie, gastéropodes) sont très importantes naturellement. Les espèces mobiles sont constamment à la recherche de nourriture et lorsque les conditions environnementales sont défavorables, elles se déplacent vers un milieu moins perturbé.

► De ce fait, leur absence n'est pas forcément un indicateur de perturbation et leur abondance ou présence n'est pas non plus un indicateur de bon état de santé (cf. le cas actuel 2015 avec l'augmentation de diversité des invertébrés dû à l'apport de débris corallien).



➤ **Pour les Macrophytes**

Le même travail d'analyse a été réalisé avec les algues

Figure 55: Valeur de la richesse spécifique moyenne des Macrophytes depuis 2010
Analyse de Variance pour les Algues*


Les relevés semestriels permettent d'évaluer les tendances d'abondance pour chaque mission pour les genres d'algues vertes (Chlorophytes), d'algues rouges (Rhodophytes) et d'algues brunes (Chromophytes). **Et ils permettent surtout d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent invasives par rapport au reste des communautés coralliennes.** Cette attention au niveau des espèces invasives est soutenue depuis le début des suivis.

A surveiller : les algues d'un point de vue « problématique des EEE -Exogènes et espèces invasives ». A ce jour : pas de perturbation notée.

A surveiller : les inflorescences de cyanobactéries, poursuivre la considération de cet indicateur, notamment en baie de Port Boisé ou à la pointe Puka en raison des rejets d'eaux domestiques (sans lien avec Vale NC)

➤ **Les 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.

- **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 ressentis par les espèces. Il est à prendre en compte car il donne des indications sur l'affaiblissement des récifs.
- **L'abondance des espèces concurrentes**
- **Les espèces qui se nourrissent du corail**
- **Les maladies coralliennes**



La station ST08 est perturbée depuis mars 2011 par certaines maladies des coraux (détaillées dans le rapport intégral par le spécialiste. cf. annexe). Les espèces affectées sont plus diversifiées que sur les autres stations (*Acropora* tabulaire et branchu, *Seriatopora histrix*, *Seriatopora calendrium*, *Porites* sp. *Isopora palifera*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*).

→ La conjonction des nombreux facteurs perturbateurs (sédimentation, possible apport de matières organiques et bactériennes, hydrodynamisme important, zone de pêche ?) peut être la cause multifactorielle de ces dégradations de la santé globale et de la résilience cyclique restreinte observée sur ce récif.

→ La réduction de l'apport de particules terrigènes pourrait certainement améliorer l'état de santé des récifs dans la zone d'étude, les cassures d'ordre mécaniques sont aussi à prendre en compte.

Les cyanophycées fluctuent sans pour autant donner des inflorescences de type bloom.

A vue d'expert, des stress des coraux (maladies, espèces concurrentes, blanchiment cyclique) sont observés sur toutes les stations, mêmes sur les stations témoins ou en réserve intégrale. Un récif en bonne santé n'est pas un récif dépourvu de toute indication de stress affectant un ou deux indicateurs.

Les poissons sont un indicateur additionnel qui fait l'objet d'un grand effort d'analyses statistiques cependant les espèces sessiles et le corail sont d'une plus grande sensibilité et robustesse d'approche.

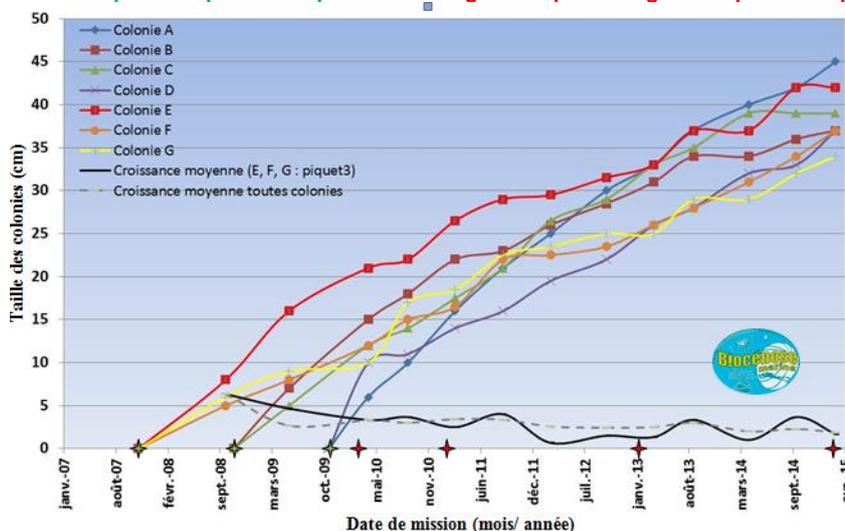
Le couplage avec l'ensemble des indicateurs physicochimiques doit être réalisé, et les conclusions en fin de rapport de suivi tiennent compte de cette vision globale des indicateurs.

➤ La croissance du corail

Des planulas de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets (posés lors de la mission du 31/08/07) du transect A de la station 01 (Casy), aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Ce sont des indicateurs suivis par les plongeurs biologistes dont les missions d'évaluation vont au-delà des suivis réglementaires dès que leur expertise est stimulée par une observation, attitude soutenue par Vale NC. L'édification corallienne est plus importante durant le stade juvénile, puis elle diminue progressivement au fur et à mesure du temps avec des fluctuations saisonnières. Durant l'année la croissance de *Pocillopora damicornis* n'est pas linéaire, la période hivernale (saison sèche et fraîche) est plus favorable à la construction de l'exosquelette carbonaté. La période estivale (saison humide et chaude) induit des « variations » de salinité, de température et de turbidité dans l'environnement ce qui va stresser les colonies coralliennes qui grandissent moins rapidement ou sont en attente.

Figure 56: Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur piquets ST 01A

Les trois croix vertes indiquent les phases de ponte. Les rouges indiquent les grandes phases dépressionnaires



Le ralentissement de la croissance est plus accentué lors des phénomènes dépressionnaires ou climatiques durant l'été austral.

Les variations de croissance entre individu sont également remarquables, elles vont être induites par :

- le positionnement propre de chaque colonie,
- la compétition spatiale (le positionnement des colonies les unes par rapport aux autres),
- la sensibilité propre de chaque colonie aux conditions

➤ Espèces exogènes

Le chapitre 5.4 du rapport intégral (en annexe) est consacré au thème des EEE (Espèce Exotiques Envahissantes) bien que le plan de suivi réglementaire du milieu marin n'évoque pas ce sujet et que la Nouvelle-Calédonie n'ait pas encore pris en compte les EEE au niveau marin.

A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie, ni en Nouvelle-Calédonie.

Les EEE marins sont pris en compte par Vale NC depuis le début du projet dans la limite des connaissances calédoniennes sur ce sujet. Le plan de veille à l'égard des espèces exogènes les inclue.

➤ Poissons

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe de ce document) est consacré à une étude approfondie des populations de poissons 2015 comparés aux 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 imposée). 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.

Figure 57 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations par année, mission après mission)

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

BIODIVERSITE n°1 (liste restreinte imposée par le cahier des charges donc peu représentative)

La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

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

Rappel : la Biomasse s'exprime 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 2006 et CCB).

DENSITE (selon exigences du plan de suivi)

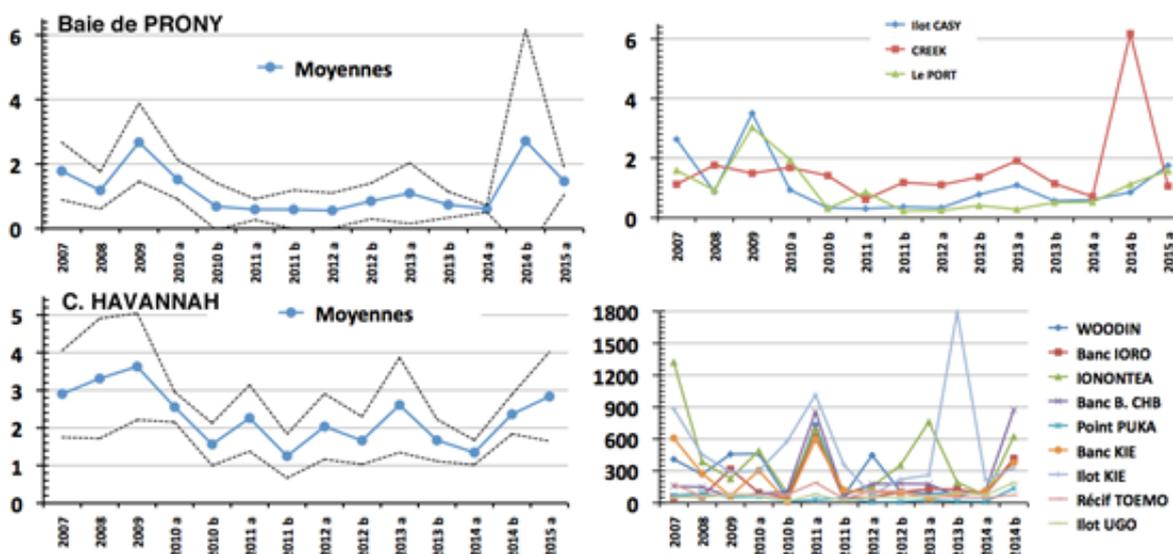
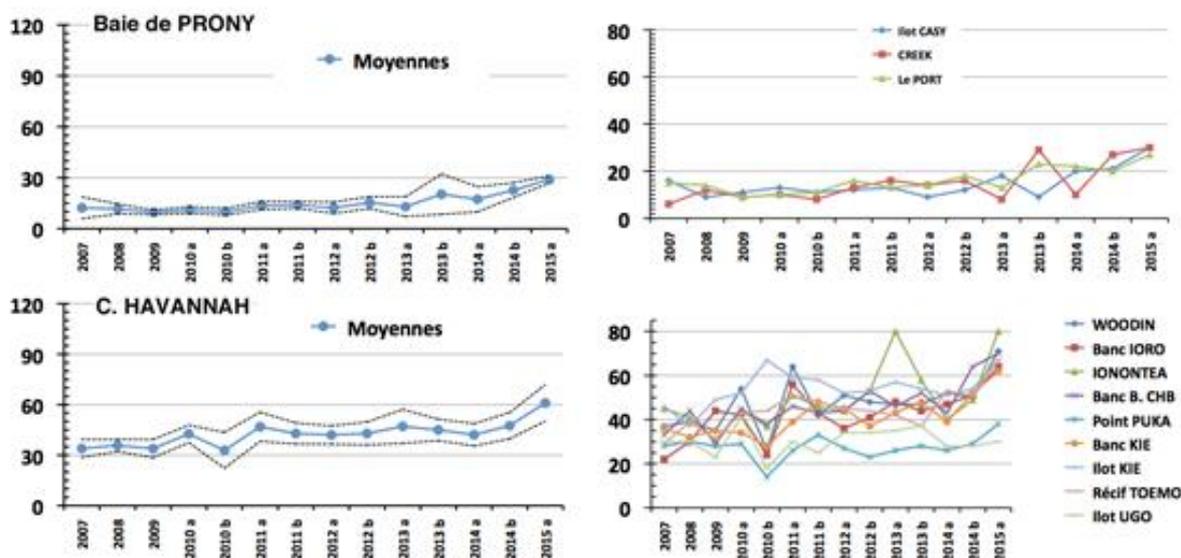
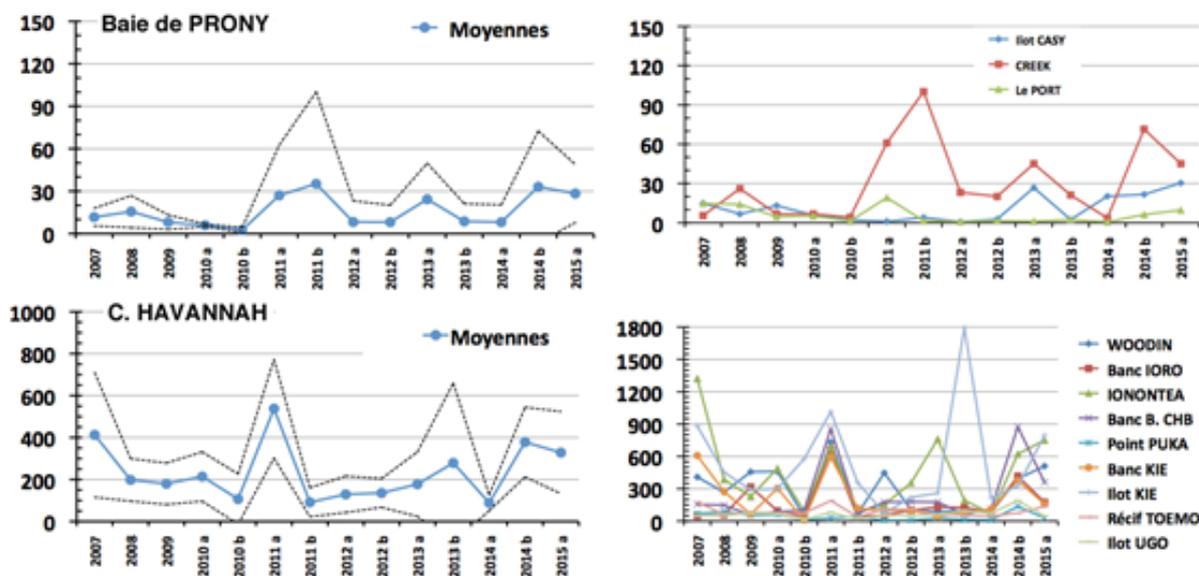


Figure 58 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations par année, mission après mission)

BIODIVERSITE 1 (Selon exigences du plan de suivi)



BIOMASSE (selon exigences du plan de suivi)

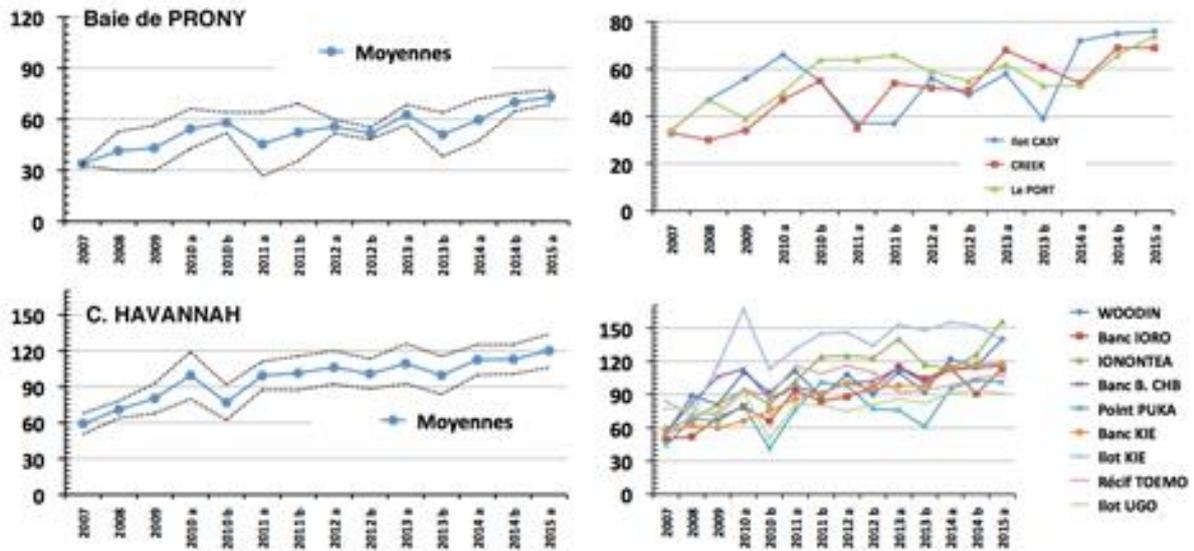


Commentaires de l'expert :

L'analyse des variances de la densité et de la biomasse pour les différentes campagnes montre une homogénéité pour les 3 stations de la baie de Prony et une hétérogénéité pour les 9 stations du canal de la Havannah. Pour la biodiversité n°1 (richesse spécifique sur liste restreinte) la portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité (d'où son appellation de biodiversité 1).

Cependant, pour une vision globale, les calculs sont ensuite refaits dans un 2ème temps sur la biodiversité réelle globale 3.

Figure 59 : Biodiversité n°3



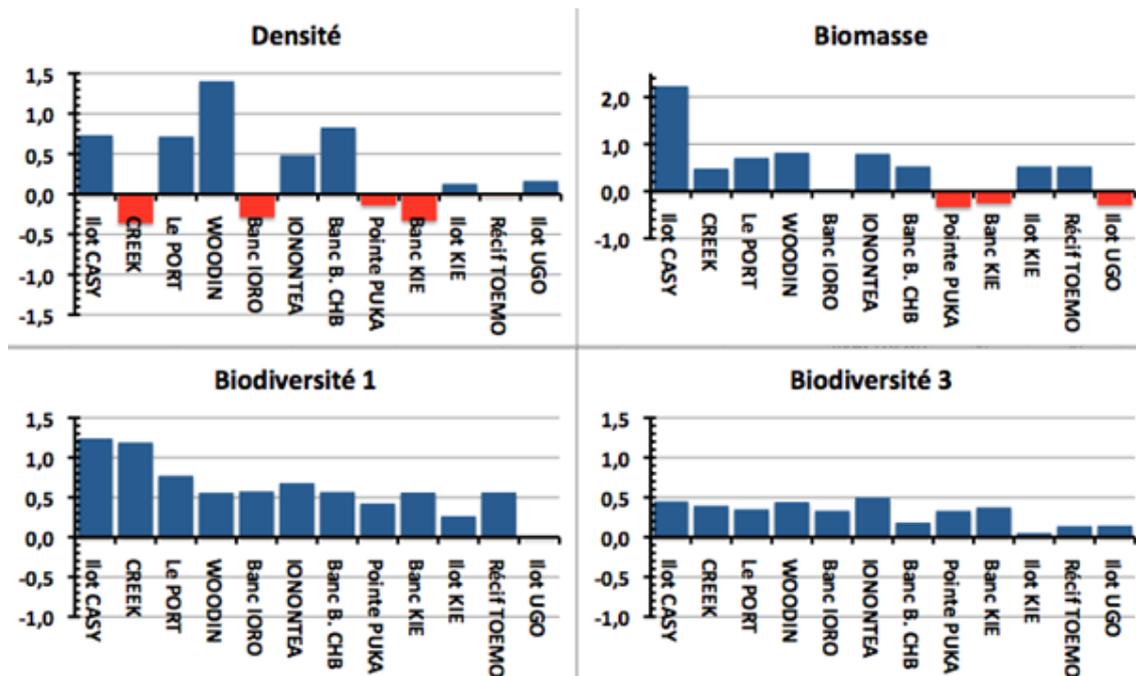
Conclusion sur le domaine ichthyologique :

Comparaison de la mission de mars 2015 à la moyenne des précédentes missions

- ▶ La Densité est plus forte que la moyenne sur 7 stations. C'est à la station de Woodin que l'écart est le plus spectaculaire en hausse de densité (du fait, conjoncturel, d'un banc de *Caesio*).
- ▶ La Biomasse : Seules 3 stations ont une biomasse plus faible que la moyenne : le banc Kié, l'îlot Ugo et la pointe Puka. La plupart des stations présentent, au contraire, un écart très important à la hausse (notamment l'îlot Casy).
- ▶ La Biodiversité 1 : sur toutes les stations ce paramètre présente des écarts positifs.
- ▶ La Biodiversité 3 : sur toutes les stations ce paramètre présente des écarts positifs. Lors de cette dernière mission, la biodiversité observée fut partout exceptionnelle.



Figure 60 : Ecarts des valeurs obtenues en mars 2015 sur chaque station, avec la moyenne sur 2007-2014 (Ichthyologie)



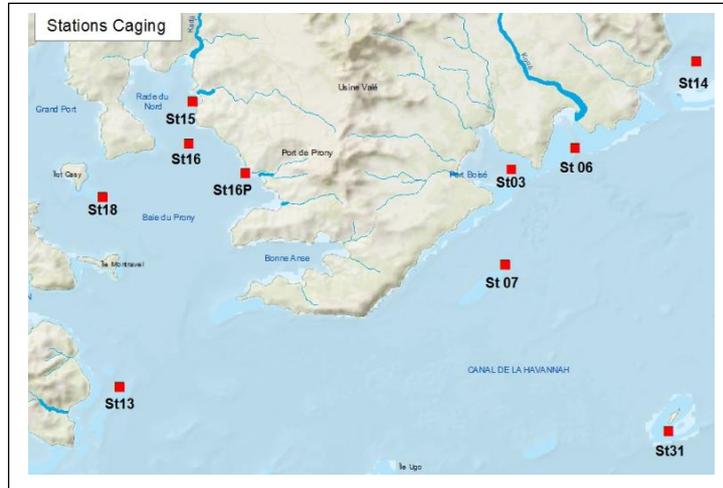
Les résultats de 2015 sont quasiment pour toutes les stations (très largement) au-dessus de la moyenne des campagnes précédentes, pour les 4 paramètres suivis

Compte tenu de l'importance des intervalles de confiance ces résultats quantitatifs sont à considérer comme stables depuis 2007

3.2.4. Suivi des bio-indicateurs transplantés (*le caging*)

Dix cages contenant les algues (*Lobophora variegata*) et les coquillages (*Isognomon isognomon*) bio-accumulateurs ont été mises en eau pour 5 mois, (155 jours d'immersion entre fin avril et octobre), le temps d'immersion été rallongé après conseils des experts suite au retour d'expérience.

**Mission en cours.
Résultats dans le bilan
annuel**



3.2.5. Suivi des flux sédimentaires

Le programme de travail présenté fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminés pour le Canal de la Havannah, la Rade Nord et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230) et aux suivis de ces flux pour la période 2011-2013 L'étude consiste au suivi temporel des densités de flux verticaux afin d'estimer les apports métalliques véhiculés par les particules fines au niveau de la baie Kwé, du diffuseur marin et de la Rade Nord.

A cet effet, des mouillages de lignes équipées de pièges à sédiments séquentiels ont été réalisés. Les principaux résultats montrent qu'en saison chaude comme en saison fraîche, la distribution des MES dans les eaux de la Baie Kwé, en Rade Nord et dans le Canal de la Havannah, est grandement régie par les conditions météorologiques, notamment :

- les régimes de vents qui conditionnent le panache d'apport terrigène en Rade Nord et l'action mécanique de la houle en Baie Kwé ainsi que dans le Canal Havannah.
- Et la pluviométrie

L'importance des vents avait été sous-estimée mais la synthèse des suivis en a démontré l'ampleur.

Les flux sédimentaires sont suivis à 60 mètres du diffuseur (représenté par un trait rouge sur cette carte schématique) sur St60NE, dans le chenal d'entrée en baie de la Kwé (StKW1) et en baie de Prony sur St 15.

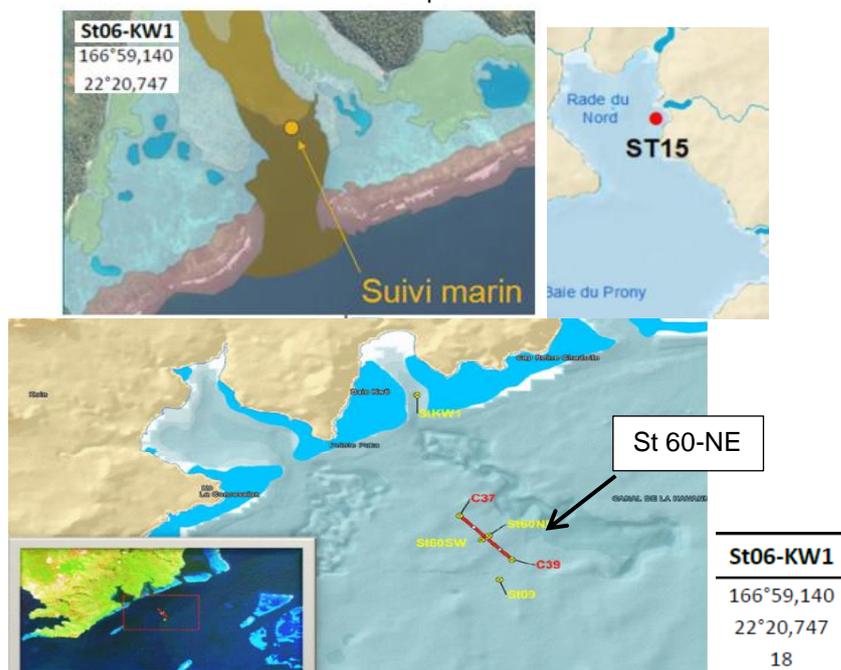
Le point St09 quant à lui est une station de suivi de la qualité physico chimique de l'eau.

Photographies 2 : Type de pièges à sédiments



Figure 61: Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires

En baie du Prony (St 15 proche embouchure creek Baie Nord) et dans le canal de la Havannah sur St60NE. En baie Kué le point suivi est StKW1



Les résultats sont à corrélérer étroitement avec les conditions météorologiques : force et orientation des vents qui remettent des sédiments en suspension à l'entrée de la baie Kué.

➤ **Pour la campagne du premier semestre 2015**

La collecte des particules a été programmée pour débuter le 23 JANVIER 2015 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 12 MARS 2015 à 00h00.

Echantillon	Période de collecte	Echantillon	Période de collecte	Echantillon	Période de collecte
St06-KW1-1	23-26 janvier 2015	St15-1	23-26 janvier 2015	St60-NE-1	23-26 janvier 2015
St06-KW1-2	27-30 janvier 2015	St15-2	27-30 janvier 2015	St60-NE-2	27-30 janvier 2015
St06-KW1-3	31 janvier-3 février 2015	St15-3	31 janvier-3 février 2015	St60-NE-3	31 janvier-3 février 2015
St06-KW1-4	4-7 février 2015	St15-4	4-7 février 2015	St60-NE-4	4-7 février 2015
St06-KW1-5	8-11 février 2015	St15-5	8-11 février 2015	St60-NE-5	8-11 février 2015
St06-KW1-6	12-15 février 2015	St15-6	12-15 février 2015	St60-NE-6	12-15 février 2015
St06-KW1-7	16-19 février 2015	St15-7	16-19 février 2015	St60-NE-7	16-19 février 2015
St06-KW1-8	20-23 février 2015	St15-8	20-23 février 2015	St60-NE-8	20-23 février 2015
St06-KW1-9	24-27 février 2015	St15-9	24-27 février 2015	St60-NE-9	24-27 février 2015
St06-KW1-10	28 février- 3 mars 2015	St15-10	28 février- 3 mars 2015	St60-NE-10	28 février- 3 mars 2015
St06-KW1-11	4-7 mars 2015	St15-11	4-7 mars 2015	St60-NE-11	4-7 mars 2015
St06-KW1-12	8-11 mars 2015	St15-12	8-11 mars 2015	St60-NE-12	8-11 mars 2015

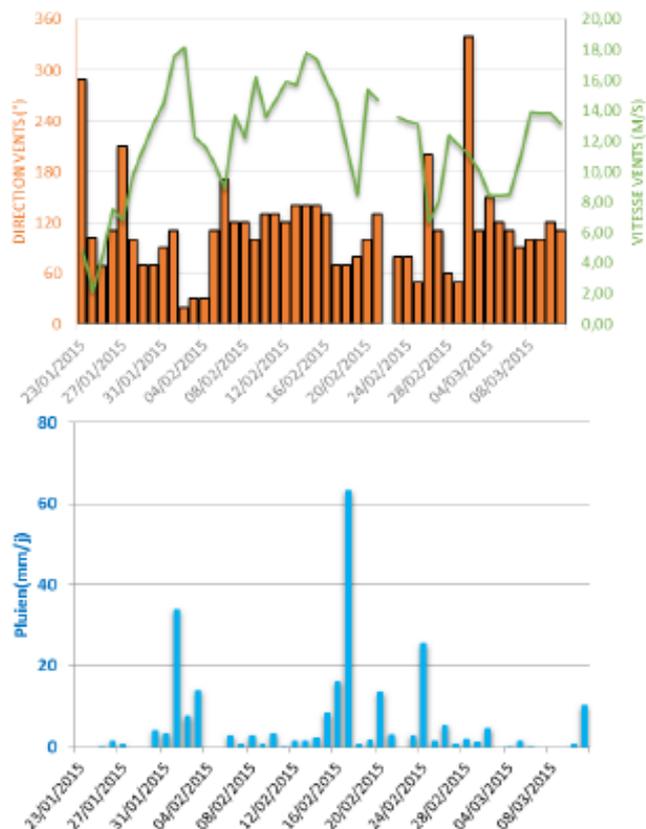
Total de 242,2mm de pluies cumulées durant la mission (proche de la dernière campagne S1/2014)

L'orientation des vents est importante car les régimes de vents de secteur S dont la vitesse est supérieure à 10 m/s sont à eux seuls, capables de générer des structures néphéloïdes dans la baie Kué. Ils remettent en suspension des sédiments de la passe de l'entrée de la baie et dans le chenal d'entrée, ils influencent donc la station StKW1 de suivi des flux.

Dans le Canal, la formation de couches néphéloïdes semble plutôt être favorisée par les régimes météorologiques du secteur E-SE.

Figure 62 : Paramètres météorologiques influant sur les flux de sédiments marins et leur remise en suspension, période de la campagne de collecte S1/2015

Du 23 janvier au 12 mars 2015 Orientation des vents, vitesse des vents, pluviométrie



BAIE KWE (Station St06-KW1)

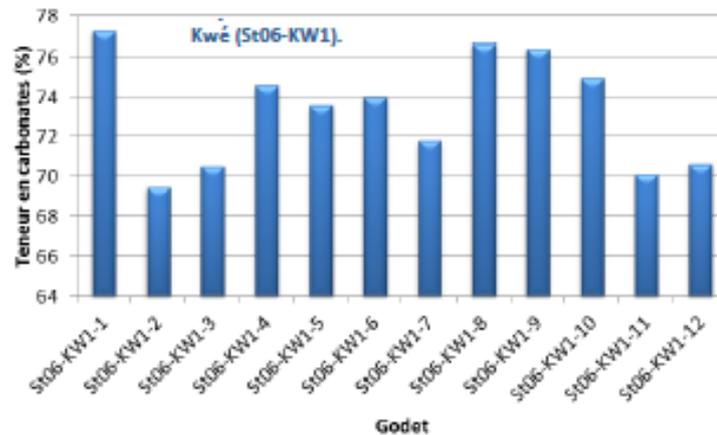
Pour rappel, en 2014 la masse moyenne de MES collectées (12,14 g +/- 6,82) était en baisse significative par rapport à 2013, les précipitations plus faibles et les régimes des vents expliquant en partie ce constat. Au premier semestre 2015 la masse de MES récoltées augmente légèrement avec une masse moyenne collectée de 13,25 g +/- 7,21. Ce sont les précipitations et les vents de secteurs Sud qui font augmenter les masses de MES récoltées.

► Pour l'ensemble des godets capteurs intégrateurs, les MES récoltées sur la station St06 KW (au centre du chenal de la baie Kué) sont constituées majoritairement d'une fraction carbonatée qui varie de 69,5% à 77, 2% des pérites récoltées, cette fraction carbonatée est due à des sédiments d'origine marine remis en suspension. Elle augmente lors des vents de secteurs Sud et elle diminue lors des épisodes pluvieux. En effet lors des épisodes pluvieux, ce sont les fractions terrigènes qui augmentent Mais sans devenir majoritaire comme le montre la figure suivante.

Tableau 32 : Teneurs en calcite, aragonite et goethite des les MES récoltés en baie Kué

Echantillon	% Calcite	% Aragonite	% Goethite
St06-KW1-3	67	19	14
St06-KW1-5	69	24	7
St06-KW1-7	64	28	9
St06-KW1-11	77	15	7

MES influence marine Influence terrigène

Figure 63 : Teneur en carbonates dans les particules MES récoltées dans les 12 godets en baie Kué (Station 06-KW) du 23 janvier au 11 mars 2015

CANAL DE LA HAVANNAH (Station St60- NE)

A la station St60-NE, à 60 m à l'Est du diffuseur, dans la « veine » qui capte les rejets d'effluent traité.

- La fraction fine est constituée de calcite et d'aragonite qui indiquent une influence exclusivement marine.
- Les fortes précipitations du 16 et 18 février ne font pas varier les MES récoltées au niveau du canal, conformément aux attendus

Tableau 33 : Teneurs en calcite et aragonite des les MES récoltés à 60 m du diffuseur dans le canal de la Havannah

Echantillon	% Calcite	% Aragonite
St60-NE-1	68	32
St60-NE-7	73	26
St60-NE-9	82	18
St60-NE-11	77	23

RADE NORD DE LA BAIE DU PRONY (Station St15)

A la station St15, (Creek baie Nord) la masse moyenne de MES collectées est très faible (0,56 g +/- 0,59 en moyenne par godet) et les événements pluvieux n'ont pas eu d'influence. La masse de MES récoltée ce premier semestre 2015 est 8 fois plus faible qu'en 2014. Comme attendu, les MES sont composées de minéraux d'origine marine et terrigène, l'influence marine est faible au niveau de cette station de type « fond de baie »; cependant et contrairement aux missions précédentes : au premier semestre 2015 l'influence marine est bien perceptible.

Tableau 34 : Teneurs en calcite, aragonite et goethite dans les MES -Rade Nord

Echantillon	% Calcite	% Aragonite	% Goethite
St15-7	33	27	39
St15-8	43	25	32
St15-9	27	27	46
St15-12	20	33	47

Influence marine Influence terrigène

➤ **GEOCHIMIE**

BAIE KWE (Station St06-KW)

Les éléments métalliques analysés dans les MES récoltées par les pièges à sédiments séquentiels mettent en évidence des sédiments d'origine terrigène marqués par le fond géochimique des sols du Grand Sud : Co, Cr, Ni et Mn et Fe, (ces éléments montrent des valeurs corrélées entre elles) ; et aussi des sédiments d'origine marine (Ca), ces derniers sont sujets à un apport et une remise en suspension de sédiments marins en fonction de l'orientation des vents (de secteur Sud à Sud Est qui s'engouffrent dans la le chenal de la Baie Kwé). En baie Kwé, au niveau du chenal où est située la station St06, les MES récoltées sont majoritairement carbonatée et donc d'origine marine (65%).

Les récoltes en périodes de pluie montrent logiquement d'avantage de MES d'origine terrigène, (cependant des précipitations de 78mm et 72 mm (cumulées durant la période de collecte) n'ont pas provoqué une augmentation de la marque terrigène des MES récoltées en 2014).

L'évolution du ratio Ca/Fer est un indicateur intéressant car son augmentation indique une moindre influence des apports d'origine terrigène. Après un fort épisode pluvieux le ratio Ca/Fer chute surtout en hydro région sous influence cotière. Cependant, en 2014, il est observé que lors de certains épisodes pluvieux, le ratio Ca/Fe est resté stable en baie Kwé.

Le ratio Ca/Fe était très élevé en 2014 : supérieur à celui enregistré à la même époque en 2013, 2012 et même 2007, ce qui montrait que l'influence terrigène avait été bien moindre en 2014. Cette « remontée » du ratio Ca/Fe en 2014, ainsi que sa stabilisation lors de certains épisodes pluvieux (<seuil) pourrait confirmer une efficacité des bassins de décantation et de sédimentation mis en place sur le bassin versant de la rivière Kué et de ses affluents. Une meilleure efficacité des bassins de sédimentation est certainement due à l'effort de curetage amplifié de ceux-ci, qui est croissant en 2013 et 2014.



► En 2015, durant le premier semestre le ratio Ca/Fe a diminué, cependant il reste supérieur à celui de 2013 et de 2012. Ce ratio recommence donc à chuter début 2014 ; au second semestre 2015 il sera surveillé de près afin de noter s'il est revenu à son niveau 2013 ou bien s'il reste relativement haut comme en 2014



Tableau 35 ; Evolution du ratiion Ca/Fe dans les MES récoltés par pièges à sédiments séquentiels sur la station de la baie Kwé (St 06) Relevés des saisons chaudes

Ca/Fe	2007-2008*	Janv-févr 2012	Janv-févr 2013	Janv-mars 2014	Janv-mars 2015	Ratio Ca/Fe Indicateur d'une influence terrigène plus forte quand il diminue
Moyenne	3,85	2,32	1,95	10,65	3,18	
Ecart-type	0,51	0,18	0,33	3,12	0,94	

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

En baie Kwé, au niveau de la station St06 KW, les MES récoltées sont cependant en majorité constitués de Carbonates d'origine marine, remis en suspension lors des vents de secteur Sud à Sud Est de force supérieure à un seuil.

► Les concentration métalliques moyennes indicatrices terrigènes des MES sont supérieures à celles de l'état de référence 2007, mais elles sont inférieures à celles de 2013.



BAIE DU PRONY (Station creek baie Nord St15)

- Influence terrigène prédominante (hydro- région de fond de baie)
- Le ratio Ca/Fe est du même ordre que celui obtenu lors de l'état de référence 2007.
- Les concentrations métalliques sont supérieures à celles de l'état de référence 2007.
- Pour un volume de MES récoltées très faible

CANAL HAVANNAH (à 60m au NE du rejet d'effluent Station St 60-NE)

- ▶ Ratio Ca/Fe élevé démontrant la forte dominance marine.
- ▶ L'influence terrigène est perceptible, elle montre une tendance à la hausse
- ▶ La teneur en soufre des MES récoltées dans la veine de l'effluent est spécialement analysée sur cette station afin de surveiller le sulfate de calcium, cet élément est constant, pas de variation significative.

➤ CALCULS DES FLUX DE MATIERES

BAIE KWE

Entre juillet 2011 et février 2015 les flux de MES sont compris entre **11, 8 g/m³/ jour et 66,3 g/m³/ jour** (+/- 8,4 et 36) ; les apports sont plus importants en saison chaude qu'en saison fraîche. Pour cette campagne du premier semestre 2015 les flux moyens ont montré une tendance à la hausse par rapport à ceux de l'état de référence 2006.

▶ *Le guide du CNRT/ ZoNeCo 2011 indique dans les fiches de grille de lecture des flux moyens de 14 à 46 g/m³/ jour habituellement observés (selon la saison sèche ou pluvieuse) sur des sites de typologie « embouchure de creek » peu à moyennement perturbés et il indique que des valeurs très supérieures à ces données pourraient éventuellement indiquer une perturbation.*

BAIE DU PRONY

Le flux moyen mesuré au premier semestre 2015 est très faible, il est de **2,8 g/m³/ jour** (+/- 3),

▶ *Le guide du CNRT/ ZoNeCo 2011 indique en grille de lecture des flux moyen de 1,0 à 1,6 g/m³/ jour sont habituellement observés sur des sites de typologie « baie » et que ceux-ci peuvent atteindre 14 à 46 g/m³/ jour près des embouchures de creeks.*

CANAL HAVANNAH

Entre juillet 2011 et janvier 2015 les flux moyens sont compris entre **3, 5 g/m³/ jour et 16 g/m³/ jour** (+/- 3 et 15). La tendance 2011- 2014 à l'augmentation des flux moyen est confirmée mais le flux caractérisé par le marqueur Nickel reste stable et **en 2007 des flux allant jusqu' à 26 g/m³/ jour** avaient été enregistrés.

▶ *Le guide du CNRT/ ZoNeCo 2011 indique en grille de lecture des flux moyen de 35, 9 g/m³/ jour sont habituellement observés dans le lagon sur les zones proches d'un récif frangeant.*

3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments

La station St16 du port de Prony est suivie de façon réglementaire via 4 familles d'indicateurs :

- **La qualité de l'eau** : au minimum 4 fois par an (les missions sont effectuées en mars, mai, août et novembre) ;
- **Les sédiments** : une fois par an pour le suivi sédimentaire.
- **Les écosystèmes** : la station de suivi des écosystèmes (ST 03) est suivie de façon semestrielle (Cf. chapitre 3.2.2)
- **L'éventuelle accumulation d'éléments dans les bio-indicateurs** (algues et coquillages filtreurs) est surveillée annuellement par *le caging*. La cage St15P a été ajoutée en 2014 au plus près du quai vraquier et sans gêner les manœuvres. (Cf. schéma ici dessous)

Figure 64: Rappel de la position des stations suivies au port de Prony



Le rapport dédié au port (et aux suivis trimestriels qui lui sont spécifiques) est présenté dans le bilan annuel. Dans ce bilan Semestriel, les stations de suivi portuaires (ST0 3 et St 16) sont comprises dans les chapitres précédents concernant la qualité de l'eau et des écosystèmes.

Cependant :

En novembre 2013 Vale NC a demandé une estimation de l'état des lieux à l'aplomb du quai vraquier et sous celui-ci (entre les piliers de ce tablier). Les chutes ne s'étendent pas plus loin que la zone située entre le tablier du quai et la coque du bateau. Ce travail a été présenté dans le rapport annuel 2013

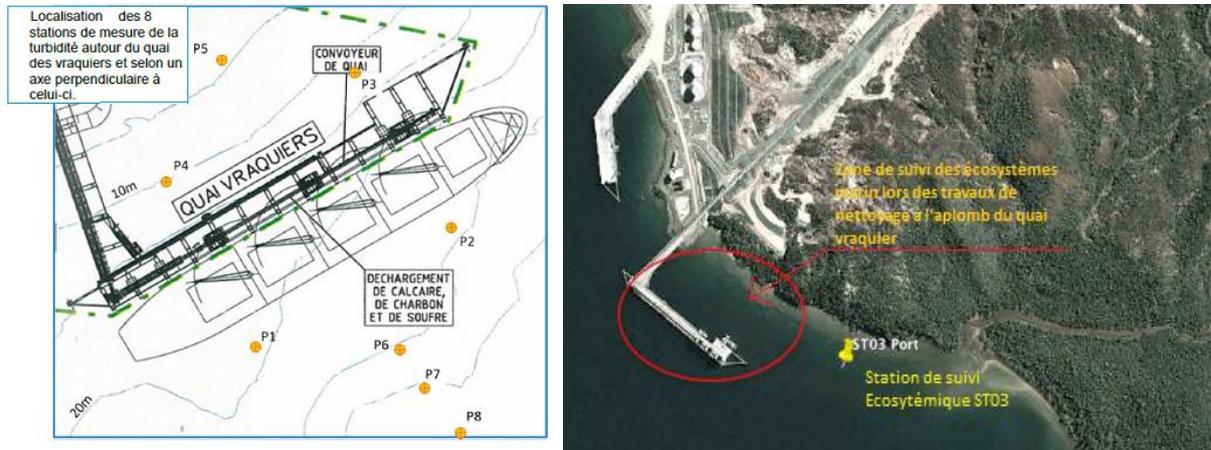
En 2014 le Comité Consultatif Coutumier pour l'Environnement (CCCE) a émis des demandes et recommandations à l'égard des chutes de vrac entre les navires vraciers (Charbon, soufre, surtout du calcaire) et le quai au moment du débarquement, ces recommandations ont été prises en compte et la méthode de déchargement a été améliorée, d'autre part il a été effectué une étude sur les différentes façon possible de ramasser le vrac relativement grossier situé sur la longueur du quai vraquier (maximum 120 m) et sur 10 à 12 m de profondeur, à l'aplomb du quai.

La solution technique d'une suceuse conduite visuellement et manuellement par des plongeurs a été retenue en raison de sa précision et de la moindre remise en en suspension de sédiments ; les missions accompagnatrices environnementales ont été désignées.

Ce travail a été conduit et achevé au premier semestre 2015. Les états des lieux d'un point de vue écosystèmes (corail, benthos, poissons) et qualité de l'eau du port, à l'aplomb du quasi vraquier et sous celui-ci, ont été conduits au temps t0 (avant les travaux), ils se sont poursuivis au temps t1 pendant les travaux et un bilan après les travaux a été effectué. (Points et zone de suivis des travaux

présentés sur la figure suivante). Les résultats sont en cours de synthèse et seront présentés dans le bilan 2015 dédié au port.

Figure 65 : Mesures environnementales de surveillance et d'accompagnement lors du nettoyage du port de Prony à l'aplomb du quai vraquier



3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal)

La dernière campagne de terrain a été réalisée en mars 2013 sur les 4 stations : St06 en baie Kué, St 16 au port, St 15 en face le creek de la Baie Nord et St 13-3 près de l'île Ouen (Nord-Est de l'île Ouen), des carottes sédimentaires de 14 à 35 cm de profondeur ont été extraites afin de déterminer les taux d'accumulation dans l'aire d'influence du complexe Vale NC.



La fréquence est triennale et il n'y a pas de campagne prévue en 2015. Les rapports concernant le suivi des taux de sédimentation sont disponibles dans le bilan annuel 2013, en voici la synthèse :

Figure 66 : Taux de sédimentation 2013

Station	Taux de sédimentation
Port	0,23 g/cm ² /an à 0,12 g/cm ² /an
Baie Kué	1,83 g/cm ² /an à 0,37 g/cm ² /an.
Baie du Prony Creek Baie Nord	0,89 g/cm ² /an à 0,45 g/cm ² /an
Est île Ouen	Trop faible taux, estimation impossible car très faible

Le cas de la Baie Kué :

Flux sédimentaire moyen à la station St06 entre 2007 et 2013 : 1, 25 g/cm²/an

Taux de sédimentation : La baie Kué présente des discontinuités

- l'horizon de 0 à -8 cm (Récent, après 2006) : 1,23 g/cm²/an à 1,83g/cm²/an
- dans l'horizon -15 cm : (Horizon profond ancien) 0,37 g/cm²/an.

Le dépôt de sub-surface témoigne d'une accumulation sédimentaire intense (1,83 g/cm²/an) liée d'une part à la grande extension du bassin versant de la Kwé et d'autre part, à l'érosion des constructions coralliennes qui constituent une importante partie de l'estuaire. Cette altération est mise en évidence par l'importante concentration en calcium ; les carbonates biogènes représentent 56,6 ± 2,0 % de la masse sédimentée

Tableau 36 : Composition minéralogique des sédiments pour les horizons (0-1 cm), (1-2 cm), (17-18 cm) et (33-34 cm) de la carotte St06 Baie Kué

HORIZON				MINERAL		autres
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Kaolinite	
0 - 1 cm	-	▲	▲	▲	Δ	-
1 - 2 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	-
17 - 18 cm	▲	▲	-	▲	Δ	-
33 - 34 cm	-	▲	▲	▲	▲	Δ

▲ = présence ; Δ = Probabilité de présence à l'état de traces (minimum 5% massique)

Influence marine

Influence terrigène

Le tableau ci-dessus présente la composition minéralogique des sédiments de la carotte St06 prélevée dans le chenal au centre de la baie Kué. Les minéraux comme la calcite, l'aragonite et la calcite magnésienne sont largement majoritaire et marquent ainsi la forte influence marine, par contre la présence de goethite signe l'influence des apports terrigènes d'origine latéritique.

Remarquons que même dans les sédiments les plus anciens (et profonds) il y a toujours de la goethite qui montre une influence terrigène constante et très ancienne en baie Kwé.



A la station ST13 Île Ouen il n'y en a pas, même dans la strate récente comme le montre le tableau suivant.

Tableau 37 : Composition minéralogique des sédiments pour les horizons (0-1 cm), (1-2 cm), (17-18 cm) et (33-34 cm) de la carotte St 13 de l'île Ouen

HORIZON				MINERAL		autres
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Kaolinite	
0 - 1 cm	▲	▲	▲	Δ	Δ	-
1 - 2 cm	▲	▲	▲	Δ	Δ	-
7 - 8 cm	▲	▲	▲	Δ	Δ	-
11 - 12 cm	▲	▲	▲	Δ	Δ	-

▲ = présence ; Δ = Présence à l'état de traces (minimum 5% massique)

Influence marine

Influence terrigène

Et bien sûr en Baie du Prony, cet indicateur Goethite terrigène est présent, dans le passé comme dans l'horizon récent, accompagné de la Kaolinite. Et plus on s'enfonce en baie du Prony plus l'influence terrigène se renforce au détriment des sédiments marins, et ceci pareillement dans les horizons récents et anciens.

Tableau 38 : Composition minéralogique des sédiments pour les horizons (0-1 cm), (1-2 cm), (17-18 cm) et (33-34 cm) de la carotte St 15 en rade Nord de la baie du Prony et St 16 port de Prony

St15. HORIZON				MINERAL		
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Halite	Kaolinite
0 - 1 cm	-	Δ	Δ	▲	Δ	Δ
1 - 2 cm	Δ	▲	Δ	▲	-	▲
14 - 15 cm	Δ	▲	Δ	▲	-	▲

▲ = présence ; Δ = Présence à l'état de traces (minimum 5% massique)

St16. HORIZON				MINERAL		
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Halite	Kaolinite
0 - 1 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
1 - 2 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
7 - 8 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
13 - 14 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ

▲ = présence ; Δ = Présence à l'état de traces (minimum 5% massique)

Photographies 3 : Contexte calédonien habituel suite à un épisode pluvieux (canal Woodin, hors influence Vale NC)



3.2.8. La qualité des sédiments

La dernière campagne d'analyse de la qualité des sédiments a eu lieu en 2012, (Cf. bilan des suivis 2012), ce suivi étant triennal (sauf au port où il est annuel), une campagne est en cours en 2015 et les résultats seront présentés dans le bilan annuel.

3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents

S1/2015 n'a pas donné lieu à des incidents ou pollutions.

La réparation définitive de l'émissaire a été conduite au premier semestre 2015 en évitant d'empiéter sur la saison de présence maximale des baleines à bosse dans le lagon et avec toutes les mesures environnementales d'accompagnement et de surveillance prises. L'ensemble de ces travaux a été présenté en CICS (Comité d'Information, de Concertation et de Surveillance) en aout 2015.

4. CONCLUSION

	Rapport finalisé et remis aux administrations de contrôle
	La mission est en cours et sera analysée dans le rapport de fin d'année

	Indicateurs conformes
	Indicateurs en tendance évolutive. Suivi renforcé.
	Alerte pour modification, pollution ou incident environnemental

Tableau 39 : Tableau 30 : Synthèse des résultats des missions réglementaires de suivis du milieu marin du Premier semestre 2015.

Suivi réglementaire S1/2015	Indicateurs	Premier semestre 2015	
Structure de la colonne d'eau de mer	Physique Chimique	Pas de non-conformité par rapport aux valeurs attendues, Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent et au niveau du port de Prony ou baie Kué.	Rapport semestriel
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique	Pas de non-conformité par rapports aux valeurs attendues, Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent et au niveau du port de Prony ou baie Kué.	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	<p style="color: green;">Conforme aux états attendus</p> <p style="color: orange;">La station ST08 (située entre la baie Kué et la baie de Port Boisé) avait été affectée par les violents épisodes pluvieux 2011 et 2013, sa résilience est en cours mais cette station reste fragilisée par des causes multifactorielles.</p> <p style="color: green;">La biodiversité des poissons exceptionnelle</p> <p style="color: green;">Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent</p>	
Bio accumulation Sur transplants	Bio accumulateurs	En cours	
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal, dernière mission en 2013, prochain suivi en 2016	
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	En cours	
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique	<p style="color: orange;">En baie Kwé : Le ratio Ca/fer qui indiquait une moindre influence terrigène est en diminution et à suivre .Flux de MES très faible en rade Nord et rien d'anormal dans le canal de la Havannah à 60 m du diffuseur</p>	Rapport Semestriel
Suivi spécial de la zone portuaire	Physique Chimique Et sédiments	<p style="color: green;">Pas de pollution</p> <p style="color: green;">Pas d'hydrocarbure détecté</p> <p style="color: green;">Indicateurs stables</p>	Rapport annuel

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION

- En amont : la qualité de l'effluent traité fait l'objet d'un rapport séparé qui lui est dédié, la surveillance de la qualité des rejets et de leur conformité est, bien sûr, corrélée avec les suivis du milieu récepteur. En 2014/2015 une étude statistique sur les concentrations représentatives de chaque paramètre de l'effluent tel que rejeté (après traitement mais avant dilution) a été conduite.
- Le recoupement de toutes les informations données par les paramètres analysés (ou observés) est cohérent, il démontre que le suivi des indicateurs réglementaires est pertinent, cependant le retour d'expérience permettra une optimisation. Une expertise est conduite par l'INERIS/IFREMER afin d'établir un bilan de ces 7 années de suivis marins et d'optimiser le plan au regard des acquis. Elle sera finalisée fin septembre 2015.
- L'ensemble cohérent des suivis montre que les conditions météorologiques extrêmes (cyclone et fortes dépressions tropicales) sont les causes premières et cycliques des variations des paramètres, tous les indicateurs subissent leur influence. La cyclicité des effets des apports d'eau douce dans les baies côtières et des réponses des écosystèmes coralliens qui ont développé des stratégies adaptatives, est de mieux en mieux connue au cours des missions. En 2014/2015 le blanchiment corallien est minimal (en relation avec la météorologie, rappelée dans un chapitre qui lui est dédié).
- Il n'y a pas eu de pollution ni d'affectation sur le milieu marin, au vue des états initiaux et des tendances évolutives : la qualité du milieu marin est bonne, notamment sur les indicateurs poissons dont la biodiversité est en hausse. L'effluent marin n'a causé aucune modification sur le milieu environnant, comme attendu par les modélisations et l'ensemble des expertises antérieures. Le port fait l'objet d'un suivi trimestriel, il ne présente aucun indicateur détectant une affectation. La baie Kué mérite un suivi soutenu (tel qu'il est réalisé) avec une éventuellement renforcement qui sera ciblé par les recommandations pour une optimisation du plan de suivi ; le suivi actuel place déjà la baie de Port boisé en « homologue comparatif » de la baie Kué.
- Il n'y a aucune modification d'origine anthropique au niveau de la station suivie en réserve Merlet, qui est hors zone d'influence de Vale NC. De même sur la côte Nord de l'île Ouen sur les stations dans le canal Woodin.
- La mise en commun de tous les indicateurs suivis, qu'ils soient instantanés ou intégrateurs, biologiques, chimiques ou physiques, est nécessaire ; la qualité du milieu ne peut pas être décrite par un seul paramètre, une synthèse raisonnée de tous les indicateurs est indispensable. Un écosystème en bonne santé n'est pas pour autant dépourvu d'un stress sur un indicateur. L'extériorisation des suivis marins auprès d'experts reconnus qui travaillent en synergie garantit cette analyse globale.
- Une attention est aussi portée aux éventuelles espèces exogènes ou envahissantes. Aucune de celles-ci n'a été détectée et il n'y pas eu de bloom d'algues macrophytes ou de cyanophycées sur les stations suivies.
- De nouvelles technologies, stations et paramètres supplémentaires ont été testés et leurs réponses seront prises en compte dans l'optimisation du plan de suivi, fin 2015.

Bilan des non-conformités

Aucune « non-conformité » n'a été constatée pour le milieu récepteur marin au cours de ces suivis S1/2015, en comparaison avec les données des états des lieux et des suivis précédents.

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>adeti</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>

Famille	Genre	espèce
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>flavissima</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>tibicen</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>vroliki</i>
	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>
	<i>Pomacanthus</i>	<i>sextriatus</i>
	<i>Pygoplites</i>	<i>diacanthus</i>
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>microrhinos</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>trioestegus</i>
	<i>Acanthurus</i>	spp
	<i>Ctenochaetus</i>	spp
	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>

Famille	Genre	espèce
Acanthuridae	<i>Naso</i>	spp
(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

**Mission du premier semestre 2015
S1/2015**

ANNEXE III

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

Rapport : Mission du premier semestre 2015

S1 / 2015

(Le DVD qui archive de façon filmée chaque transect inventorié est disponible sur demande).

ANNEXE IV

LES FLUX SEDIMENTAIRES

ANNEXE V

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ACREM	Association Calédonienne de Recherche en Environnement
ANOVA	Analysis Of Variance", ou "Analyse de la Variance".
CCCE...	Comité Consultatif Coutumier Environnemental
CICS	Comité d'Information, de Concertation et de Surveillance
CNRT....	Centre National de Recherche Technologique
DENV	Diecton de l'Environnement de la Province Sud
DIPMENC	Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie
F0 95	Seuil de confiance choisi 5%, le choix du risque est de 5%, l'hypothèse est vérifiée à 95%
ICPE	...Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INERIS	Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels
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)
ONGOrganisations non gouvernementales
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

PARAMÈTRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
CaCO ₃	Carbonates de calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone organique total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre
DBO ₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
Fell	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

