Suivi environnemental
Second semestre 2014
Année 2014

MILIEU MARIN

Vale Nouvelle-Calédonie
Année 2014

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 3

1.1. LOCALISATION 3
1.1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC 3
1.1.1.2. 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) 4
1.1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (Stations nommées ST) 5
1.1.1.4. Stations de suivi de la biodisponibilité des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (*Le caging*). 8
1.1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Nom des stations : S) 9
1.1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire 10
1.1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaires 11
1.2. INDICATEURS SUIVIS 13
1.3. METHODES 18
1.3.1.1. Qualité des eaux marines : structure de la colonne d'eau et paramètres physico-chimiques 18
1.3.1.2. Structure physique de la colonne d'eau 18
1.3.1.3. Qualité chimique de la colonne d'eau 20
1.3.1.4. Fréquences des suivis physico-chimiques 26
1.3.1.5. Validation des résultats 26
1.3.1.6. Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées 28
1.3.1.7. Méthodologie 28
1.3.1.8. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes 32
1.3.1.9. Validation des résultats 33
1.3.1.10. Bio - disponibilité des métaux dans le milieu et espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines 34
1.3.1.11. Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures 36
1.3.1.12. Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments 37
1.3.1.13. Les sédiments : Flux sédimentaires 38
- 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 39

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT 41

2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2014 42
2.2. CARTOGRAPHIE : PRESSIONS ET ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS 43

3. RESULTATS (SECOND SEMESTRE 2014) 47

3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES 47
3.2. VALEURS OBTENUES (SECOND SEMESTRE 2014) 51
3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer 51
3.2.2. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées 76
3.2.2.1. Rappels météorologiques 77
3.2.2.2. Bilan des observations par station suivie (au premier semestre 2014) 78
3.2.2.3. Comparaisons spatiales entre stations 81
3.2.2.4. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007 91
3.2.3. Suivi des bio-indicateurs transplantés (*le caging*) 101
3.2.4. Suivi des flux sédimentaires 104
3.2.5. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments 110
3.2.6. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal) 123
3.2.6.1. Evaluation et conséquences des incidents 127

4. CONCLUSION 128

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION 129

Annexes

Annexe 1	Liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique selon le plan de suivi règlementaire.
Annexe 2	Rapport S2/ 2014 : 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). Bases de données en fin de rapport.
Annexe 3	Rapport S2/ 2014 : Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah (Premier semestre 2014 : S1/2014).Base de donnée en fin de rapport.
Annexe 4	Rapport S2/ 2014 : Les flux sédimentaires (Second semestre 2014 : S2/2014)
Annexe 5	Rapport 2014 : Port de Prony Station Qualité de l'eau St 16 (Année 2014)
Annexe 6	Rapport 2014 : Port de Prony Station Sédiments St 16 (Année 2014)
Annexe 7	Rapport 2014 : Transplantation de bivalves bios accumulateurs en cages.
Annexe 8	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 règlementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter (du port et de l'usine) et de la Convention (CCB) 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 second semestre et de l'année 2014 : **Bordure verte**
- Conclusion : **Bordure noire**

Les « plus » supplémentaires 2014

Les « high light »

Les points d'attention soutenue

Les points positifs

Les points du suivi ciblés pour une surveillance attentive et accrue

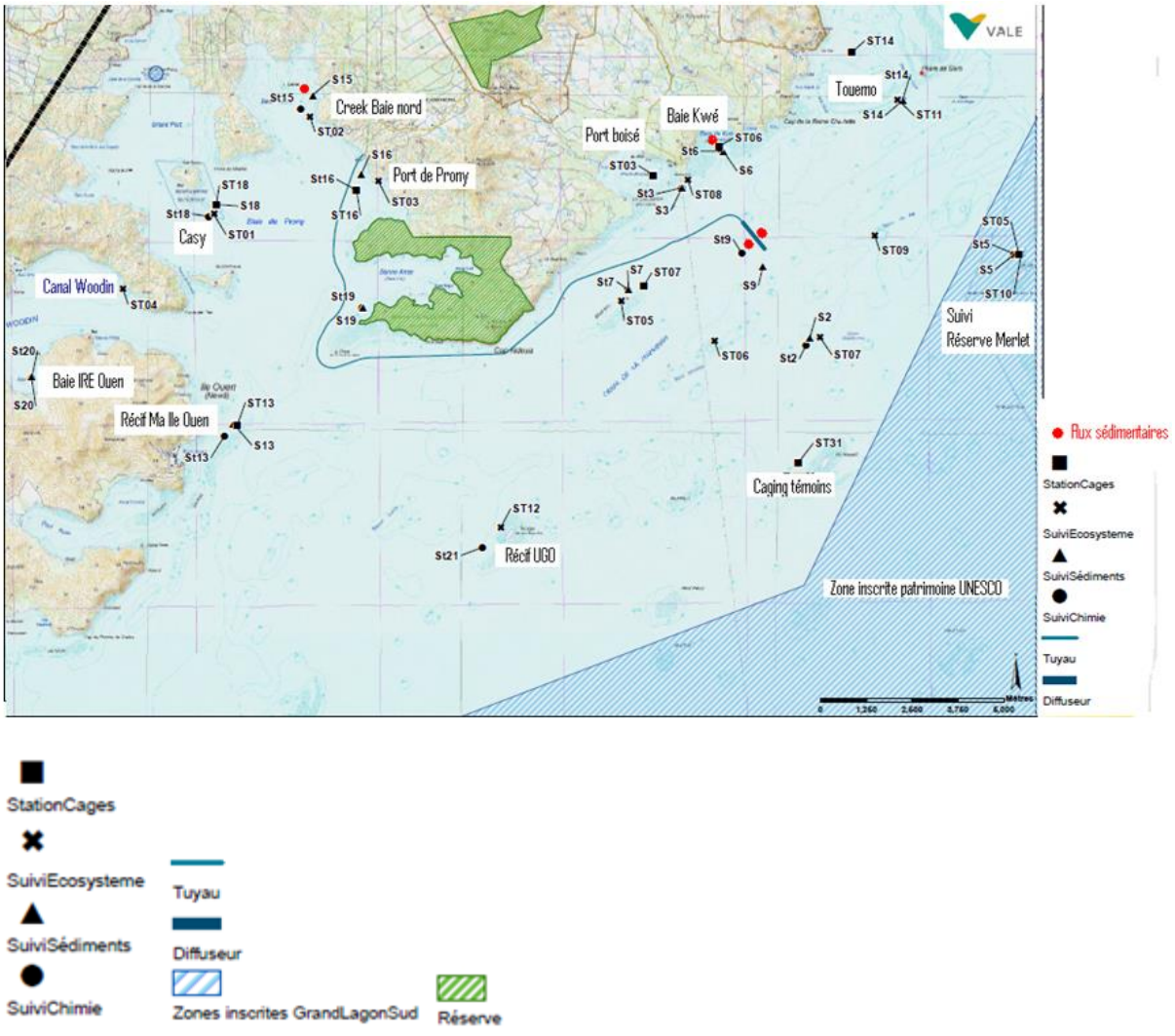
1. ACQUISITION DES DONNEES

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 suivi règlementaire et conventionnel du milieu marin.

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin/2014.



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.

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 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 règlementaires 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 loro	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.

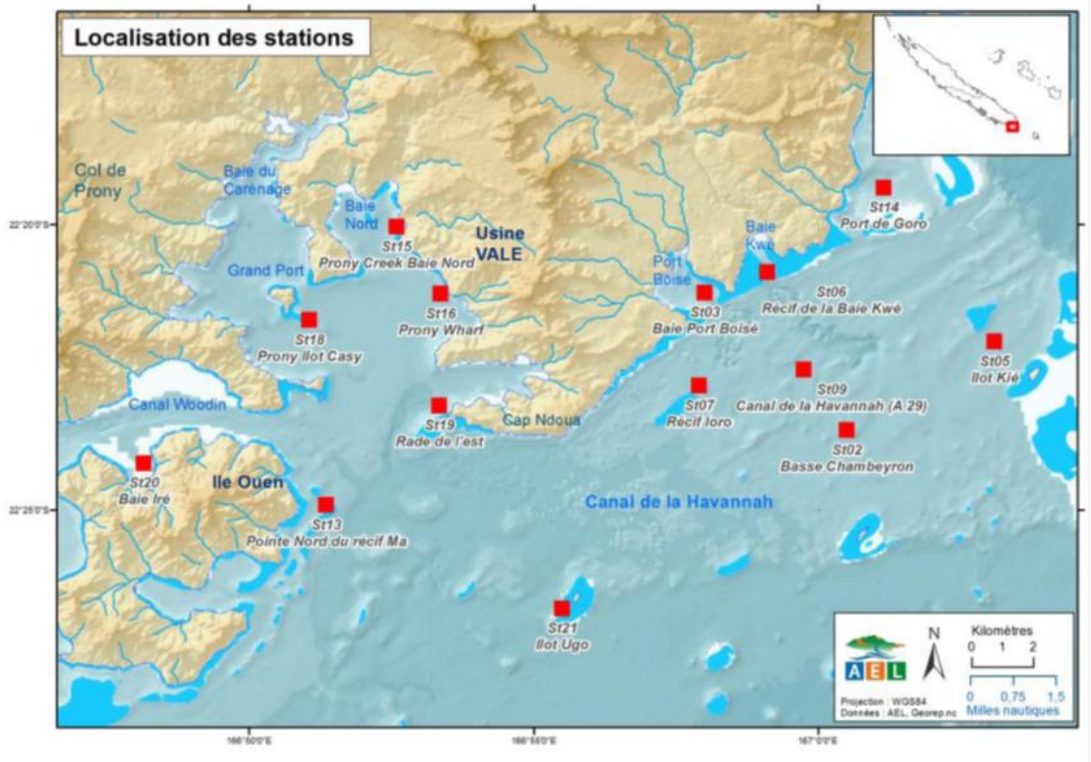


Figure 3 : localisation précise des stations de suivi de la qualité de l'eau en baie de Port Boisé et Baie Kué

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 règlementaires 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)**

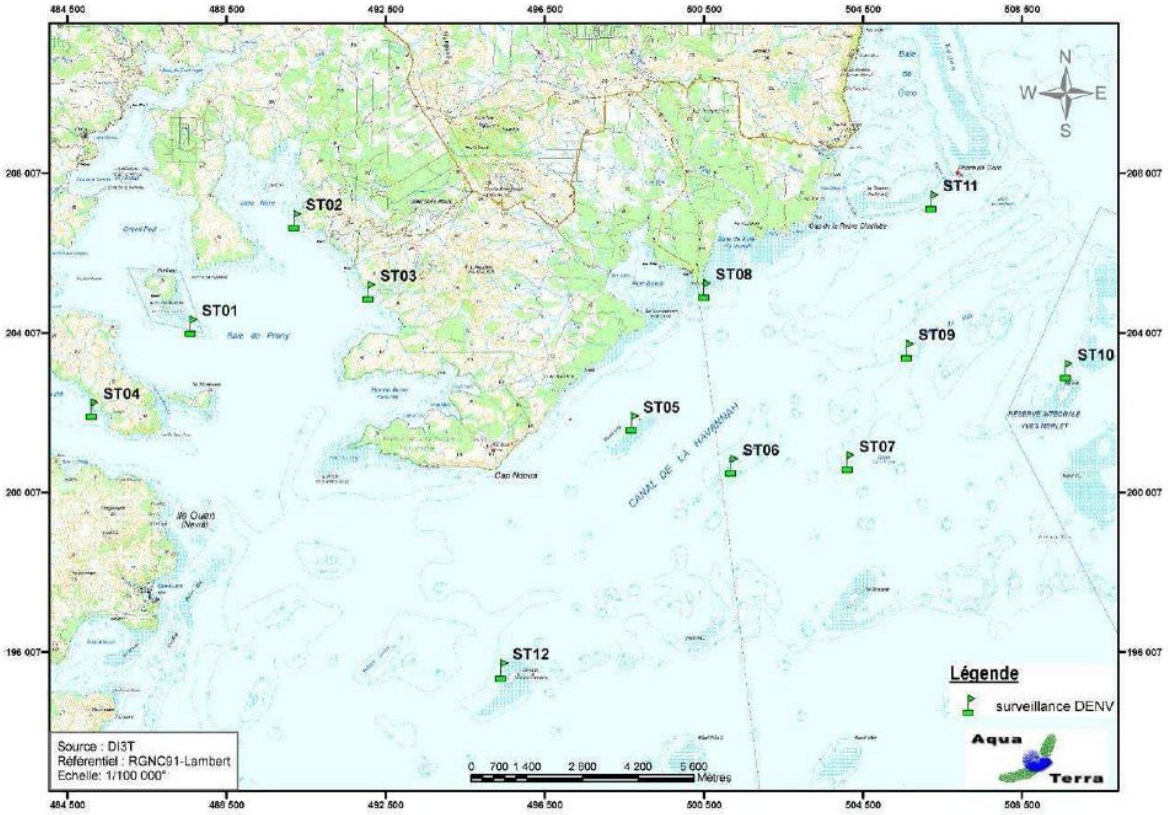
Stations 2014	Localisation	Longitude	Latitude
ST05	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072
ST06	Banc Ionontea	166°58.995	22°23.650
ST07	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591
ST08	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243
ST09	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070
ST010	Ilot Kié Réserve Merlet	167°03.862	22°22.324
ST011	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 CCB (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.

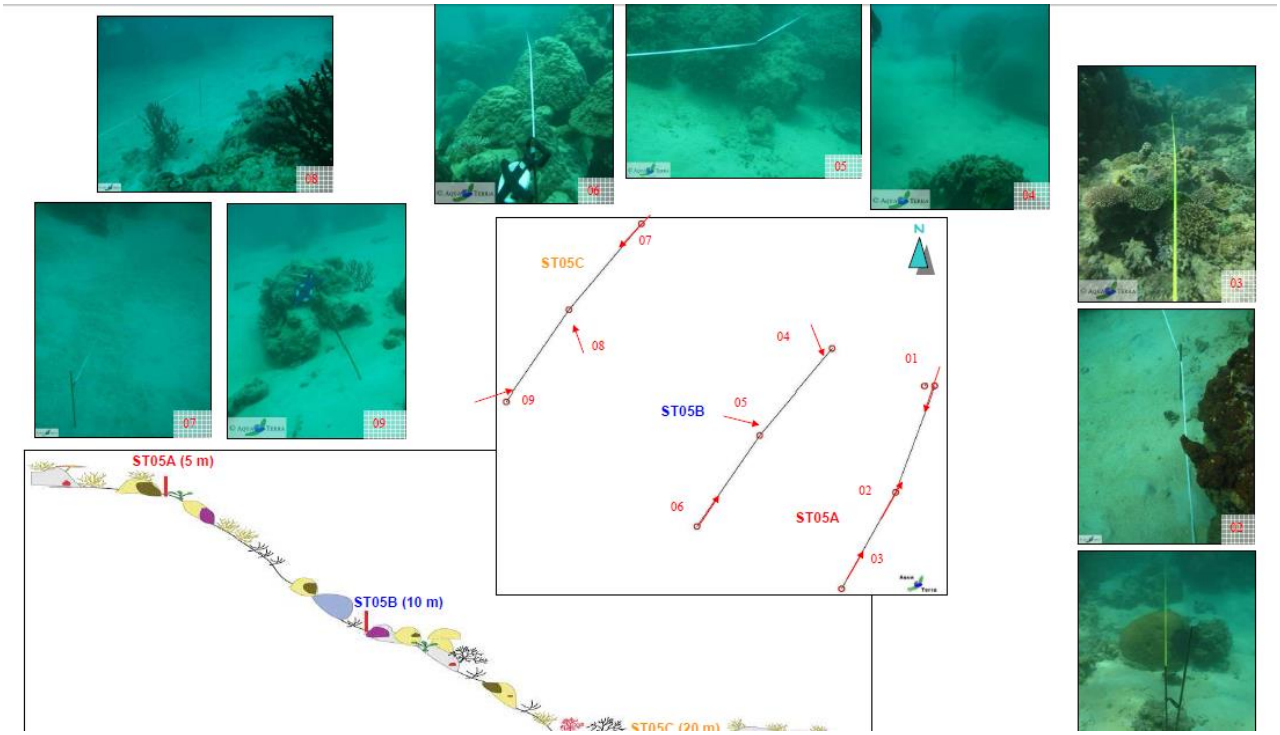
Une station est constituée de 3 *transects* fixes délimités sur le fond par des piquets implantés et entretenus à chaque visite. Elle peut exceptionnellement ne comporter que 2 *transects* si la topologie du fond ne permet pas d'en placer trois.
Un schéma structural de chaque station est réalisé à la 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 et à la méthodologie qui lui sont imposés par les arrêtés ICPE (2007) et la Convention CCB avec la Province Sud (2008). Un atelier a travaillé pour définir la méthodologie à suivre, en mars 2006, sous l'impulsion de la DENV et des biologistes marins calédoniens ayant participé aux états des lieux.

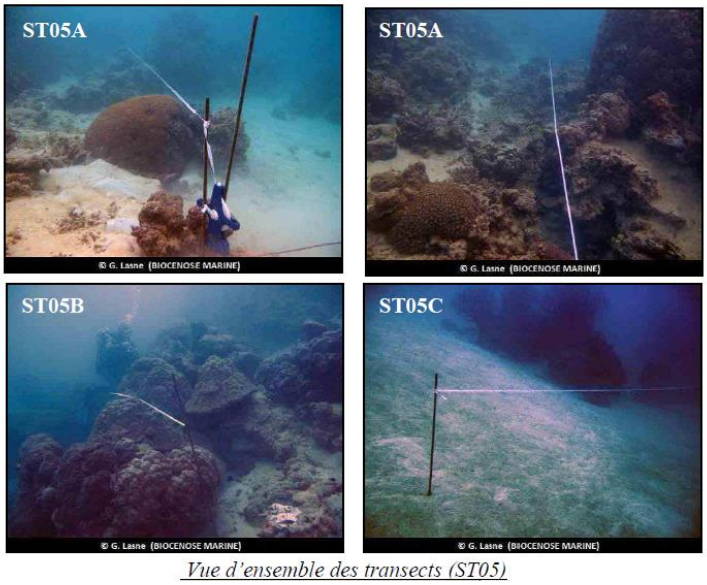
Les stations ciblées par ce plan de suivi ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis le début des suivis 2007, avec un recul de 13 inventaires minimums sur celles-ci (à ce jour). Aucune n'a jamais été abandonnée ou modifiée.

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

Figure 5 : Exemple de schéma structural qui représente une station : La stationST05



Les 3 *transects* (A, B et C) sont à 3 profondeurs différentes et sans réplicas, selon les exigences du plan de suivi imposé.



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*).

Tableau 4 : Localisation géographique 2014 des lieux de position des cages, référentiel WGS-84

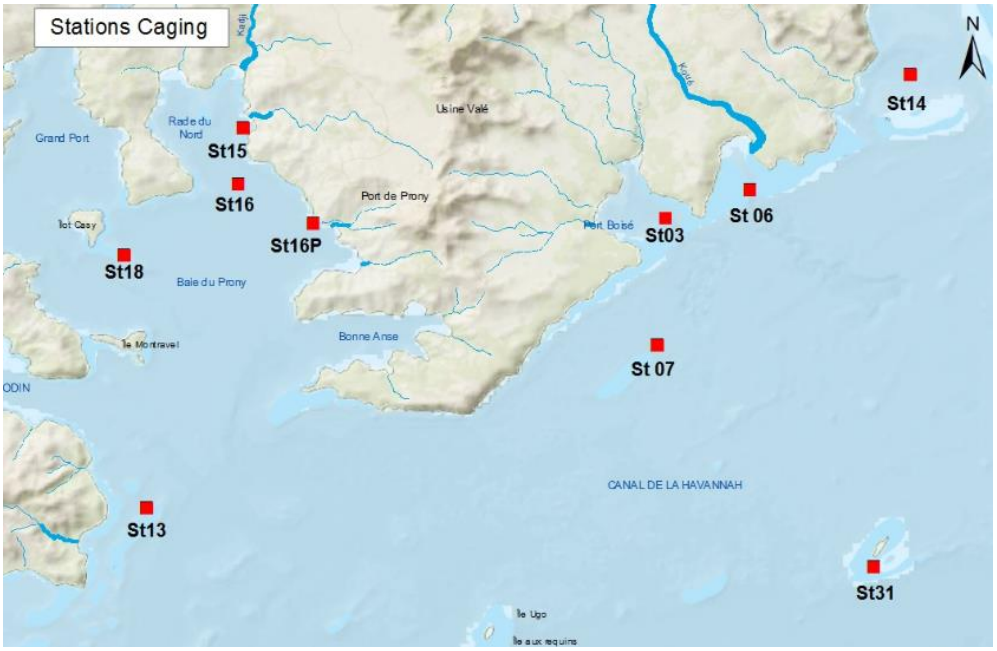
Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur de la zone (en m)	Profondeur d'immersion de la cage (en m)
Chenal Baie Port Boisé	St03	166°59,104	22°20,852	28,4	10,5
Chenal de la Baie Kwé	St06	166°59,105	22°20,853	27,2	10
Récif Ioro	St07	166°57,847	22°23,053	38,5	12,5
Pointe Nord du récif Ma	St13	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 renforcent volontaire du suivi par Vale NC et en préparation des optimisations à venir du plan de suivi réglementaire.

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



Il existe 8 +2 stations de transplantation d'espèces bio-indicatrices en cages. Le choix de leur position a été effectué d'après les conseils d'experts, suite aux études prédictives du comportement

de l'effluent[1] et les modélisations de sa dispersion (et après validation par la direction de l'environnement de la province Sud – DENV- en 2009)

Elles 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 quasi le quai du Port.
– 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. Ces bouées de sustentation et de marquage ne doivent pas être visibles depuis la surface.

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.

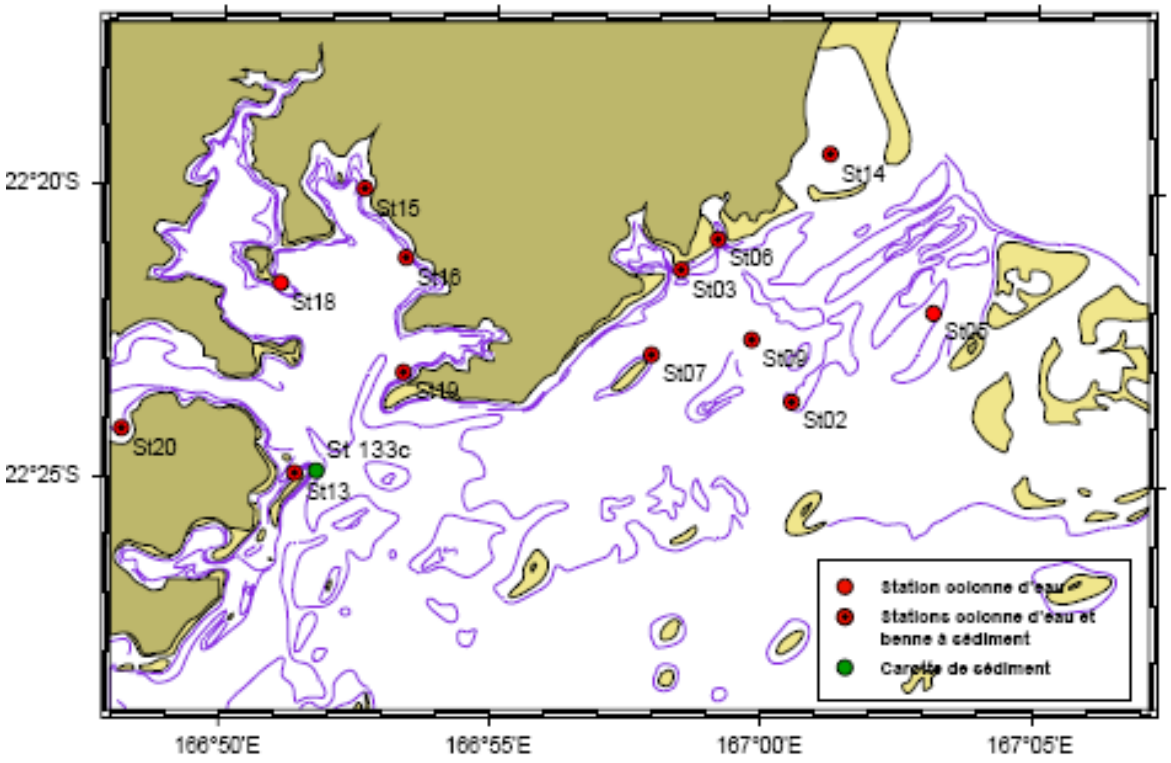
Tableau 5 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84

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 loro	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 montre ces stations de surveillance.

[1] Convention de recherche IRD-Vale Nouvelle-Calédonie n°1124 : *« Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie »* portant sur 3 années d'étude, de 2007 à 2009.

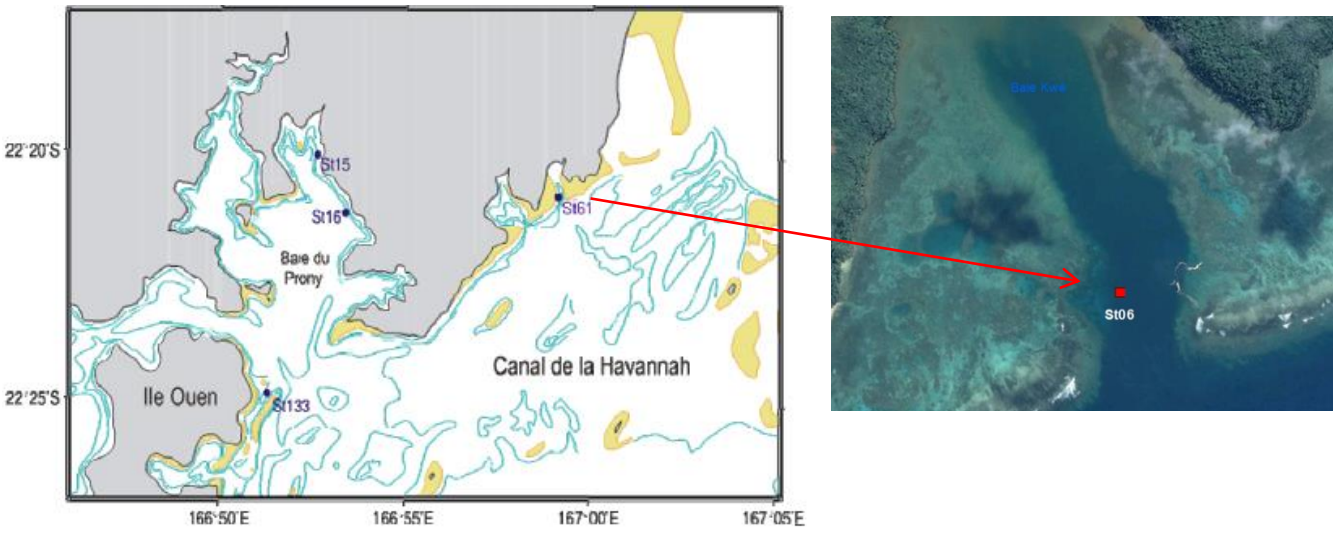
Figure 7 : Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte St133 de l'Île Ouen



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. 3 stations sont suivies de façon triennale (conseil des experts des plans de suivi sur la fréquence à suivre pour un taux d'accumulation) et 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 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 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 sont listées dans les chapitres précédents, elles sont inscrites dans l'arrêté ICPE 2007 et dans la convention CCB Vale NC/Province- Sud- 2008.Vale NC s'y conforme entièrement. Cependant la surveillance effectuée par Vale Nouvelle-Calédonie est plus poussée que celle qui est imposée par les prescriptions réglementaires, en fonction des évènements et à titre d'amélioration continue.

Les résultats des suivis supplémentaires sous l'initiative de Vale Nouvelle-Calédonie (stations supplémentaires, *transects* en zone peu profonde, 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, la qualité sanitaire des espèces consommées, le Hg, etc.), ne sont pas tous inclus en intégralité dans les rapports des suivis semestriels réglementaires.
Cependant ces résultats d'études supplémentaires sont communiqués aux autorités compétentes, de façon automatique si la mission supplémentaire émane d'elles ou à leur demande s'il s'agit d'une suivi entièrement volontaire de la part de Vale NC.
Vale NC garde l'initiative de telles études quand elles ne sont pas réglementaires, ni via les arrêtés ICPE ni via la Convention pour la conservation de la biodiversité (CCB).

Ce plan de suivi est respecté depuis 2008, il est en cours (fin 2014, premier semestre 2015) 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 (2008/2014).

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

	Stations	LIT SUBSTRAT 28 items	BENTHOS	POISSONS 1. Nb Individus 2. Densité 3. Biomasse/m² (Sur liste restreinte imposées)
Baie du Prony	ST01	X	X	XXX
	ST02			
	ST03			
Canal Woodin	ST04			
Canal de la Havannah	ST05	X	X	XXX
	ST06			
	ST07			
	ST08			
	ST09			
	ST11			
	ST12			
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 : Algues et coquillages en cages, les paramètres suivis sont les suivants:

			Métaux								
		Indice de condition physiologique	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	+Hg
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										

En 2014 Vale NC a ajouté volontairement le mercure Hg à la liste des métaux suivis, en réponse à une recommandation ponctuelle 2014 de l'ARC.
Cet élément ne fait pas partie du plan de suivi du milieu marin (Noter que Hg est bien surveillé, mais dans la qualité de l'effluent traité rejeté, avec une recherche de LQ inférieure au µg/L)

- **Les Indicateurs physico -chimiques** :

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

Tableaux 8 : Ensemble des paramètres physiques et chimiques suivi selon les obligations réglementaires et conventionnelles, à 3 profondeurs sur chaque station

COLONNE D'EAU

Suivi semestriel (Février/août)

	Station	PHYSICO-CHIMIE						ELEMENTS MAJEURS							SELS NUTRITIFS				MATIERE ORGANIQUE								ELEMENTS METALLIQUES									
		T	S	F	turb	MES	pH	Ca	K	Mg	Na	CO3	Cl	SO4	NO3	NH4	PO4	SiO4	NOD	POD	COP	NOP	POP	Chl	HCT	Phéo	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Cr(VI)
Baie du Prony	St14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C Woodin	St20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Canal de la Havannah	St02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St03	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St06	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St07	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St09	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

HCT= Hydrocarbure totaux ; CO3= Carbonates (Au port ST16 et en face le creek de la Baie Nord ST15) ; S : surface, F : au fond ; T : zone intermédiaire.

Suivi trimestriel (Mai/Nov.)

	Station	PHYSICO-CHIMIE						ELEMENTS MAJEURS							SELS NUTRITIFS				MATIERE ORGANIQUE								ELEMENTS METALLIQUES									
		T	S	F	turb	MES	pH	Ca	K	Mg	Na	CO3	Cl	SO4	NO3	NH4	PO4	SiO4	NOD	POD	COP	NOP	POP	Chl	HCT	Phéo	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Cr(VI)
Baie du Prony	St14	x	x	x	x	x	x			x				x											x			x	x		x	x		x		x	x
	St15	x	x	x	x	x	x			x		x		x											x			x	x		x	x		x		x	x

A minima 1400 analyses par semestre. En 2014 (second semestre) Vale NC a ajouté volontairement le mercure Hg à la liste des métaux suivis via le plan de suivi marin, en réponse à une recommandation ponctuelle de l'ARC, (Hg est bien suivi dans la composition de l'effluent traité avant rejet, de façon réglementaire). Les échantillons d'eau doivent être exportés hors territoire pour analyse du Hg.

.

GEOCHIMIE DES SEDIMENTS

		PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE (PHASE OXYDABLE)								GEOCHIMIE (PHASE ACIDO-SOLUBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REDUCTIBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REFRACTAIRE)							
	Station	Gr	Min	Carb	S-lix	S-éch	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	St14	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St15	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St18	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St19	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C Woodin	St20	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Canal de la Havannah	St02	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St03	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St05	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St06	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St07	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St09	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St13	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St21	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Suivi triennal (2015)

Prochain suivi en 2015 pour les 14 stations, mais au niveau du port le suivi est annuel pour les sédiments

Suivi annuel — Baie du Prony — St16

		PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE (PHASE OXYDABLE)								GEOCHIMIE (PHASE ACIDO-SOLUBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REDUCTIBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REFRACTAIRE)							
	Station	Gr	Min	Carb	S-lix	S-éch	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

En 2014 (second semestre) et 2015 Vale NC a ajouté volontairement le mercure Hg à la liste des métaux suivis, en réponse à une recommandation ponctuelle de l'ARC.

Cela correspond à environ 490 analyses triennales (sans compter les dupliquas) et pour le port/sédiments 35 analyses annuelles, à minima.

TAUX D'ACCUMULATION

			PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE					
		Station	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	x
	C Havannah	St13-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	B du Prony	St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

			PHYSICO-CHIMIE						GEOCHIMIE (ELEMENT TOTAUX)						
		Station	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	x
		St60-NE	x	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	x

Total du nombre d'analyses (et de données) annuelles pour une année de suivi triennal des sédiments : >1986 (hors dupliquas AQCQ, hors « caging » (>90 données à analyser) et hors suivi Eco systémique)

Total du nombre d'analyses (et de données) annuelles, hors années de suivis des sédiments : >1500 (hors dupliquas AQCQ, hors « caging » (>90 données à analyser) et hors suivi Eco systémique.

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					
Bord de côte P-Boisé-Goro	*St03, St06, St14*	*X*	*X*				*X*
Ile Ouen	*St13, St20*	*X*	*X*				*X*
Baie du Prony	*St15, St16, St18, St19*	*X*	*X*		X		*X*
Canal Havannah (centre)	*St02, St05, St07, St09*	*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 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.

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

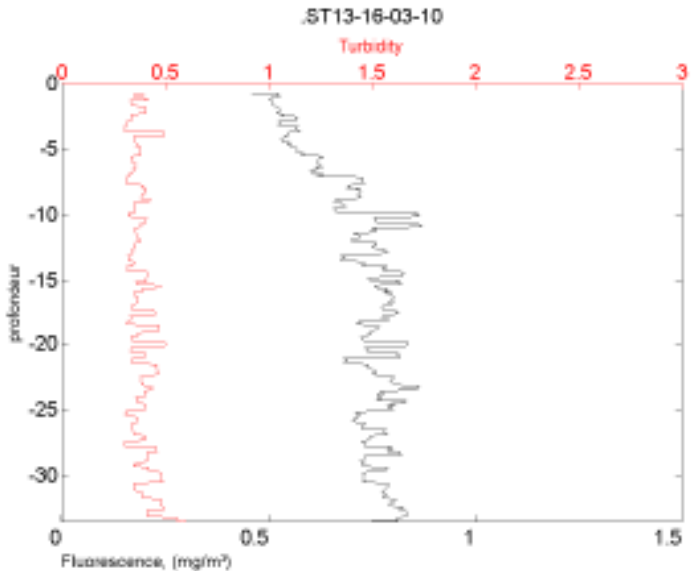
Les paramètres suivis en sub-surface (à moins de 3 m de profondeur), à mi- profondeur et au fond (à moins de 3 m du fond) de la colonne d'eau sur chacune des 14 stations sont les suivant :

- température,
- salinité,
- fluorescence, *irradience*
- turbidité,

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 florescence 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).

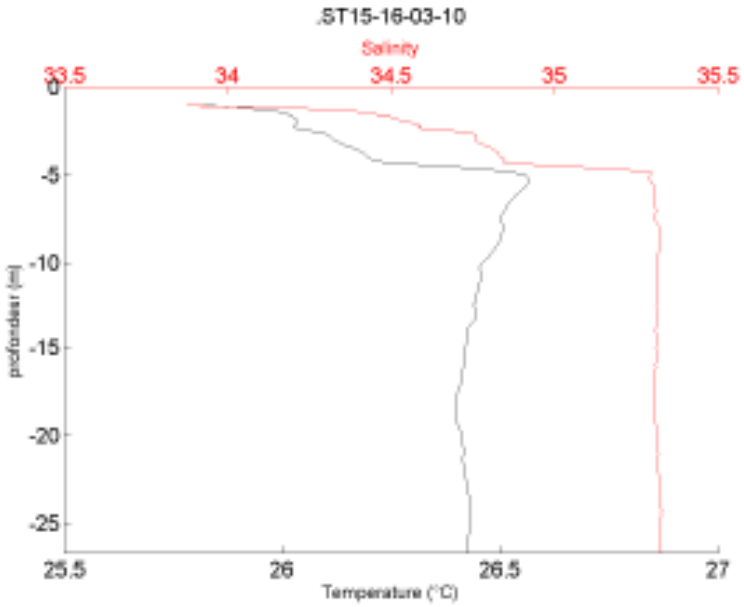
La transparence de l'eau, quant à elle, dépend de la coloration de l'eau (liée à la présence de substances dissoutes) et des teneurs en MES, provenant du lessivage des sols (particules terrigènes), de l'érosion des fonds marins et de l'activité biologique.
Il y a donc une corrélation entre MES et la 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. L'eau de surface véhiculée par ce creek est nettement détectée et indiquée par le profil des courbes : dessalure sur les 6 premiers mètres, température de l'eau de surface plus basse. L'état de la marée et la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés, ils sont corrélés à la structure de la colonne d'eau.
Dans le canal de la Havannah le profil vertical est homogène (verticalement rectiligne) et non influencé par l'effluent.

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 **Salinité**	Pression (db) Mesure de la conductivité (S.m-1)	0,001%	0-350 db 0-9 S/m	0,35 0,0005	0,007 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
Irradience	Atténuation lumineuse	Sans unité			

NB : la turbidité par mesure de la néphélométrie 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)

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 (NH_4^+) :** dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excrétions 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 (NO_3 et NO_2)** : l'ion nitrate NO_3 est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale (NO_3). Si la vitesse de régénération est différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.
- **Les phosphates (PO_4^{2-}) :** dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions ortho-phosphates ($PO4^{2-}$). Leur concentration dépend de phénomènes physiques et biologiques ou chimiques. Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique. En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.
- **L'azote organique dissous NOD et le phosphore organique dissous POD :** la contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique ou terrestre. D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan.
- **Azote, phosphore et carbone particulaires :** 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 ($SiO4^{4-}$), 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
NH_4	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
NO_2 + NO_3	Auto analyser Technicon	Outot 1988	0,002 µmol/L
PO_4	Auto analyser Technicon	Murphy et Riley 1962	0,01 µmol/L
SiO_4	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 contractions 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).

Au second semestre 2014 et en 2015, le Hg est ajouté, les échantillons sont exportés en métropole.

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 est ajouté poncutellment 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

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)	0,012 µg/L
Cd	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,1 µg/L
Cu	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,015 µg/L
Fe	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,011 µg/L
Mn	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,011 µg/L
Ni	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES	0,012 µg/L
Pb	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,25 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	0,01 µg/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.

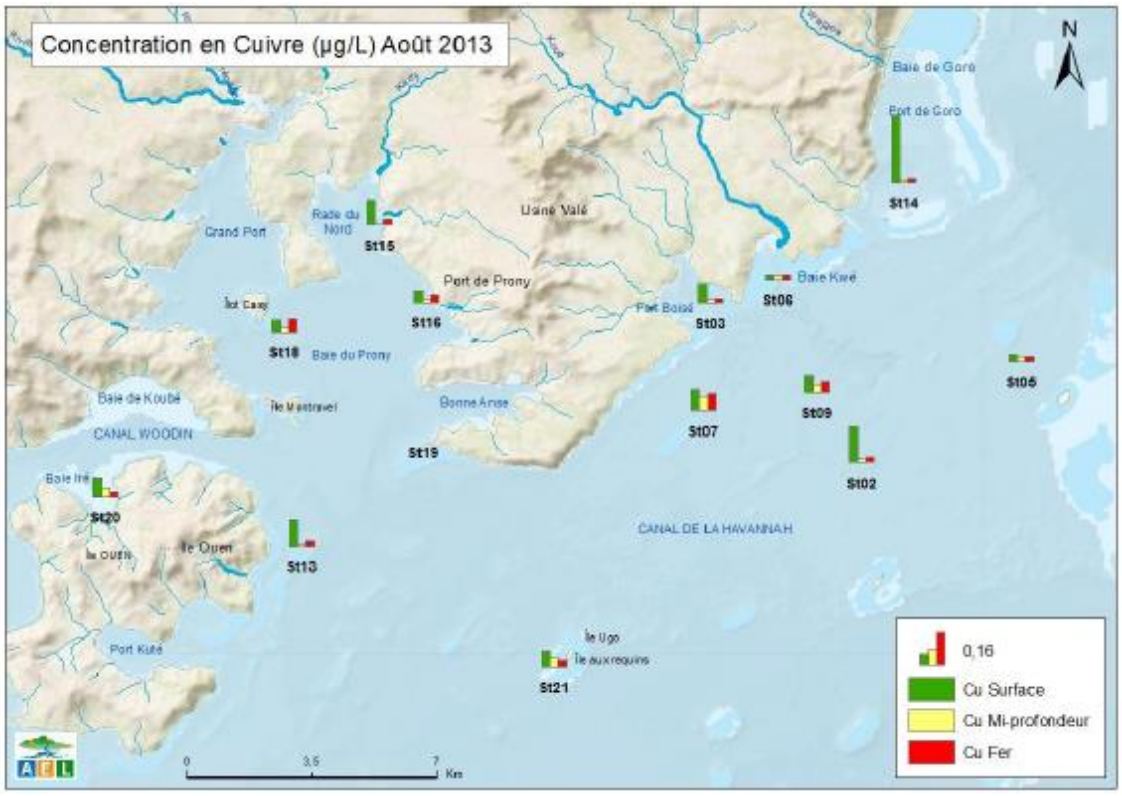
- La surveillance à l'égard des nouvelles technologies est aussi effectuée.

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.

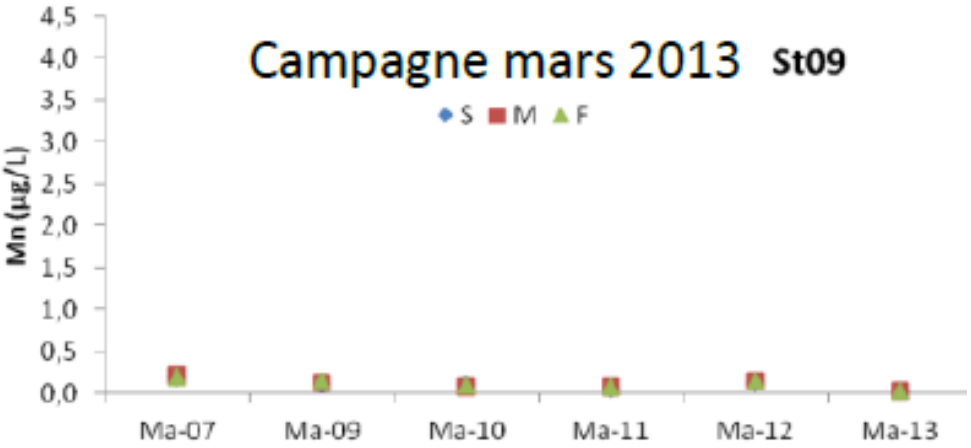
Figure 11 : Concentrations en cuivre dissous (Cu) dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony

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



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 permiers suivis en saison chaude (mars)



*Les difficultés liées à la mesures de métaux en concentrations traces dans une matrice saline ont conduit au développement de nouvelles techniques afin de déceler 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 compléments 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 :

- Connaitre la comparabilité et la variabilité des mesures issues de plusieurs laboratoires (en matrice saline et avec des limite 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 bais 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

Pour l'ensemble des stations et des suivis de la colonne d'eau de mer, la fréquence minimale règlementaire est semestrielle, sauf au port pour la station St16 où elle trimestrielle. Une campagne en saison sèche et une campagne en saison humide sont nécessaires, elles sont régulièrement effectuées en février/mars (fin de la saison chaude dite cyclonique) et en août (saison fraiche). En raison des fluctuations des saisons des pluies il est plus pertinent de parler de saison fraiche et de saison chaude.

Remarque :
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.
De plus des missions supplémentaires en baie du Prony et baie de Port Boisé permettent des comparaisons avec des stations témoins.

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 corrélation est prise en compte et réfléchie en fonction 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, le cas serait noté. 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 des échantillons et
  - analyser des échantillons.

  Ces missions sont confiées par Vale Nouvelle-Calédonie à un bureau d'études, un institut ou un laboratoire externalisé, celui-ci doit être techniquement équipé pour effectuer ce travail en toute sécurité, dans des délais compatibles avec les fréquences des suivis et avec des limites de détection assez faibles pour respecter les plans de suivi et permettre une validation et une comparaison temporelle des résultats.

Vale NC recommande l'accréditation COFRAC 17 025 du laboratoire ainsi que la démarche AQ/CQ engagée en 2014 dans cet objectif.

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 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 le sous- traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes et les remarques ou recommandations qui font partie de la réflexion du sous-traitants 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 *transect* à largeur variable	Vision du plongeur et visibilité de l'eau

Compositions des taxons suivis :

Le substrat

Tableau 14: Composition du substrat. 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)**
Scléractiniaires Acropora Branchu **ACB** Au moins 2 niveaux de branches Acropora Encroûtant **ACE** Acropora Submassif **ACS** Acropora Digité **ACD** Branches en forme de doigts Acropora Tabulaire **ACT** Branches aplaties horizontalement Non-Acropora Branchu **CB** Au moins 2 niveaux de branches NB : les non acropora digité ont été placés ici Non-Acropora Encroûtant **CE** Non-Acropora Foliaire **CF** Corail en forme de feuille Non-Acropora Massif **CM** Non-Acropora Submassif **CS** Fungia **CMR** Corail solitaire	Millepora **CME** ou Corail de feu Corail mou **SC**	Éponges **SP** Zoanthaires **ZO** Autres **OT** dont Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers	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 bénitiers, 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 cliones.

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 participés 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 ß 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 ß 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 entraine 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 détecter 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 Vale NC. Attention : La variabilité naturelle saisonnière des 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.** La corrélation avec la température et la salinité de l'eau de mer est effectuée grâce au suivi de la structure de la colonne d'eau de mer (décrite au chapitre précédent). 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, béta 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'ichtyo faune, tout comme la saison chaude ou fraiche (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 fraiche. Vale effectue 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 évènements 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.**

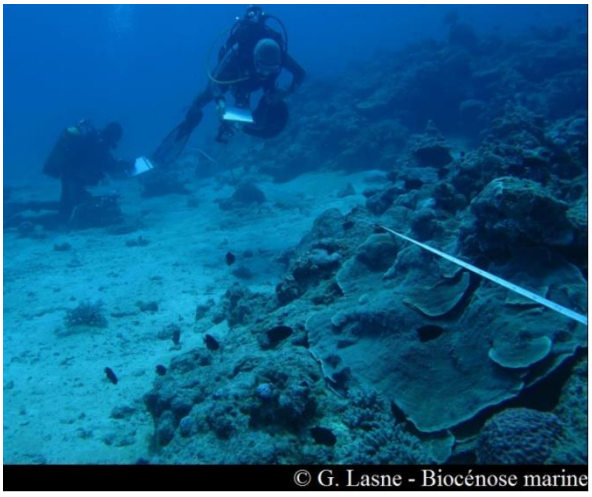
  L'évolution du peuplement biotique qui s'installe sur et à proximité de l'émissaire a ainsi pu être évaluée, deux ans après la première mission qui avait eu lieu sur les mêmes stations (en 2009).En novembre 2013 une nouvelle évaluation sur le diffuseur et l'émissaire permet de suivre cette évolution.

  Evolution de la biodiversité inféodée à l'émissaire et au diffuseur :
  - 2009
  - 2011
  - 2013
  - Prochaine évaluation prévue en 2015

- **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 connaitre ces épisodes de blanchissement et de résilience en baie du Prony

- **Baie Kué** : Afin de mieux en cerner les conséquences des évènements 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 écosytèmique



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 scléractiniaires.

- **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.

Un total de 300 à 350 bivalves et d'environ 250 algues est récolté, à minima 20 spécimens de bivalves et 30 frondes d'algues par cages + un lot témoins. La difficulté première consiste donc à identifier un lieu de récolte non contaminé. Le bivalve *Isognomon* et la macro-algue brune *Lobophora variegata* précédemment identifiés sont des espèces bio-indicatrices de bio disponibilité métallique.
R&D : Les études se poursuivent afin d'identifier d'autres espèces bio accumulatrices utilisables par cette méthode, notamment des espèces ayant une cinétique d'accumulation plus rapide sur un élément métallique cible. L'objectif étant de mélanger plusieurs espèces différentes en fonction de la zone surveillée.

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

En 2014, le mercure est ajouté aux autres métaux analysés, pour une identification de l'état des lieux marins à l'égard de cet élément Hg qui est un enjeu mondial très peu étudié dans le lagon calédonien. (Rappel : Il est bien suivi dans la qualité de l'effluent traité rejeté, à ce jour jamais détecté et avec des seuils de détection recherchés de plus en plus faibles).
R&D : En 2013 et 2014 la température est enregistrée en continue grâce à des capteurs miniaturisés qui sont adjoints à chacune des cages (modèle HOBO Water Température Pro v2 Data Logger –U22-001)

Chaque année, les résultats sont comparés avec les résultats des années précédentes ainsi qu'avec les résultats de la caractérisation des bio-indicateurs avant tout rejet. 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 et de pouvoir optimiser cette méthode dans le prochain plan de suivi.

Démarche Vale NC : Amélioration continue

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 cette zone, sur la bio disponibilité en métaux traces, et sur du long terme. (Et non pas ponctuellement comme une analyse chimique de la qualité de l'eau le fait). C'est un bio indicateur intégrateur très pertinent qui donne 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 **Bivalves**	*Isognomon Isognomon* ou *Gafrarium tumidum* *Lobophora variegata*
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 mois de croissance des bio-indicateurs en cage. **(En 2014 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 est en cours d'études.

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 les 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.**

En 2014 et 2015 Vale NC a demandé l'ajout du mercure Hg aux autres métaux analysés, pour prendre en compte la problématique mondiale due à cet élément et en caractérisation de l'état des lieux du lagon calédonien peu étudié à cet égard Hg.

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

Une séparation granulométrique des sédiments est effectuée par voie humide (Eau Milli-Q 18.6 µS.cm-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		0,01µm
Minéralogie	Diffraction aux rayons x		
Extraction séquentielle des phases organiques	Dissolution fractionnée et dosage ICP-OES	Tessier et Al 1979	Entre 0,005 et 0,02µg/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 0,02µg/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 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		0,1µm Traces
Métaux : Géo- chimie : As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn	Attaque totale ICP-OES		Entre 0,001 et 0,02µg/L selon les éléments

La méthodologie est décrite dans chaque rapport de suivi.

- ***La fréquence est triennale***, une fréquence plus rapprochée ne permettrait pas de déceler une évolution temporelle.
  Le suivi a été effectué en 2010 sur 4 stations (Cf. rapport annuel 2010). Etant donné sa fréquence triennale il 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) gréés 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 CO_2. 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.

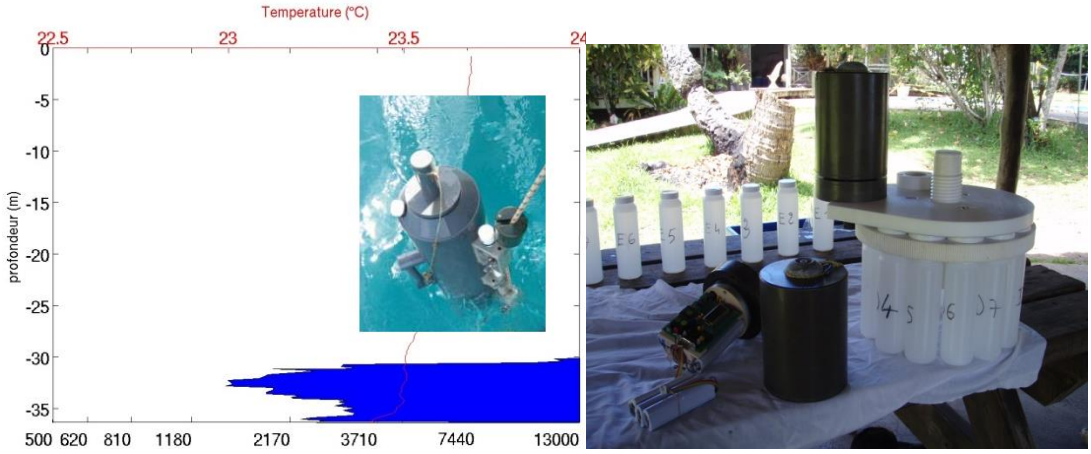
- Minéralogie : les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. La détermination des espèces est effectuée par diffraction de rayons X (DRX) sur les échantillons de l'étude granulométrique.

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 règlementaire, 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 Boisé de faible hydrodynamisme.

- 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 gréés 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 <40 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution des populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons.

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

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

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

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

- ***Fréquence* : 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 second semestre 2014, il s'agit des missions de surveillance suivantes :

- ✓ Suivi N°2 / 2014 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau –Mission du 04 au 06 aout 2014 ;
- ✓ Suivi N°2 / 2014 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du second semestre : Octobre 2014 ;
- ✓ Suivi N°2 / 2014 des flux sédimentaires - Second semestre 2014 (immersion de 2 mois)
- ✓ Suivi annuel 2014 : La transplantation d'espèces bio-indicatrices *(le caging)* : mission de juin / juillet / aout / septembre / octobre 2014 ;
- ✓ Le suivi trimestriel spécifique du Port de Prony : qualité de l'eau et des sédiments 2014 : mars, mai, aout et octobre 2014.

Le suivi sédimentaire sur les stations autres que celle du port est triennal et ne concerne pas 2014.

Il n'y a pas eu de retard ou de dysfonctionnement dans l'acquisition des données au cours du second semestre 2014 et au long de l'année 2014 ; les missions d'évaluation et les échantillonnages ont tous été effectués en temps et de façon complète.

Le calendrier des missions de suivi 2014 est rappelé ci-dessous.

Pour ces missions 2014 : 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 2014)**

	Préparation de la mission
	Mission en cours ou effectuée durant ce mois
	Analyses des résultats et rapport rendus
	Rapport annuel attendu en fin d'année

Rapports fournis avec ce bilan S2 /2014

Tableau 18 : Synthèse des suivis règlementaires ICPE et des suivis CCB effectués durant L'année 2014 avec rapports émis (cases bleues)

Suivis règlementaires 2014	Indicateurs	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aout 2014	S	O	N	D	Jan 2015
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique Chimique							S1						S2
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	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, Prochaine campagne en 2015												
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique							S1						A
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments							S1						A

Le tableau suivant présente les études de surveillance du milieu marin supplémentaires qui ont été effectuées ou qui sont en cours en 2014.

Tableau 19: Synthèse des suivis supplémentaires effectués en 2014 (mandatés par Vale NC)

Missions supplémentaires Vale NC 2013	Indicateurs	Ja	Fé	M	Av	M	J	J	A 2014	S	O	N	D	J 2015
Surveillance phyto sanitaire des espèces consommées Poissons	Chimiques Concentrions des métaux dans les chairs et les tissus	2012												
Surveillance phyto sanitaire des espèces consommées Coquillages		013												
Investigations suite aux fortes pluies du 2/3 juil. Mission supplémentaire en baie Kué, baie de Port Boisé et pointe Puka	Couplage mission physico chimique et mission éco-systémique								S Puka					
Synthèse de l'évolution de la couverture algale	Biologiques Veille aux EEE	2007/ 2012												
Diffusion de l'effluent en champ proche du diffuseur	Physico chimique								S1					
Analyse des échantillons en triplicatas														
Etude Eco - toxicologique sub - chronique et chronique avec un effluent « réel » représentatif														

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.

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

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

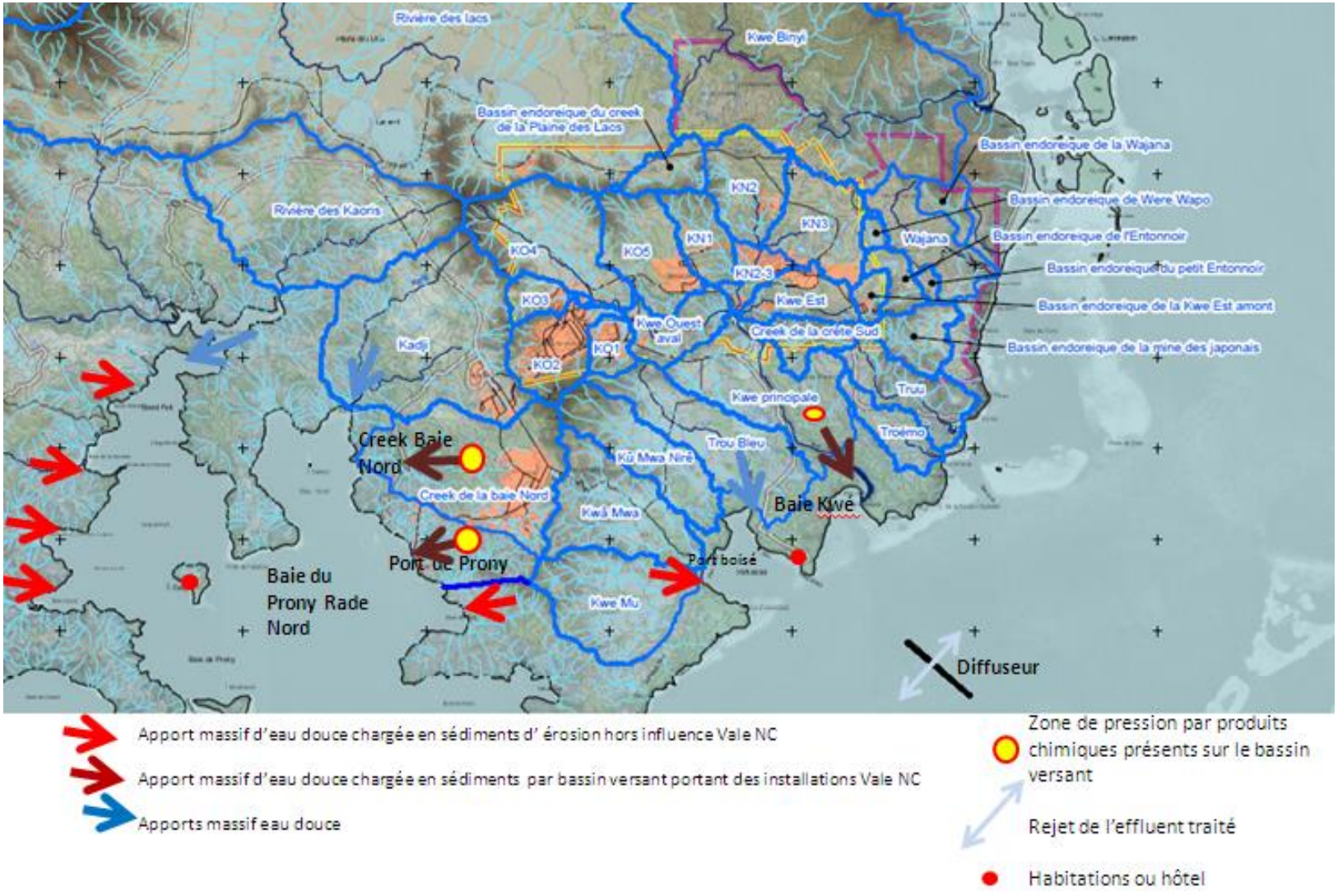
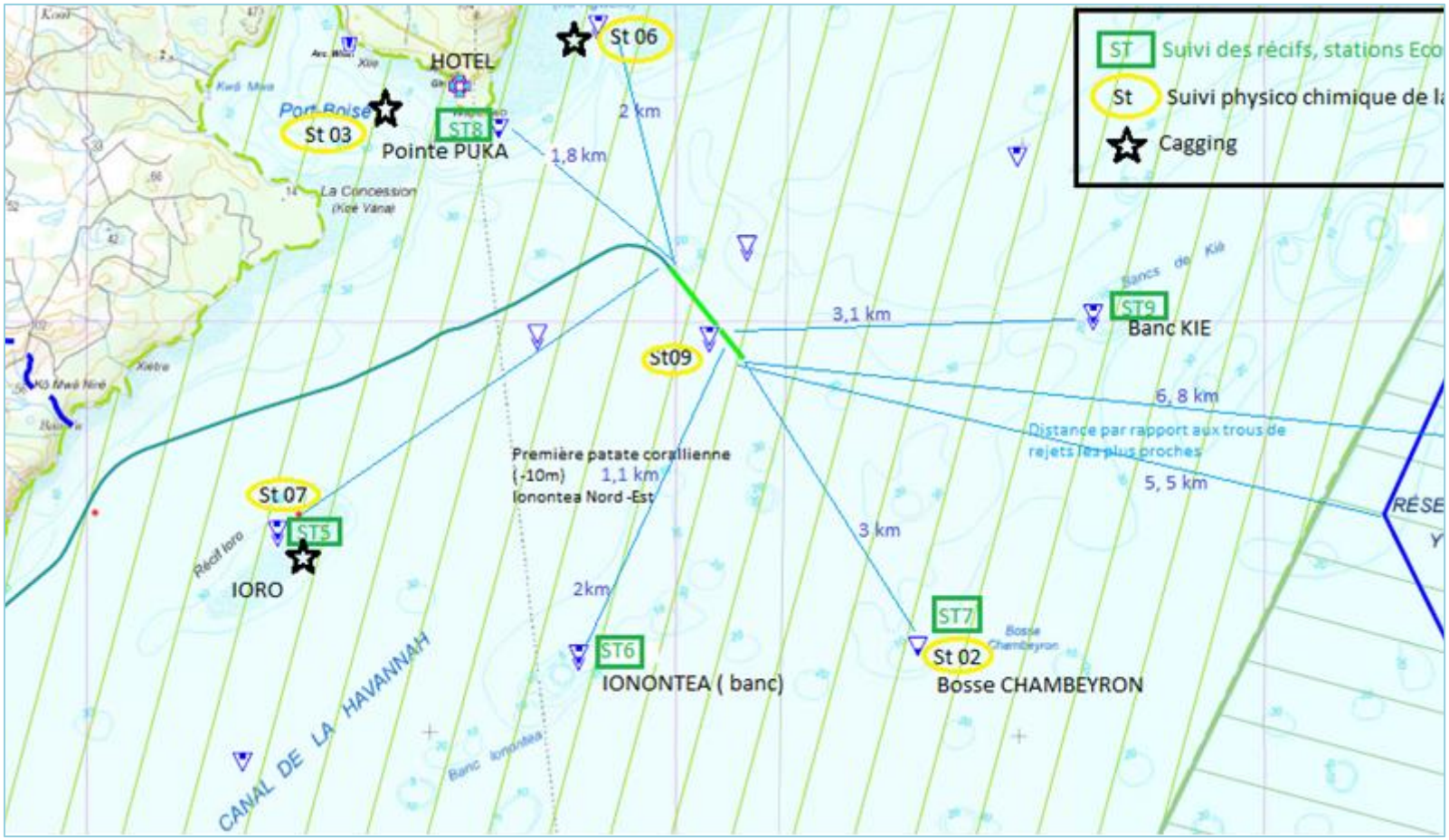


Figure 15 : Zoom cartographique sur les distances entre le point de rejet de l'effluent traité et les stations de suivi, les récifs coralliens les plus proches et autres zones remarquables. Canal de la Havannah.



3. RESULTATS (SECOND SEMESTRE 2014)

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 connaitre 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 2014

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 20 : 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 et mars/ avril 2014.
  - Campagne actuelle inclue dans ce rapport : mission de 5, 6 et 7 aout 2014 (12eme 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
  - Campagne actuelle : 2014 (la 5 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 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, S1/2014.
  - Campagne actuelle pour les flux sédimentaires (S2/2014). Suivis triennaux pour le taux de sédimentation et la qualité des sédiments donc pas de campagne en 2014; sauf au port.

- **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 (Second trimestre 2014 : 13eme 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.
  - 12 Dernières campagnes règlementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, mars 2010, Aout/septembre 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012, octobre 2012, mars/avril 2013 et sept/oct. 2013, mars/avril 2014.
  - Campagne actuelle inclue dans ce rapport octobre 2014 (13 ^{Emme} 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 21 : 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 Ionontea dans le canal de la Havannah
Nov 2004	Pierre Laboute	Expertise du site : zone du débarcadère en baie du Prony
Mai 2005	Sabrina Virly/Pierre Laboute	Caractérisation des communautés marines biologiques autour du futur émissaire du projet Goro Nickel
Juillet 2005	Pierre Laboute	Caractérisation des communautés marines biologiques sur 6 stations du canal de la Havannah
Aout 2005	A2EP/ACREM	Etat de référence des peuplements récifaux et poissons associés en baie du Prony et dans le canal de la Havannah
Aout 2005	Pierre Laboute	Expertise en baie du Prony
Mars 2007	Melanopus (+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	Aqua terra / ACREM / Biocénose	Suivis de l'état des communautés coralliennes et des populations associées en baie du Prony et dans le canal de la Havannah Suivis semestriels réglementaires

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

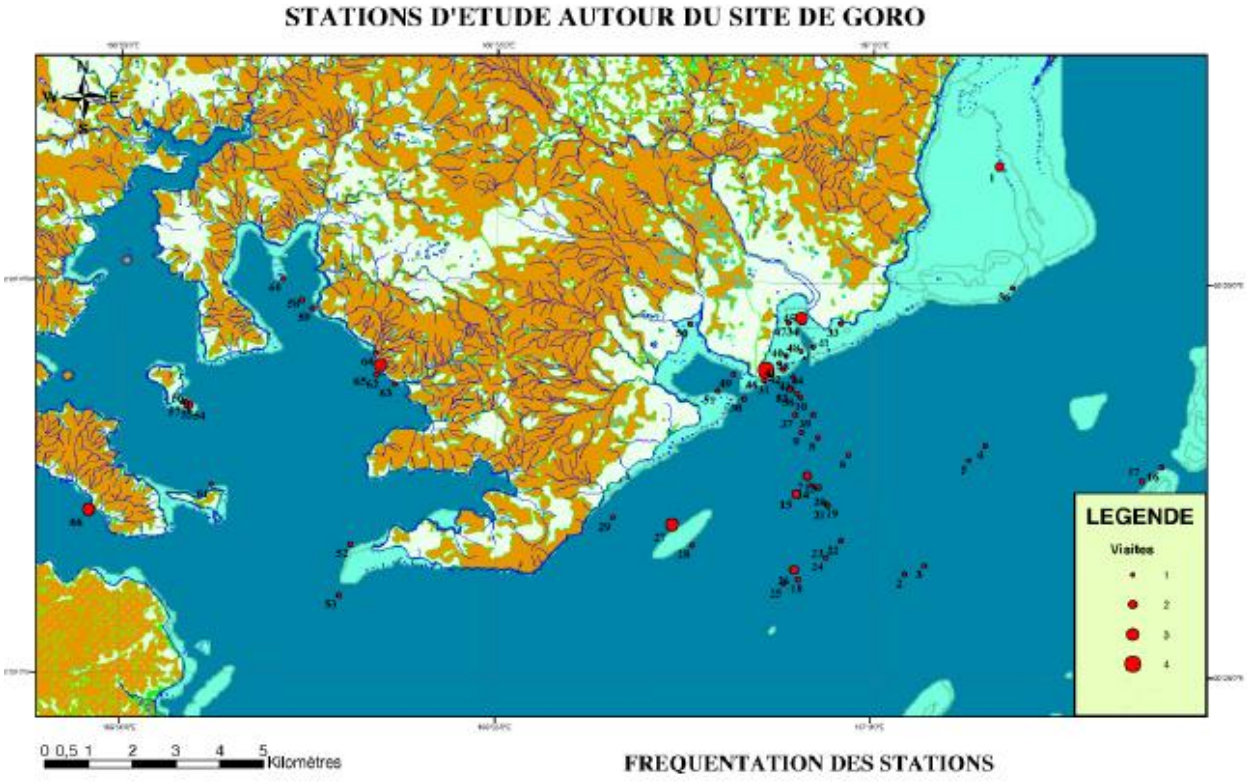
La figure suivante montre le déploiement des efforts d'évaluation du milieu éco-systémique sous-marin dans la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie pour effectuer un état des lieux entre 1994 et 2007.

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 13 missions, sont donc comparables en eux.

Figure 16 : Stations d'étude pour la caractérisation 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 règlementaire : 2011, 2012, 2013 et S1-2014
  - Campagnes actuelles inclues dans ce rapport : Second semestre 2014

3.2. Valeurs obtenues (Second semestre 2014)

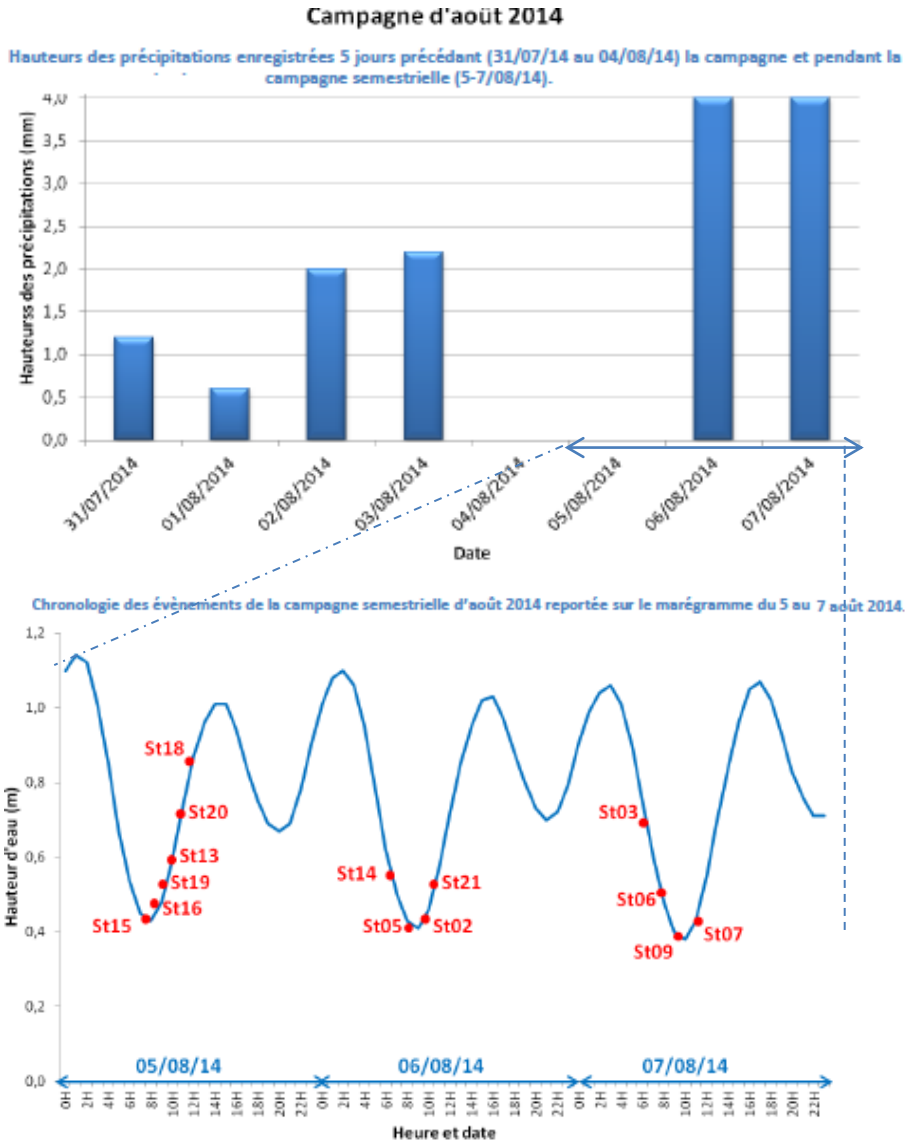
3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain ont été réalisées :

- Pour la campagne semestrielle n°1 dite S1/2014 : 01, 02 et 03 avril 2014 sur les 14 stations prédéfinies ;
- Pour la campagne semestrielle n°2 : aout 2013 (résultats S2 2014 fin 2014)
- Pour les campagnes trimestrielles : mars, avril aout et en cours (résultats fin 2014)

Les figures suivantes situent les prélèvements lors de la mission du second semestre 2013, en fonction des marées et des précipitations.

Figure 17: Conditions météorologiques et état de la marée (campagne du 5 au 7 Aout 2014)



Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche (missions d'août) sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie et les températures est forte et la pertinence des conclusions doit tenir compte des saisons. Cependant la séparation entre saison sèche et saison humide n'est pas nette, il est plus judicieux de parler de saison fraiche 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 AOUT 2014 (Saison fraiche. Semestre n°2/ 2014)

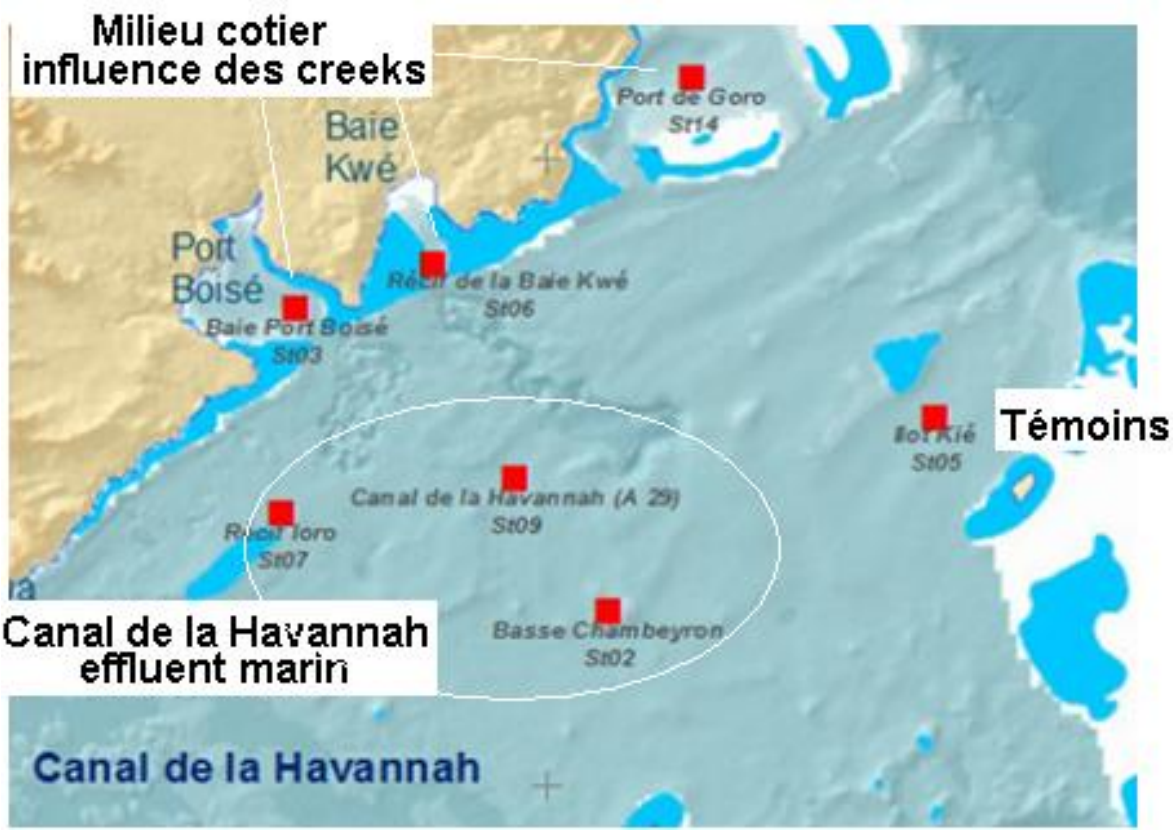
Les figures suivantes rappellent la position de ces stations afin de faciliter la lecture du rapport.

Figure 18: 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 19: 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 S2 /2014:

- ***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 8,4 et 7,9)

Le tableau suivant présente les valeurs du pH et les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) sur le domaine entier puis sur les deux sous domaines différents que sont le canal de la Havannah et la baie du Prony. Ces deux sous domaines sont des entités bien différenciées d'un point de vue physico chimiques et éco systémiques aussi, ce qui est cohérent avec les modélisations effectuées en baie du Prony et canal de la Havannah sur la circulation des masses d'eau (Convention Vale NC/IRD Etudes de 2006 à 2009 puis en 2011)

Tableau 22: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse. Campagne du second semestre 2014

		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	426	383	1383	12648	19306	2611	8,35
	Maximum	452	399	1469	12940	21306	2917	8,41
	Moyenne	435 ± 8	390 ± 4	1418 ± 30	12811 ± 82	20221 ± 577	2742 ± 97	8,39 ± 0,02
Baie du Prony	Minimum	424	391	1391	12617	19557	2676	7,93
	Maximum	450	404	1471	12901	21017	2988	8,36
	Moyenne	434 ± 8	396 ± 4	1420 ± 29	12787 ± 72	20186 ± 389	2834 ± 77	8,28 ± 0,16
Ile Ouen	Minimum	425	390	1382	12667	19598	2673	8,08
	Maximum	448	399	1456	12830	21178	2945	8,36
	Moyenne	435 ± 10	393 ± 4	1415 ± 34	12742 ± 67	20533 ± 557	2852 ± 111	8,27 ± 0,12
Baies Canal	Minimum	427	386	1389	12637	19551	2736	8,35
	Maximum	444	395	1449	12819	20565	2884	8,40
	Moyenne	434 ± 6	390 ± 3	1415 ± 22	12754 ± 54	20035 ± 320	2786 ± 51	8,38 ± 0,02

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…). Les interprétations des relevés ponctuels en MES sont complexes et pas toujours un indicateur efficace, le suivi intégrateur des flux sont privilégiés par les experts qui travaillent sur l'optimisation des plans de suivis.

- Les concentrations moyennes de MES les plus basses ont été relevées dans la baie du Prony avec 0, 12 mg /L de MES, sur la Station St15 Creek Baie Bord ; aussi bien au fond qu'en surface ; et près de l'île Ouen. En baie du Prony elles sont même plus faibles que dans le canal de la Havannah.
- Les maximum relevés sont de 1mg/l et de 0, 8 mg/l sur St 06 et St 07, St 21 atteint 0,93 mg /l, toujours dans la zone de prélèvement profonde (à 1 m du fond). Cela correspond à des néphéloides profondes riches en matières en sédimentation qui peut être organique, due à des remises en suspension des carbonates à l'entrée des baies par vents de secteur Sud, ou autres origines.

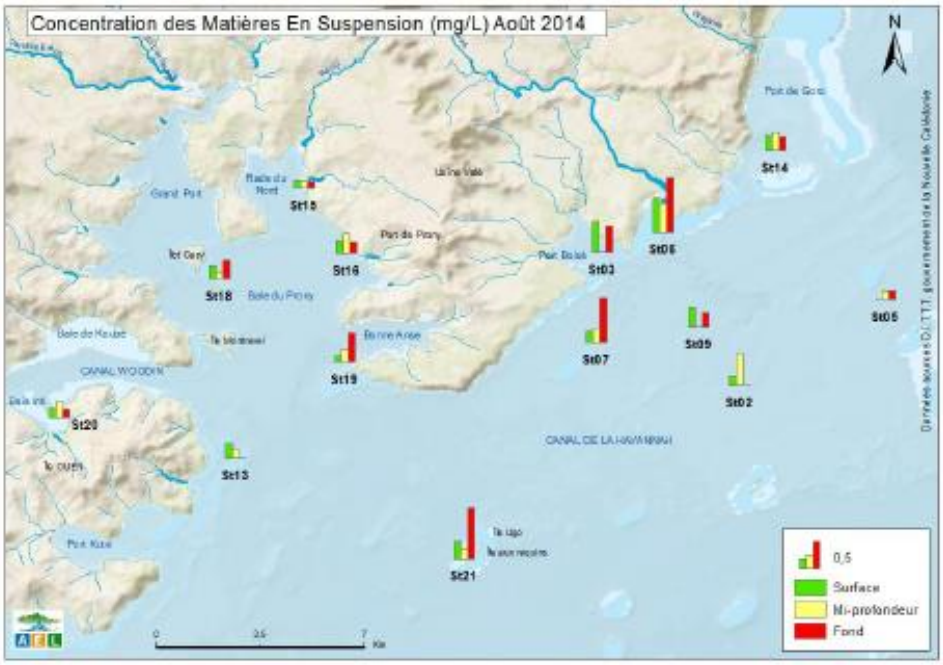
Une corrélation est probable avec la pluviométrie relevée lors des prélèvements du 6 et 7 aout sur les stations du canal et des baies Kué et Port Boisé, tandis que les prélèvements antérieurs en baie du Prony et dans le canal Woodin (Nord ile Ouen) ont été effectués par temps sec (cf. figure 16). Cependant l'eau de surface en baie Kué ne présente que 0,6 mg/L de MES.

L'ensemble des concentrations en MES sur toutes les stations lors de la mission d'aout 2014 est synthétisé sur la figure 19 suivante et les données brutes sont en annexe

Tableau 23 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en AOUT 2014

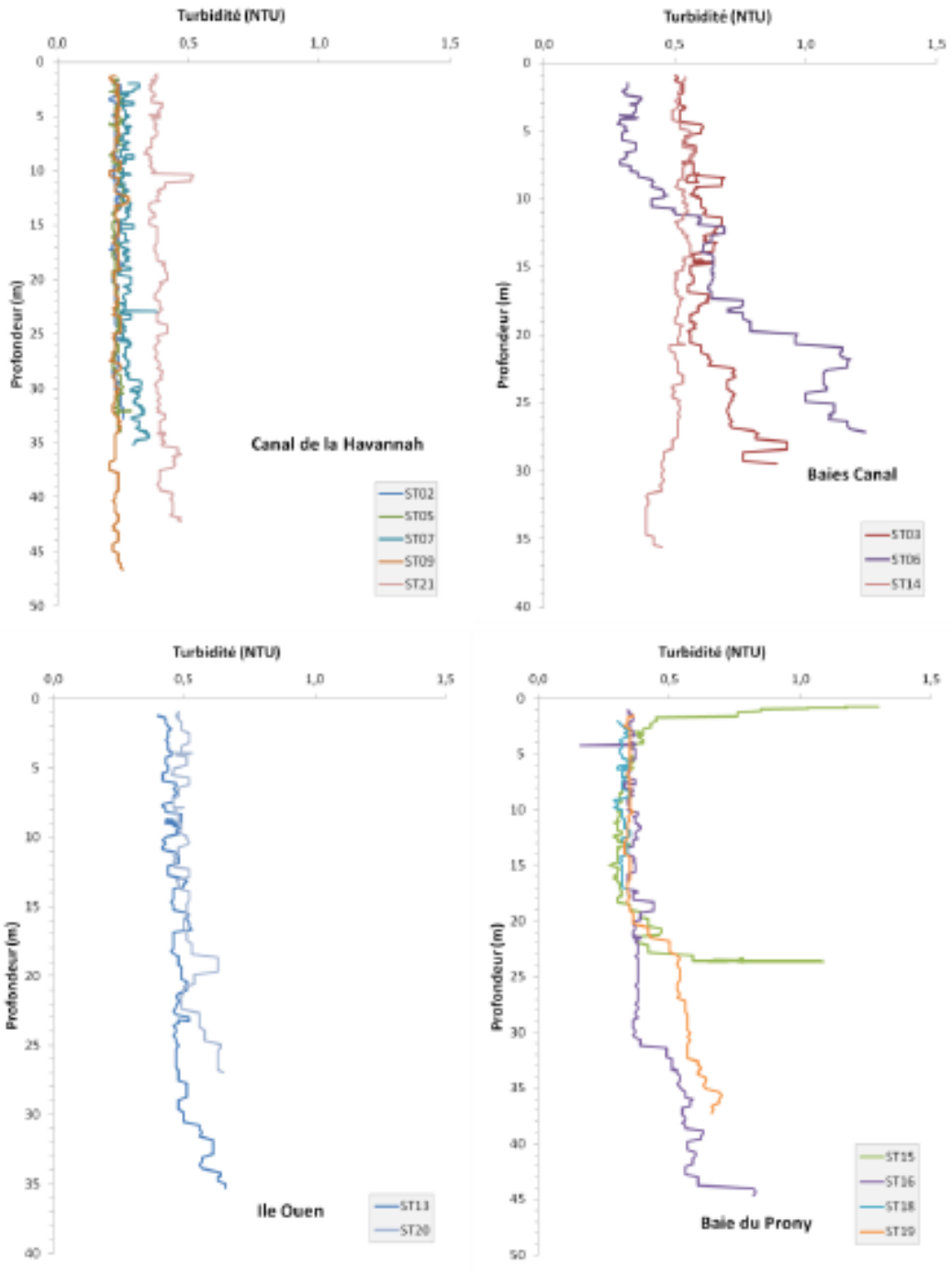
		MES (mg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,15
	Maximum	0,93
	Moyenne	0,37 ± 0,27
Baies Canal	Minimum	0,25
	Maximum	1,00
	Moyenne	0,50 ± 0,24
Baie du Prony	Minimum	0,10
	Maximum	0,53
	Moyenne	0,23 ± 0,13
Ile Ouen	Minimum	0,16
	Maximum	0,29
	Moyenne	0,21 ± 0,06

Figure 20 : MES mesurés en AOUT 2014



La corrélation entre les MES et la turbidité d'un néphéloïde benthique (couche de fond) est correcte comme le montrent les relevés des profils verticaux par la sonde multiparamétrique (paragraphe suivant). Cependant turbidité et 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 21 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'aout 2014



➢ ***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 avril 2014.

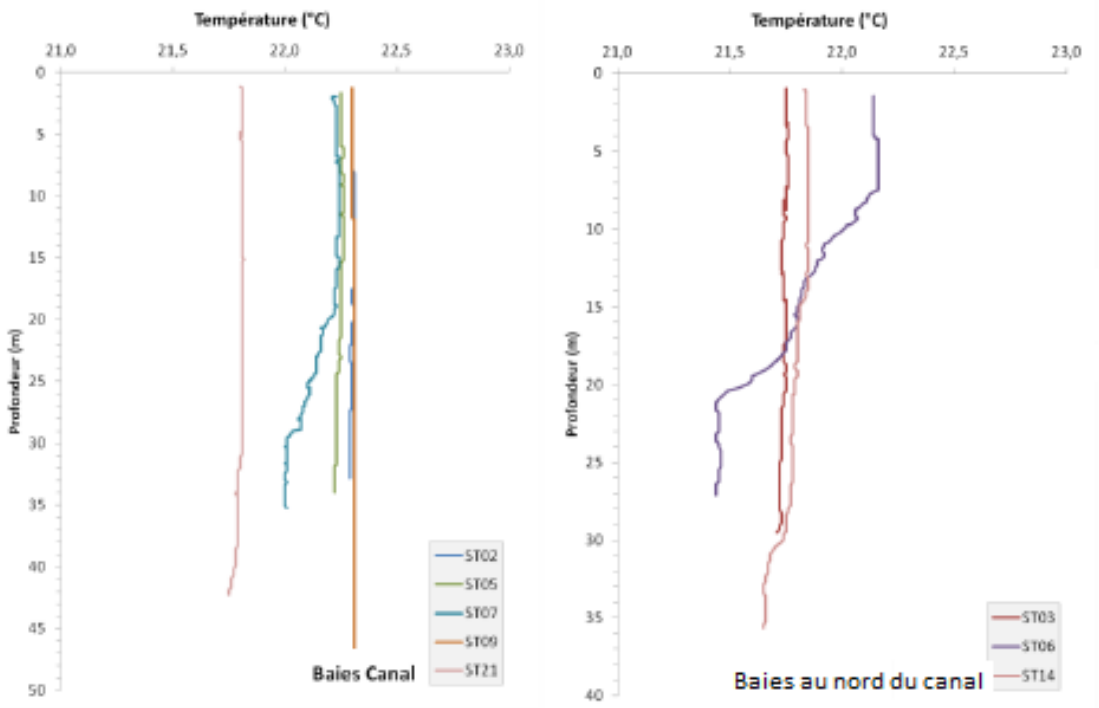
Tableau 24 : Température, salinité turbidité et fluorescence aout 2014

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m^3)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Canal de la Havannah	Minimum	21,75	0,08	0,20	35,62
	Maximum	22,31	0,37	0,52	35,72
	Moyenne	22,16 ± 0,21	0,26 ± 0,02	0,27 ± 0,07	35,65 ± 0,03
Baies Canal	Minimum	21,44	0,09	0,28	35,46
	Maximum	22,16	0,48	1,23	35,68
	Moyenne	21,81 ± 0,07	0,29 ± 0,10	0,57 ± 0,06	35,63 ± 0,03
Baie du Prony	Minimum	21,46	0,10	0,16	35,40
	Maximum	21,94	0,49	1,30	35,75
	Moyenne	21,67 ± 0,19	0,25 ± 0,06	0,43 ± 0,08	35,75 ± 0,04
Ile Ouen	Minimum	21,52	0,14	0,40	35,74
	Maximum	21,95	0,31	0,66	35,80
	Moyenne	21,73 ± 0,29	0,23 ± 0,01	0,50 ± 0,02	35,77 ± 0,03

- ***La température :***

Les stations localisées dans le Canal de la Havannah et autour de l'Ile Ouen présentent des profils de température très homogènes au sein de la colonne d'eau.

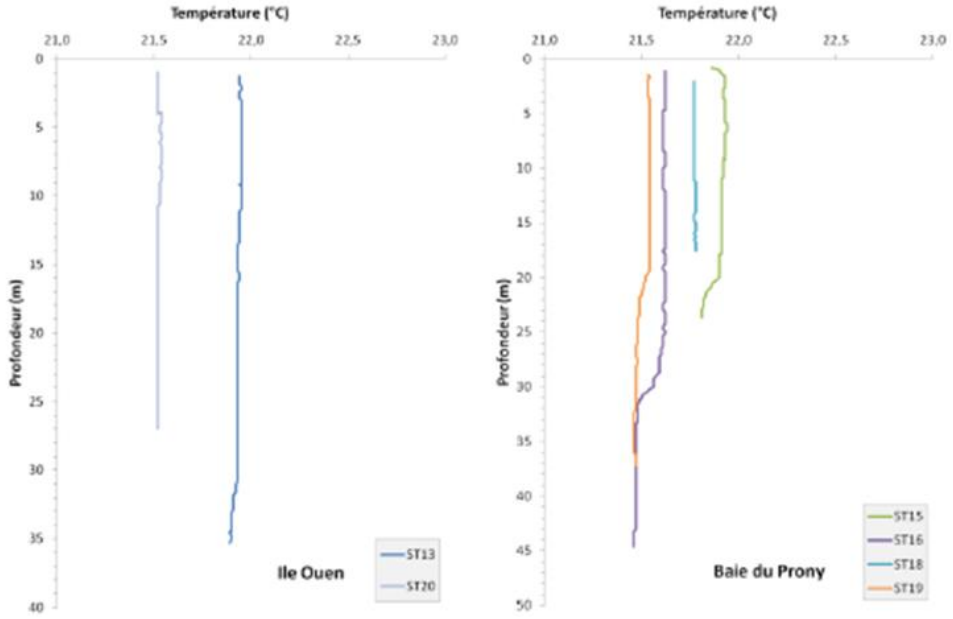
Figure 22 : Profils de température dans le canal de la Havannah AOUT 2014



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.

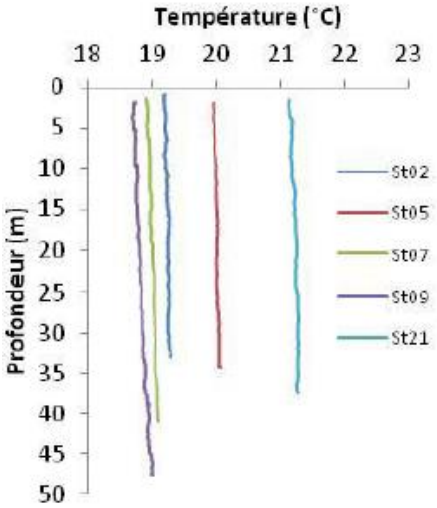
Cette constatation est en cohérence avec les missions supplémentaires en champ très proche du diffuseur, (Cf chapitres 3.2.8.3 et 3.2.8.4), missions non règelmentaires via un plan de suivi mais réalisées deux fois pas an par Vale NC dans un but de surveillance de la diffucion conforme aux études prédictives.

Figure 23 : Profils de température à l'île Ouen et en baie du Prony lors de la campagne semestrielle d'aout 2014

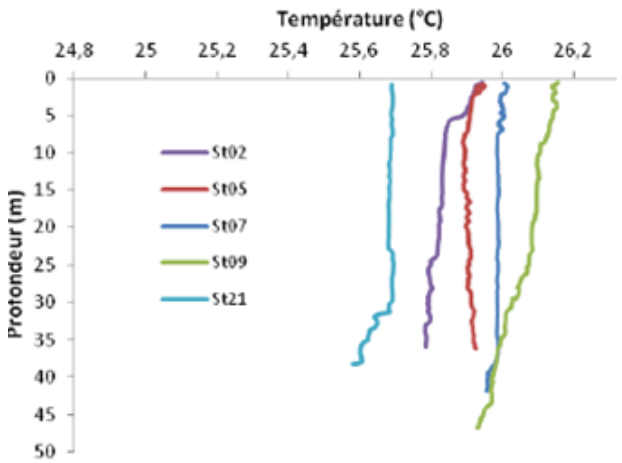


Pour rappel informatif ici dessous les comparaisons de profils de températures entre une saison fraiche et la saison chaude dans le canal de la Havannah. (Les températures oscillent de températures de 26° Cà 19°C et sauf apport d'eau douce, sont très homogènes de la surface au fond)

Saison fraiche (Aout)



Saison chaude (Mars)



Les profils des températures ne présentent aucune « anormalité » ; avec le recul permis depuis les états des lieux, une telle quantité de données permettrait une approche dans l'optique du réchauffement climatique planétaire, au niveau du suivi des indicateurs en relation avec les pressions minières, la température dans de telles masses d'eau est un indicateur d'impact peu efficace.

R&D : La nouveauté 2013/2014 d'intégrer une sonde de relevé en continu de la température sur les cages immergées 5 mois (caging) permet de suivre la chute de la température de l'eau (jusque' à 12 m de profondeur, en cas de fortes pluies), elle donnera des renseignements intéressants.

Dans cette continuité Vale NC a mis en étude de nouvelles technologies afin de pouvoir placer des détecteurs intégrateurs des paramètres en continu sur des stations sous-marins, ils sont testés tout au long de 2014.

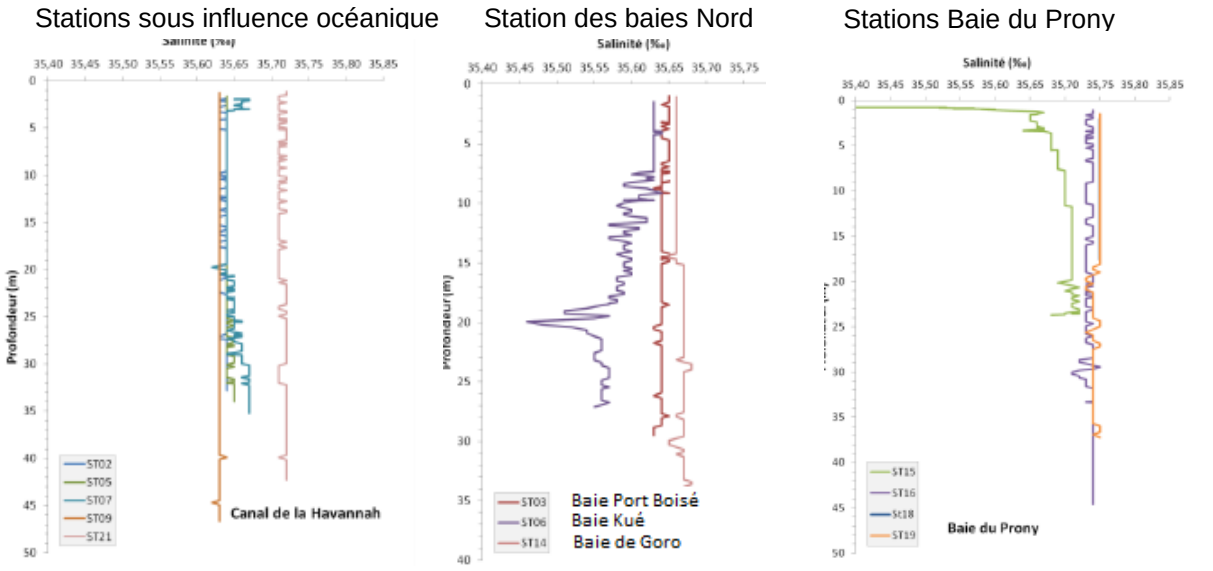
- ***La salinité :***

Habituellement les profils des 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. Cette fois ci la salinité n'est guère affaiblie en surface malgré les creeks permanents et la couche d'eau est relativement homogène en salinité au moment de relevé de la sonde

Le minimum a été observé dans la Baie de Port Boisé, en face le creek de la baie Nord, où la dessalure atteint 35,4 ‰. Sur les deux premiers mètres d'eau, ce qui est typique d'une zone d'embouchure, sans crue.

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

Figure 24 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d' Aout 2014.



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

- ***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 cohérence 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. *(Rapport intégral en annexe).*

➢ ***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.

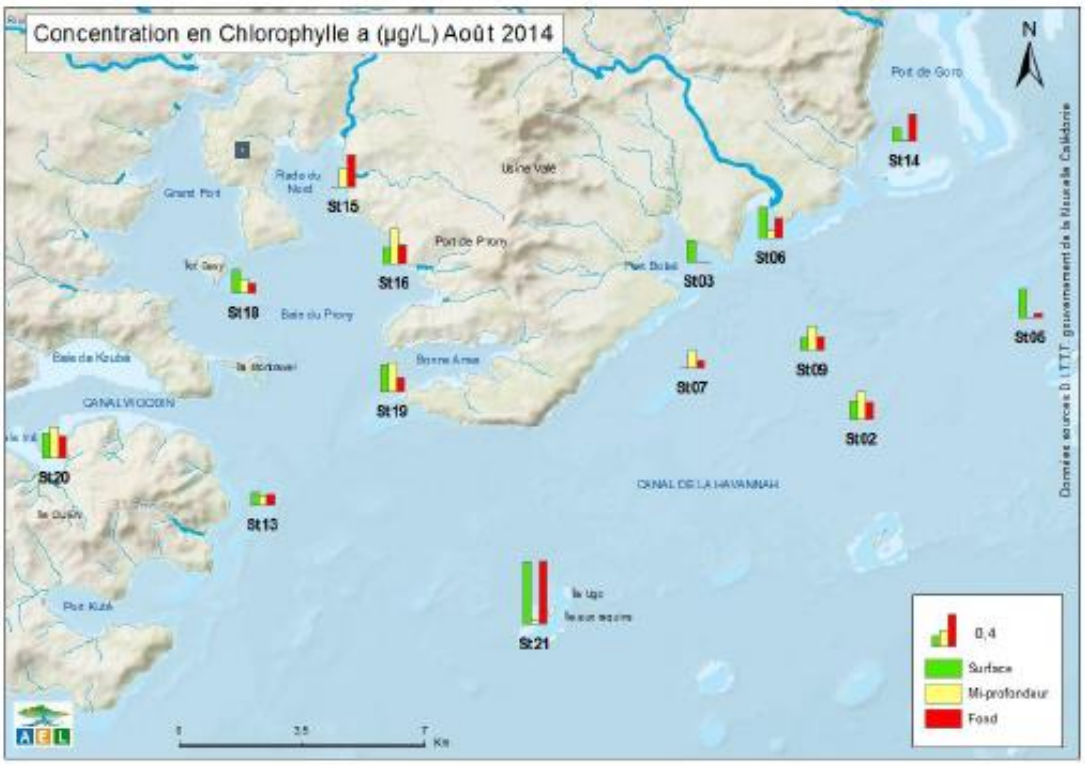
La concentration maximale (0,8 µg/L) a été mesurée en profondeur à la station St 21 du récif Ugo, concentration qui est dans la fourchette d'un Bon état si on se réfère aux grilles indicatrices du guide CNRT

Tableau 25 : Concentrations de chlorophylle « a » mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'aout 2014 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		Chlorophylle *a* (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,047
	Maximum	0,833
	Moyenne	0,305 ± 0,253
Baie du Prony	Minimum	0,130
	Maximum	0,457
	Moyenne	0,280 ± 0,108
Ile Ouen	Minimum	0,125
	Maximum	0,397
	Moyenne	0,242 ± 0,110
Baies Canal	Minimum	0,011
	Maximum	0,403
	Moyenne	0,230 ± 0,141

(Résultats intégraux en annexe de ce document)

Figure 25 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'aout 2014.



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

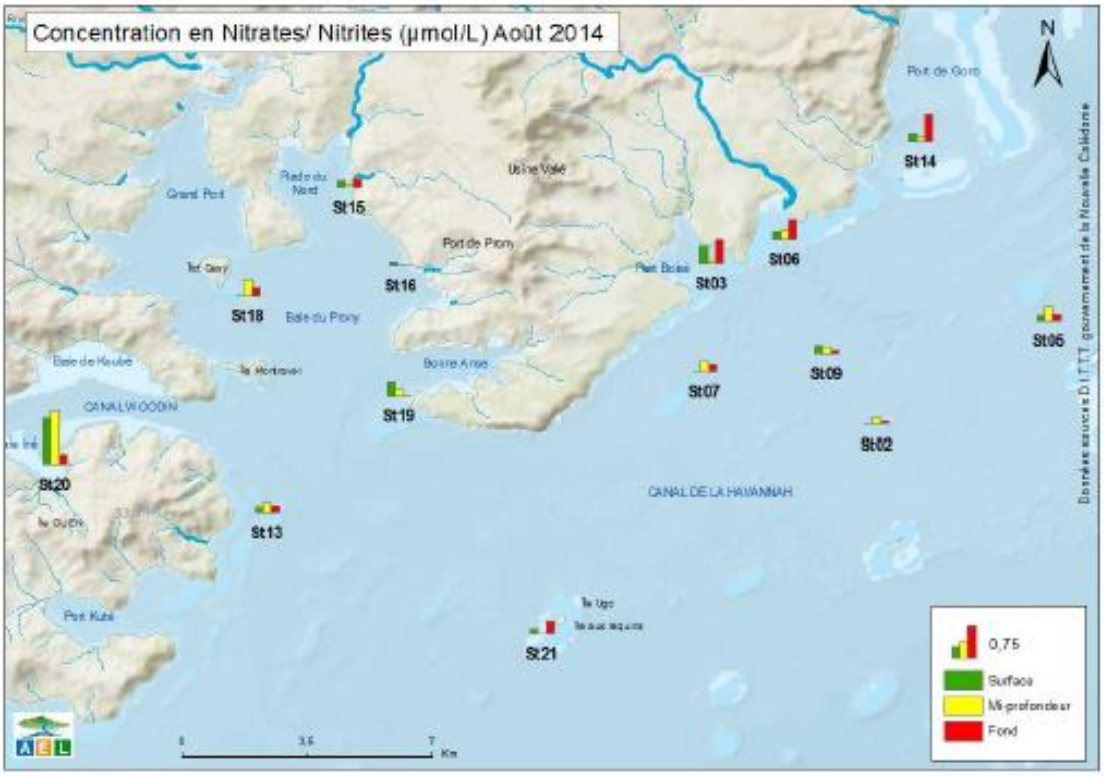
Les sels minéraux continuent à être suivis avec attention, mais aucune eutrophisation n'est décelée, en cohérence avec les suivis éco systémiques qui portent attention au développement des algues.
Pour rappel : la station d'épuration de la base vie Vale NC ne rejette pas dans un creek et donc vers une 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 : 1, 2 µ mol/ L en baie de Iré (St 20) et puis 0,6 µmol/ L en baie de Goro (St14)
En baie du Prony près de creek de la baie Nord : 0,2 µmol /L (Milieu non perturbé d'après le guide CNRT)

Tableau 26 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en AOUT 2014

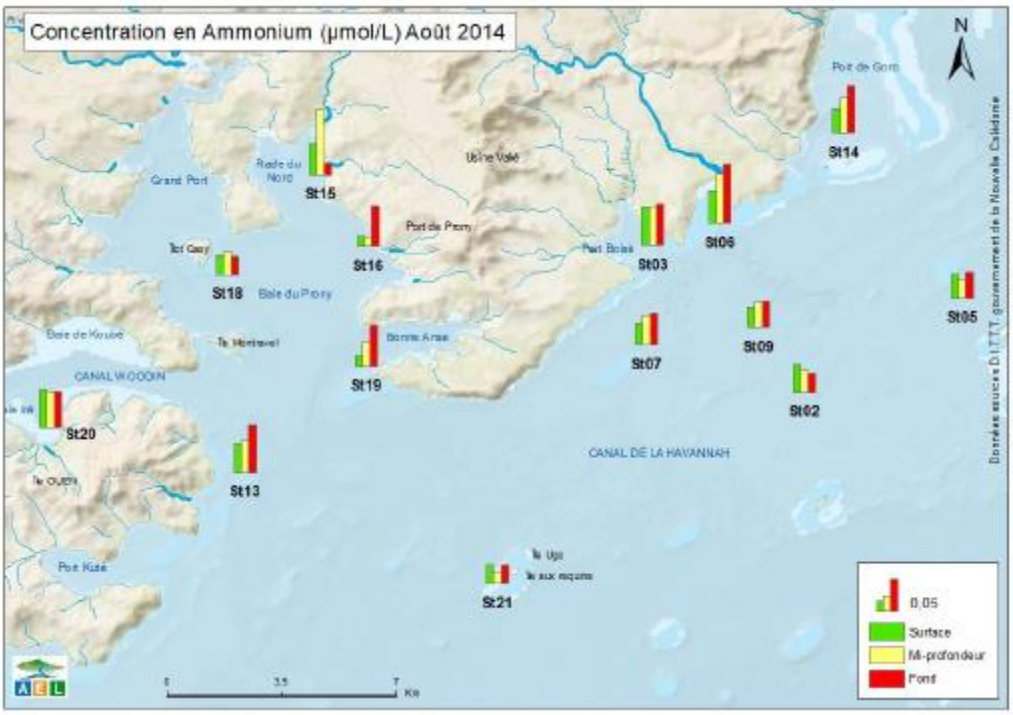
		NH_4 (µmol/L)	NO_3+NO_2 (µmol/L)	Si (µmol/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,016	0,033	1,32
	Maximum	0,048	0,334	1,76
	Moyenne	0,035 ± 0,008	0,160 ± 0,090	1,55 ± 0,14
Baies Canal	Minimum	0,038	0,101	1,60
	Maximum	0,091	0,382	2,53
	Moyenne	0,062 ± 0,016	0,156 ± 0,127	1,99 ± 0,31
Baie du Prony	Minimum	0,015	<LQ	1,94
	Maximum	0,100	0,382	3,31
	Moyenne	0,039 ± 0,026	0,194 ± 0,110	2,64 ± 0,46
Ile Ouen	Minimum	0,045	0,143	1,59
	Maximum	0,073	1,201	3,46
	Moyenne	0,056 ± 0,010	0,507 ± 0,482	2,27 ± 0,64

Figure 26 : Répartition spatiale des concentrations en nitrates + nitrites lors de la campagne Aout 2014



La station St 20 au Nord de l'île Ouen est une station qui n'est pas sous l'influence du projet Vale NC, tout comme la station St 03 de Port Boisé, qui, lors de cette campagne présentent des concentrations en nitrates & nitrites plus élevées (dans des fourchettes de variabilités naturelles) que les stations en baie du Prony.

Figure 27 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium lors de la campagne d' aout 2014



Les concentrations moyennes de NH_4 mesurées sont nettement plus faibles que celles obtenues lors de la précédente campagne d'août 2013 et restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées entre les campagnes de 2008 et 2012

A titre indicatif : 0,1 µ mol/ L en NH_4 (profondeur intermédiaire St15 creek Baie Nord) est donné comme une concentration en ammonium d'eau de bonne qualité, non perturbée, par le guide du CNRT.

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.)

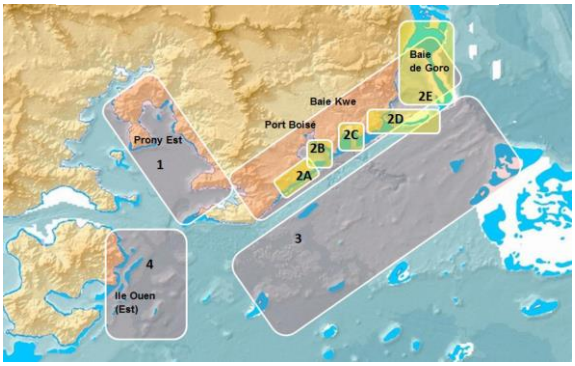
  Aucune distribution ni anomalie particulières ne sont observées au cours de cette mission d'Aout 2014.

(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 initaux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé. Les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eau océaniques, se distinguent clairement par des concentrations en métaux 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 définie des hydro régions depuis 2009, elles sont rappelées ici dessous et les analyses semestrielles de la qualité de l'eau concordent avec ces domaines respectifs.

Tableau 27 : Rappel : Limites de quantification pour les analyses des métaux dissous

Elément	LQ (µg/L)
As	0,100
Cd	0,020
Co	0,012
Cr(VI)	0,050
Cu	0,015
Fe	0,011
Hg	0,005
Mn	0,011
Ni	0,012
Pb	0,500
Zn	0,015

AOUT 2014

<u>Au niveau du cuivre et du zinc</u>

Figure 28 : Concentration en Zn. AOUT. Semestre S2 / 2014.

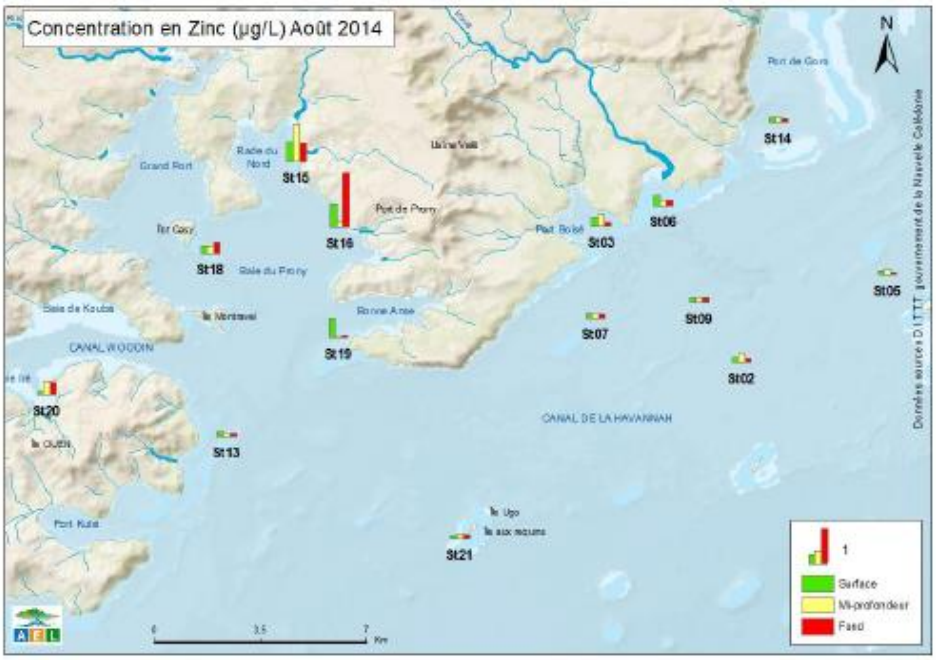
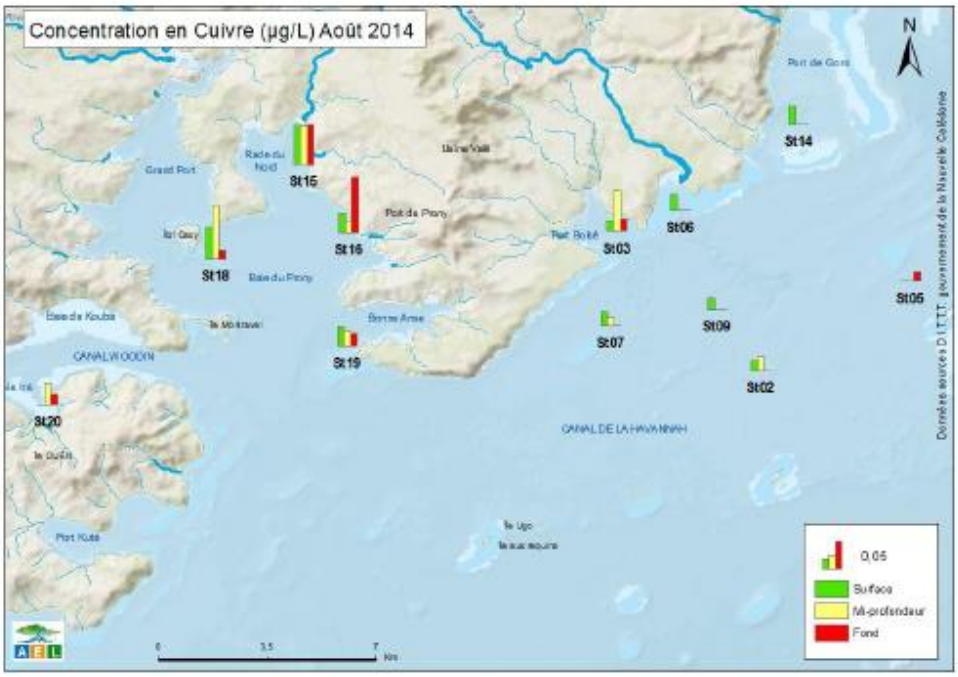
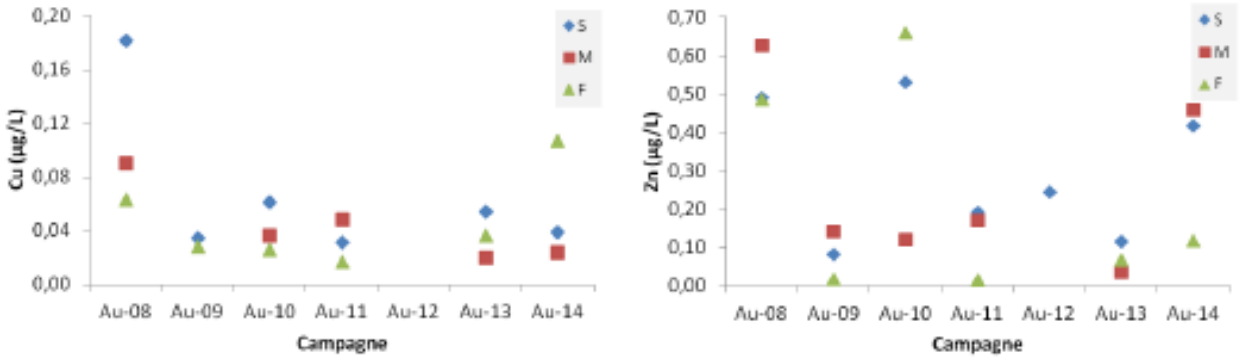


Figure 29 : Concentration en Cu. AOUT. Semestre S2 / 2014.



L'analyse temporelle des concentrations en Cu et en Zn au niveau de la station St16 du port de Prony, pour les campagnes effectuées en saison fraiches depuis aout 2008, donne les graphes suivants :

Figure 30 : Concentration en Cu et en Zn mesurées à 3 profondeurs et aux camapgnes d' aout depuis 2008 (station St 16)



Un développement plus poussé est donné dans le chapitre consacré au port de Prony qui fait l'objet d'un suivi trimestriel. Pour le Zn une telle dispersion des données est courante sur d'autres stations.

<u>Au niveau des métaux : Cr, Cr VI, Ni, Co et Mn</u>

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'Ile Ouen et au niveau du Port de Goro, les niveaux de concentrations sont intermédiaires (St13, St20 et St14).

De plus, 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 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 28 : Concentration en métaux dissous en microgrammes/L. AOUT 2014.

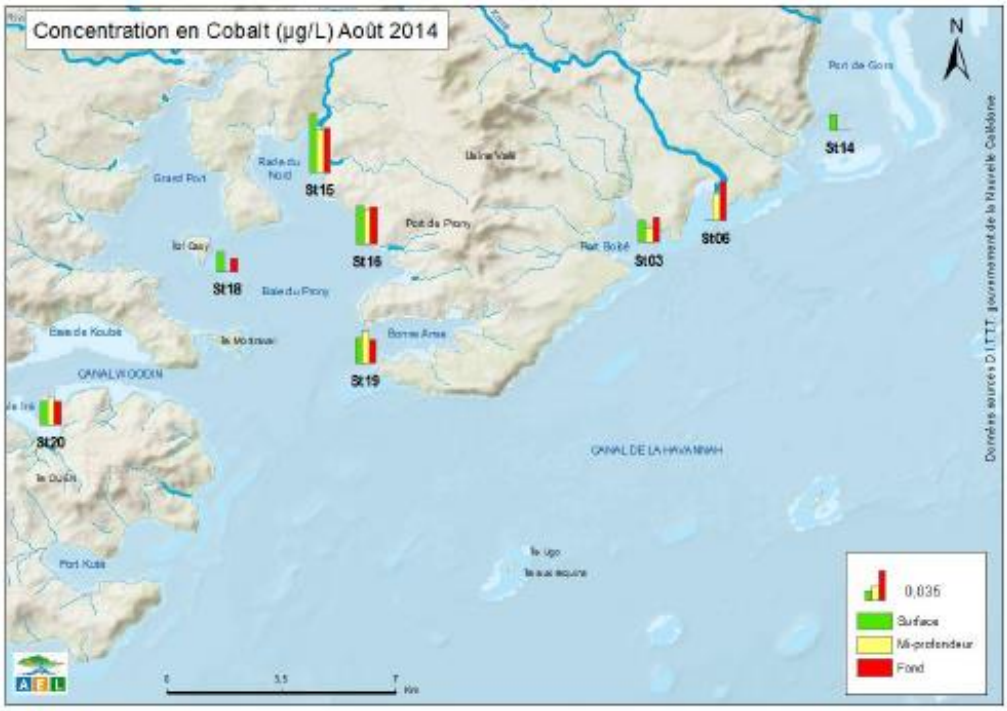
Station	Niveau	As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Crtot (µg/L)	Cu (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	1	<LQ	0,087	0,106	<LQ
	Maximum	3	<LQ	0,104	0,202	<LQ
	Moyenne	2 ± 1	<LQ	0,096 ± 0,005	0,134 ± 0,029	<LQ
Baies Canal	Minimum	1	<LQ	0,094	0,116	<LQ
	Maximum	2	0,046	0,120	0,303	0,077
	Moyenne	2 ± 1	0,020 ± 0,014	0,107 ± 0,009	0,171 ± 0,068	0,026 ± 0,021
Baie du Prony	Minimum	1	<LQ	0,102	0,102	0,016
	Maximum	2	0,068	0,151	0,198	0,107
	Moyenne	2 ± 0	0,036 ± 0,018	0,129 ± 0,017	0,144 ± 0,030	0,055 ± 0,031
Ile Ouen	Minimum	1	<LQ	0,095	0,095	<LQ
	Maximum	2	0,033	0,146	0,148	0,041
	Moyenne	2 ± 1	0,018 ± 0,012	0,115 ± 0,019	0,124 ± 0,019	0,017 ± 0,013

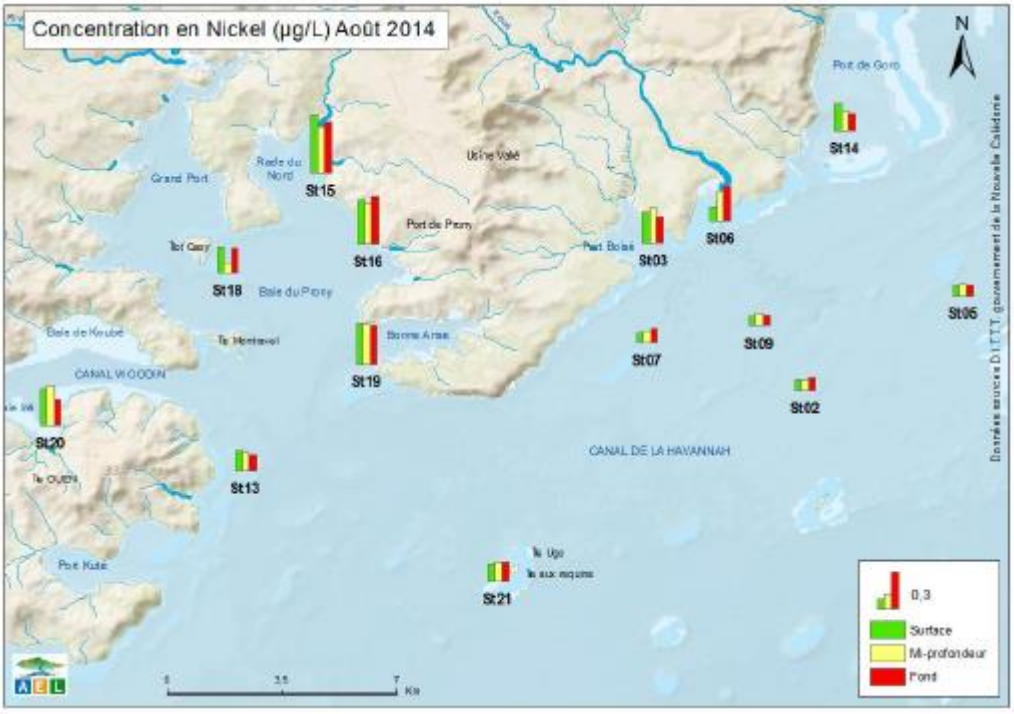
Limite de quantification de l'As par le laboratoire de Rouen : LQ=1 µg/L

Station		Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,021	0,057	0,083	0,000	0,076
	Maximum	0,126	0,173	0,174	0,100	0,263
	Moyenne	0,046 ± 0,028	0,091 ± 0,031	0,113 ± 0,031	0,035 ± 0,038	0,153 ± 0,039
Baies Canal	Minimum	0,034	0,091	0,129	0,000	0,131
	Maximum	0,215	0,264	0,318	0,139	0,380
	Moyenne	0,106 ± 0,068	0,188 ± 0,053	0,236 ± 0,066	0,083 ± 0,045	0,213 ± 0,084
Baie du Prony	Minimum	0,040	0,014	0,085	0,000	0,061
	Maximum	0,270	0,454	0,519	0,290	1,790
	Moyenne	0,128 ± 0,082	0,266 ± 0,117	0,344 ± 0,117	0,104 ± 0,090	0,566 ± 0,510
Ile Ouen	Minimum	0,076	0,125	0,144	0,000	0,094
	Maximum	0,202	0,370	0,356	0,165	0,459
	Moyenne	0,120 ± 0,043	0,223 ± 0,110	0,233 ± 0,090	0,069 ± 0,077	0,225 ± 0,168

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 avec des mesures en triplicatas seront fournis en annexe.

Figure 31 : Concentrations en Co et en Ni sur toutes les stations en AOUT 2014





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. 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 avril 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.

Figure 32 : Concentrations en Mn sur toutes les stations AOUT 2014

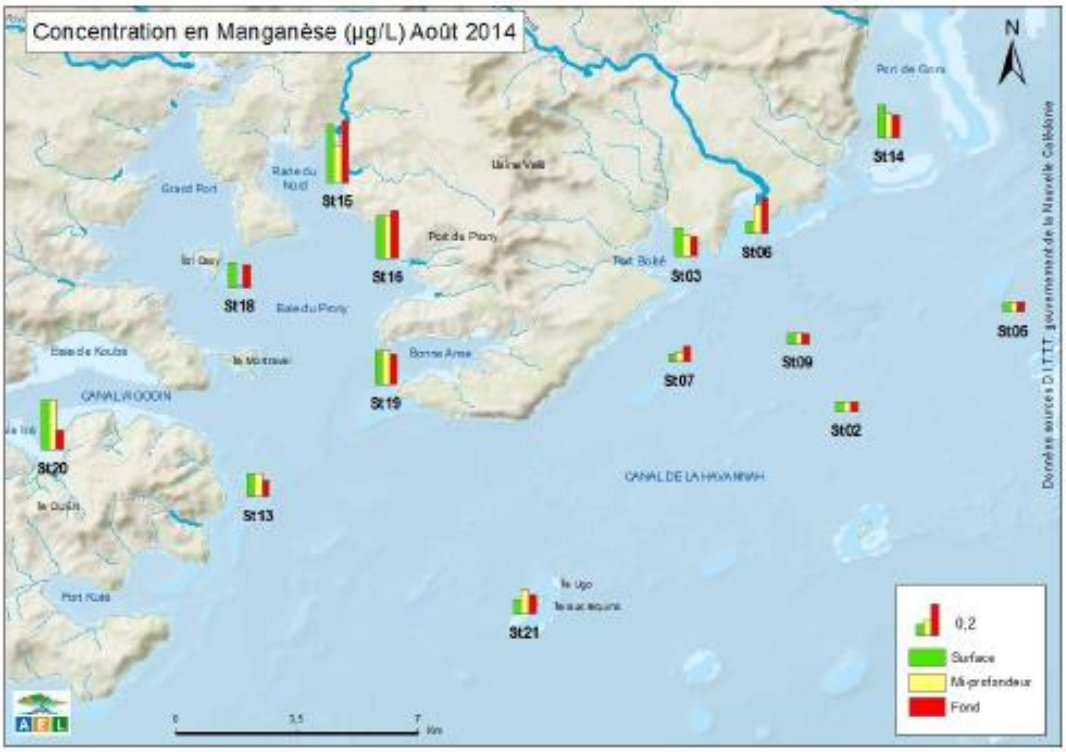


Figure 33 : Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en AOUT 2014.

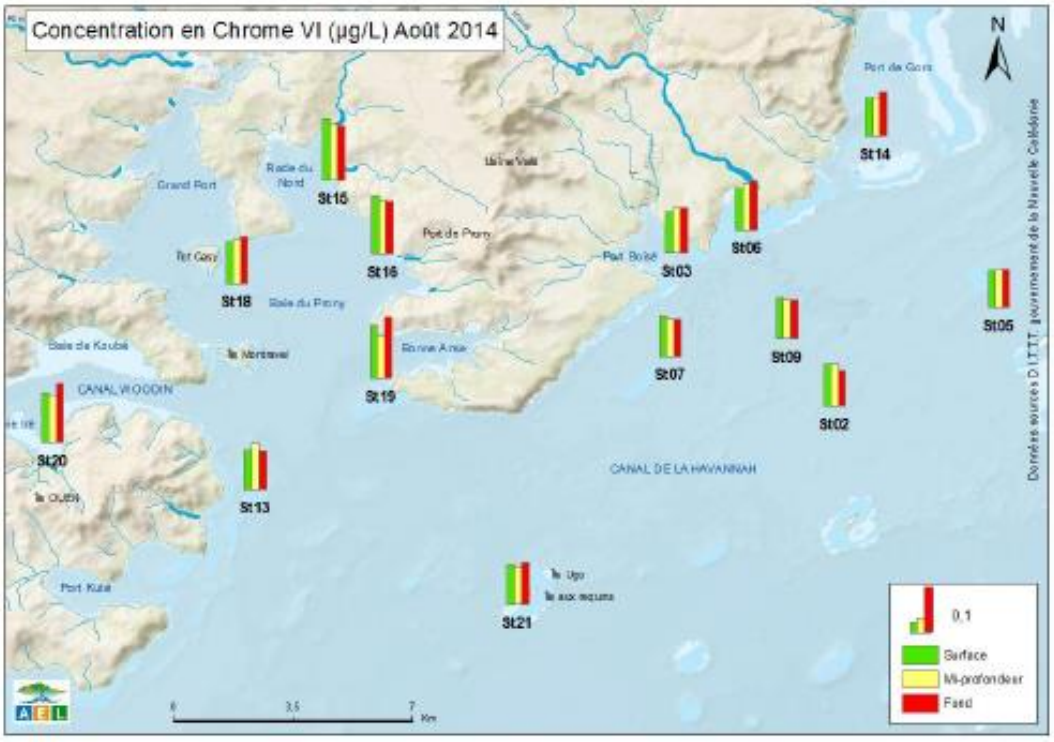
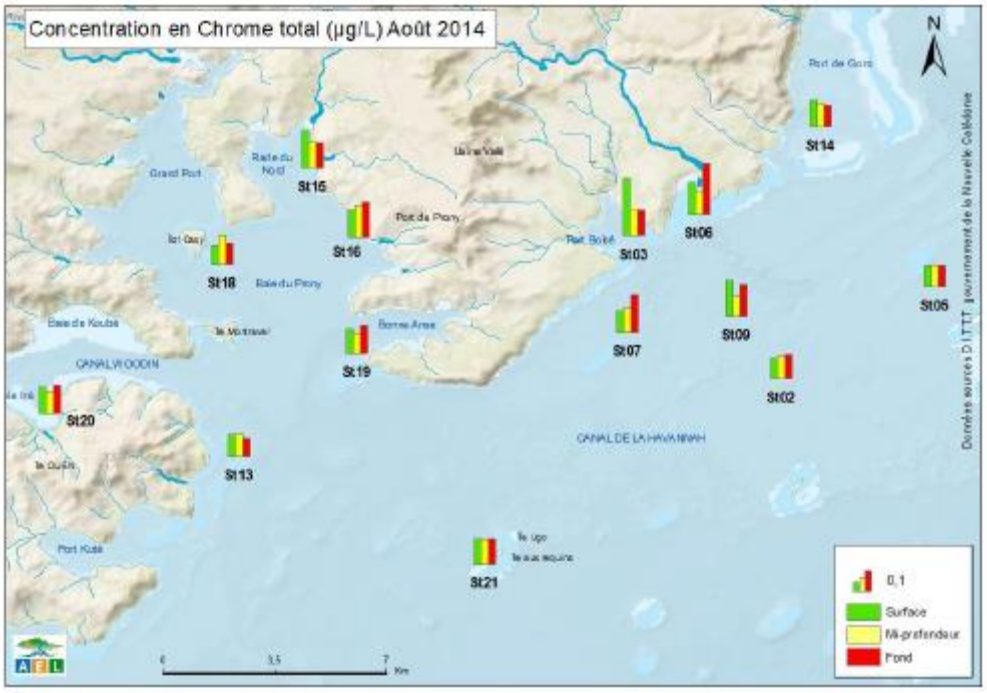


Figure 34 : Concentrations en Cr total sur tous les stations en Aout 2014



Remarque : Les suivis avec des indicateurs intégrateurs sont à coupler avec ces données ponctuelles, pour une analyse des résultats, par exemple ceux du caging (bio accumulateurs et indicateurs de la disponibilité en de métaux), cette analyse est réalisée lors du bilan annuel de fin d'année, les cages sont restées immergées 5 mois en 2014.

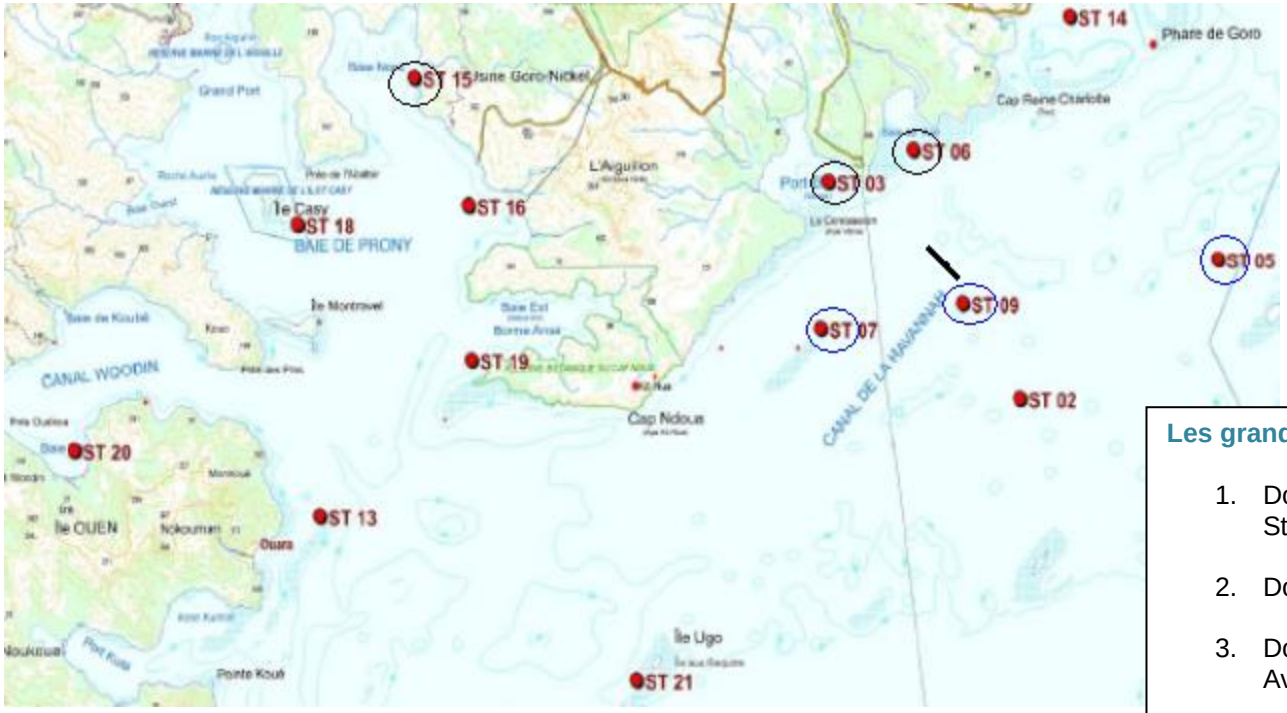
Le chapitre suivant est crucial car il s'agit de l'analyse de l'évolution des paramètres au fil des missions effectuées. En effet il est important de raisonner non pas en photographies d'un instant t: l'état ponctuel est très dépendant du fond géologique et géographique ainsi que de la météorologie et 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
- St 03 : Baie de Port boisé
- St 05 : Témoins canal de la Havannah sous influence marine
- St 09 : Proche rejet effluent marin- Canal de la Havannah
- St 07 : Canal de la Havannah au Sud du rejet de l'effluent

Figure 35: Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies



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

Les grands domaines distincts:

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

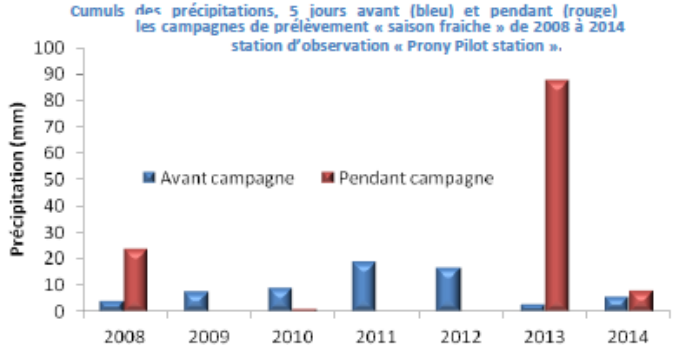
Les stations proches du diffuseur sont : St09, St07 et St02

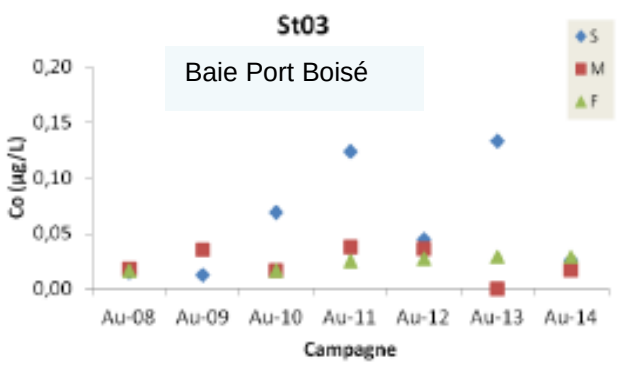
Les figures suivantes présentent l'évolution temporelle des concentrations en métaux Entre 2007 et 2014

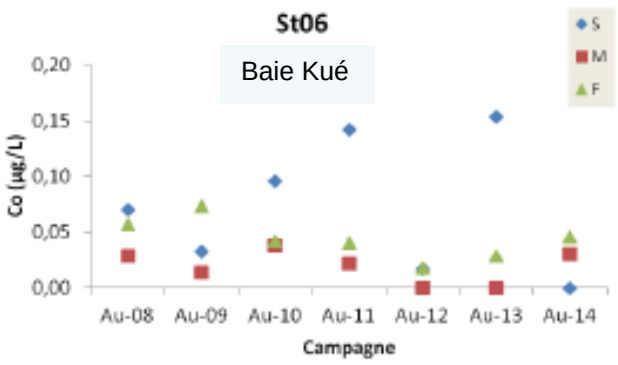
Sur des stations sélectionnées comme sentinelles

Figure 36 : Evolution des concentrations <u>en Cobalt (Co)</u> aux stations sentinelles <u>entre 2008 et 2014 en saison fraiche</u> (AOUT)

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond), et rappel de la pluviométrie (2013 est une année exceptionnelle)







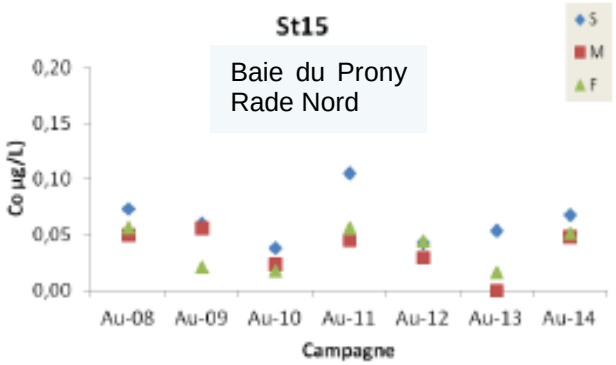
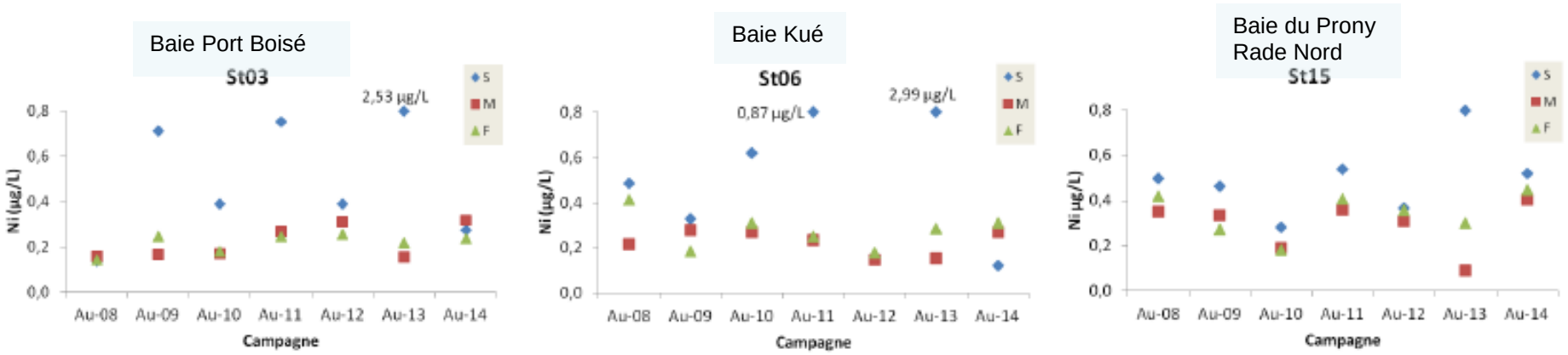


Figure 37 : Evolution des concentrations en Nickel (Ni) aux stations sentinelles entre 2008 et 2014 en saison fraiche (AOUT)



Remarquer la similitude entre la baie de Port Boisé et la Baie Kué, la Baie de Port boisé n' est pas sous influence minière Vale NC, elle a un comportement des nombreux paramètres relativement similaire à celui de la baie Kué , bien qu'une analyse fine montre un hydrodynamisme différent dans les deux baies qui ne sont pas comparables en tout point, notamment d'un point de vue biologique.

Figure 38 : Evolution des concentrations en Manganèse (Mn) aux stations sentinelles entre 2008 et 2014 en saison fracihe (AOUT)

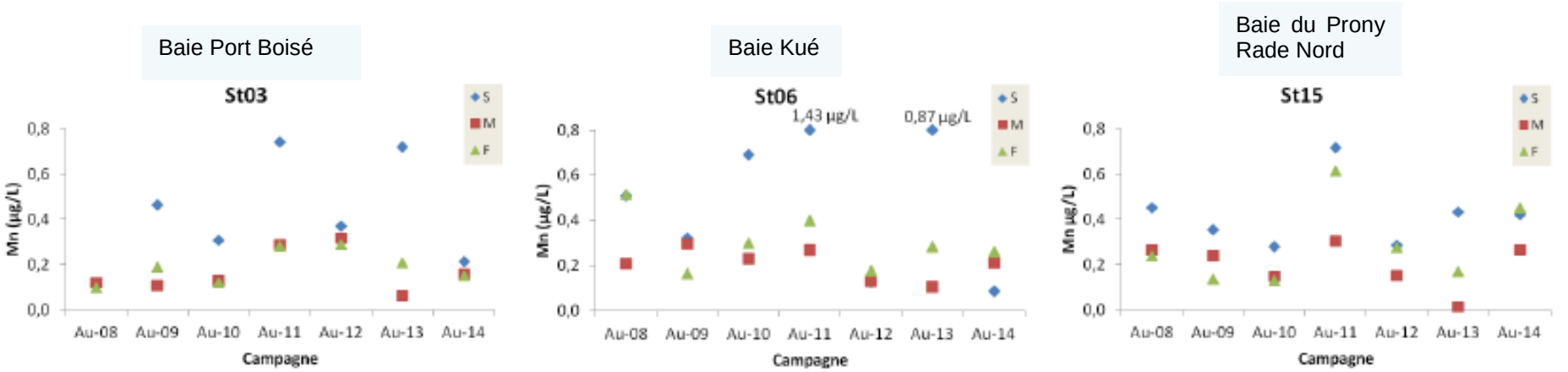
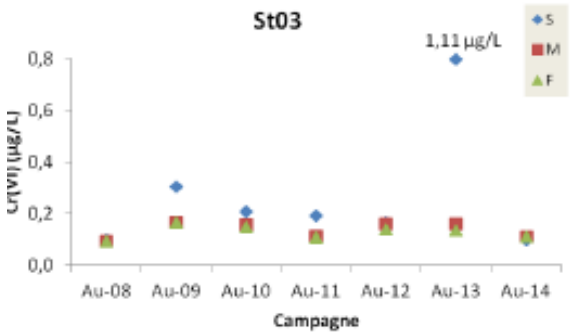
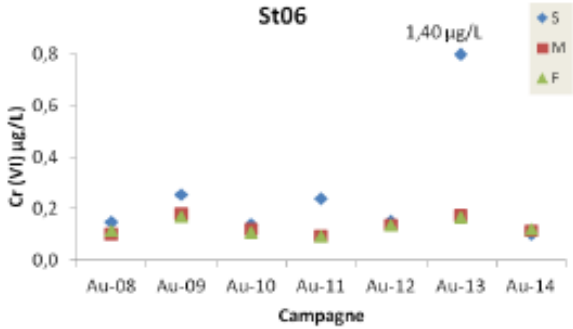


Figure 39 : Evolution des concentrations en Chrome hexavalent (Cr VI) aux stations sentinelles entre 2008 et 2014 en saison fraiche (AOUT)

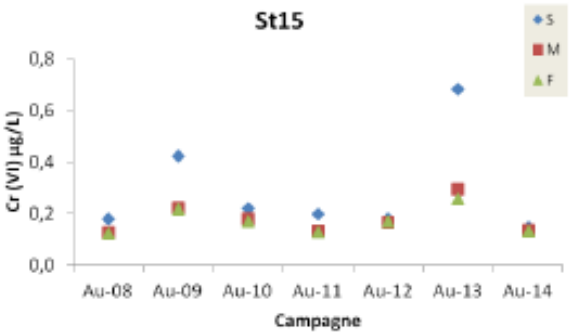
Baie Port Boisé



Baie Kué

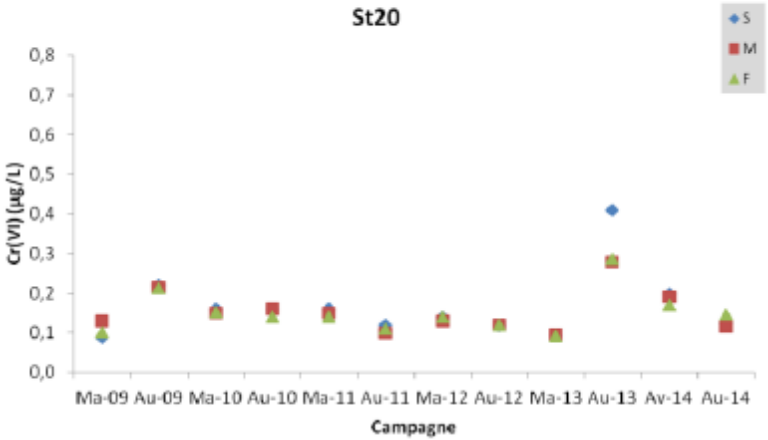


Baie du Prony
Rade Nord



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).

Station canal Woodin - Nord île Ouen. Choisie comme témoins.



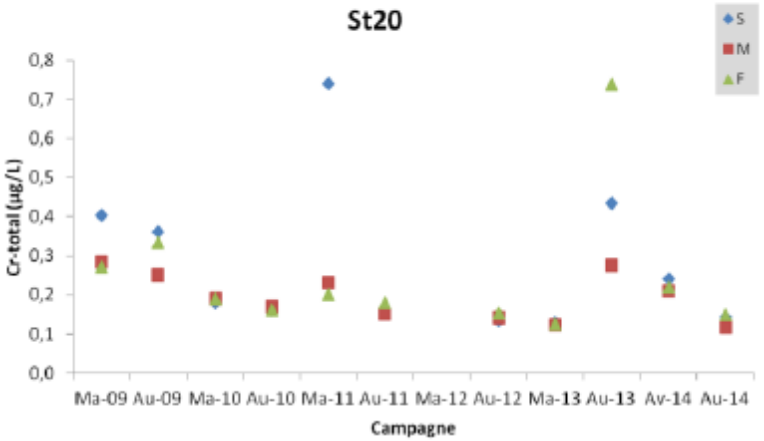


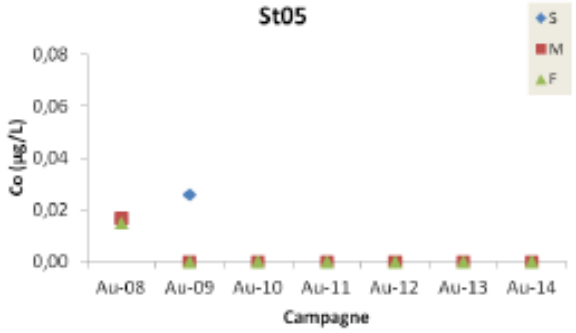
Figure 40 : Evolution en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2014 – <u>Saison Fraiche</u> (AOUT)

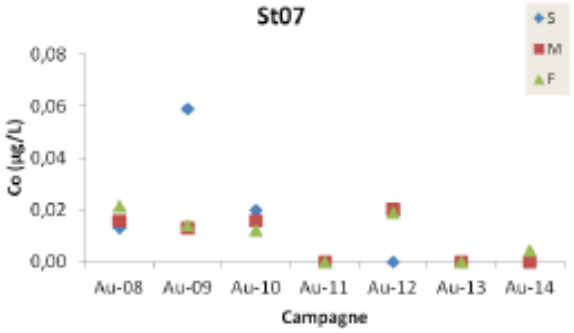
<u>Cobalt (Co) et Nickel (Ni)</u>

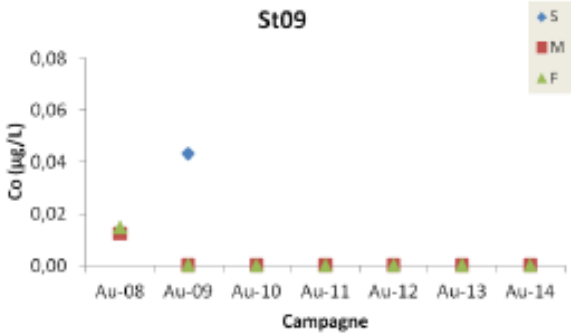
Témoins Canal Havannah

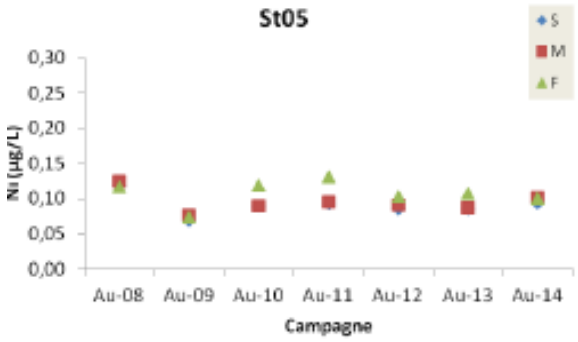
Canal Havannah Sud-Ouest de l'émissaire

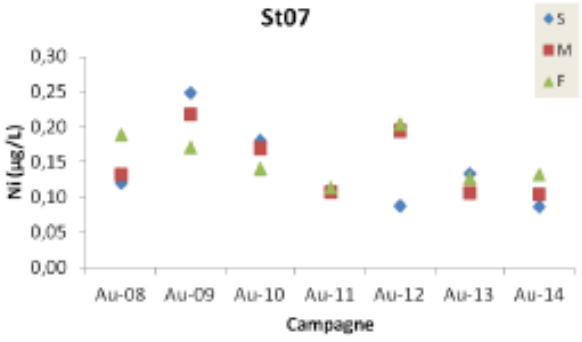
Canal Havannah Proche rejet effluent traité











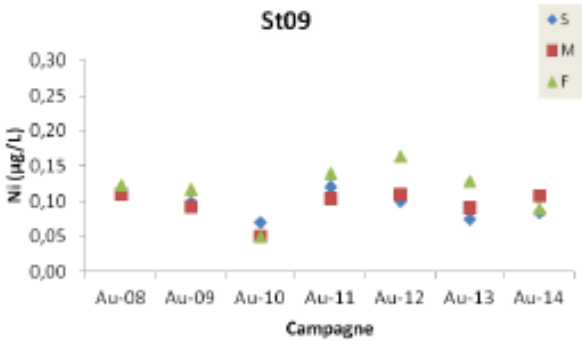


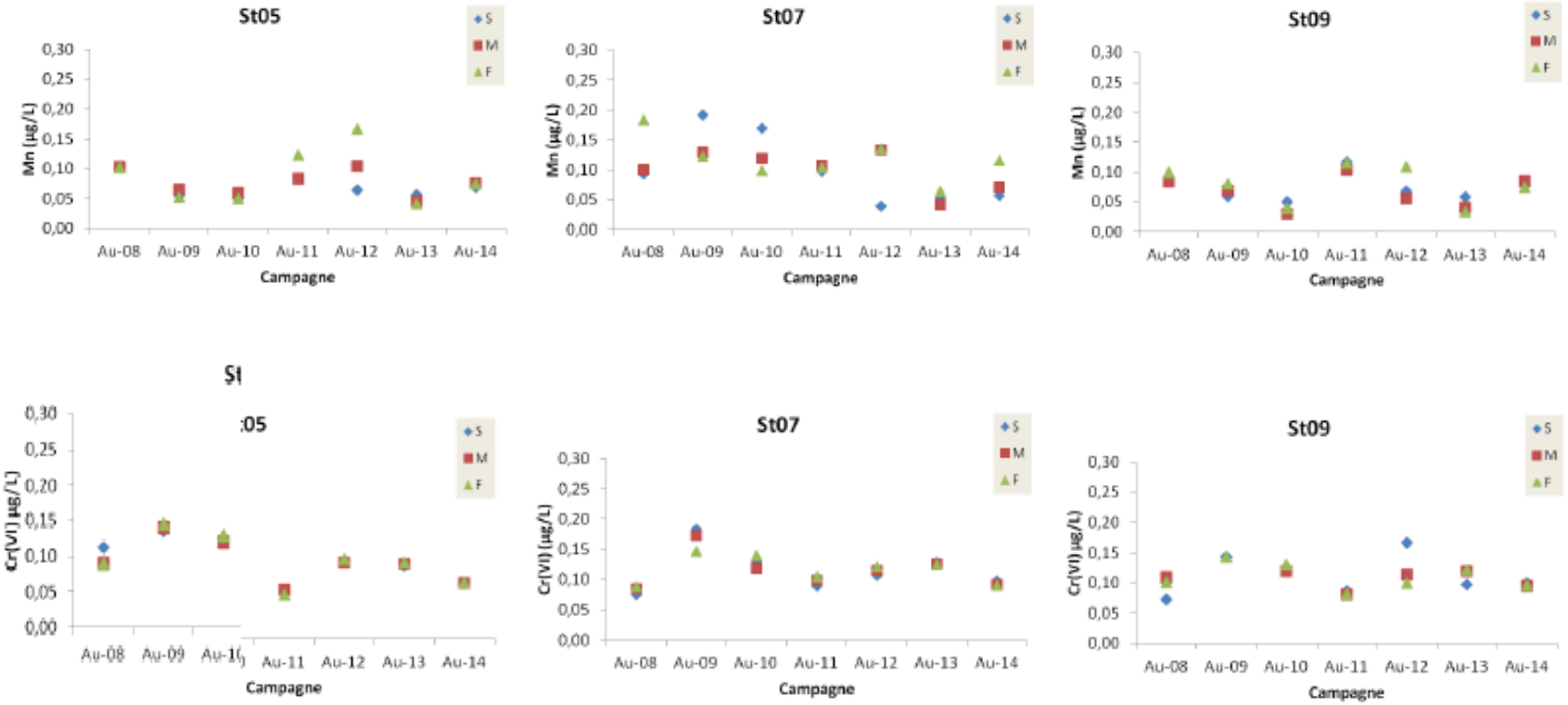
Figure 41: Evolution en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2014 – <u>Saison fraiche</u> (AOUT)

<u>Manganèse (Mn) et Chrome VI (Cr VI)</u>

Témoins Canal Havannah

Canal Havannah Sud-Ouest émissaire

Canal Havannah Proche rejet effluent traité



A l'intérieur des baies, les eaux de surface montrent des variations de concentrations pour le Co, Cr(VI), Mn et le Ni qui sont les indicateurs d'influence terrigènes sur fond géologique latéritique. Les concentrations les plus fortes et les fluctuations les plus marquées sont observées à la station St15, au droit du Creek de la Rade Nord.

En Baie Kwé (St06), aucune tendance claire ne peut être établie, comme à Port Boisé (St03), malgré des augmentations observées en 2013 (année de pluviométrie exceptionnelle) pour les métaux indicateurs terrigènes dans les deux baies.

La station témoins en baie de Iré (St20 au nord de l'île Ouen) présente des fluctuations fortes, en aout 2014 ce sont les nitrates Nitrites qui y sont plus élevés, le Cuivre y est régulièrement plus élevé aussi, ce témoins (hors influence Vale NC) sera redéfini lors de l'optimisation 2015 du plan de suivi marin.

Dans le Canal de la Havannah, comme sur toute les zones sous influence marine, les concentrations demeurent faibles (Cr(VI), Mn et Ni), voire en dessous de la limite de quantification (Co). La barrière hydrodynamique du centre du canal rabat les flux côtiers Nord sur la côte Nord, vers le Nord- Est ou le Nord- Ouest en fonction des marées. Pour les stations St07 et St09, les plus proches du diffuseur d'effluent traité, les concentrations de Co, Mn et Ni, sont stables.

La station St16 du port de Prony fait l'objet d'un suivi trimestriel et d'un rapport qui lui est dédié, les concentrations en Cu, Zn et Fer de fond, sont suivis avec attention car pourraient être liés à l'activité portuaire.

Au niveau de la réserve Merlet (St05), pour chaque métal, les valeurs sont homogènes et constantes sur toute la hauteur de la colonne d'eau, depuis 2007.

Une analyse statistique de l'ensemble des données disponibles après 5 ans de recul est programmée avec une étude métrologique associée et une meilleure connaissance des fluctuations saisonnières en corrélation avec la pluviométrie, les intervalles de confiance des mesures et les tendances significatives (ou non) pourront ainsi être déterminées. Le travail de synthèse est programmé en 2015 et il sera externalisé auprès de biostatisticiens compétents qui accompagneront les bureaux d' études qui effectuent les suivis.

CONCLUSION :

Les stations du canal de la Havannah et celles proches du diffuseur n'enregistrent pas de modification des paramètres physico-chimiques, ni en surface ni en profondeur. Mn, Ni, Cr(VI) sont remarquablement stables au cours des différentes campagnes depuis 2008 (premiers rejets d'effluent traité en 2009).

Au cours de la campagne du second semestre 2014, il n'apparait 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.

3.2.2. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

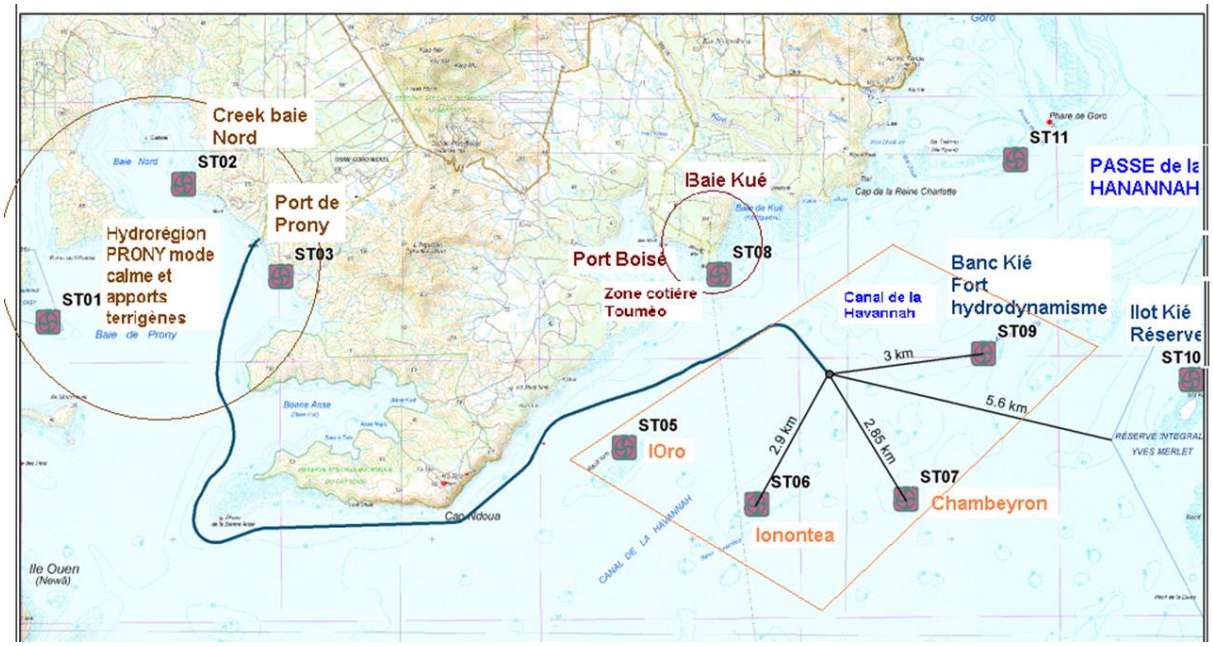
L'ensemble des stations été évalué et il n'y a eu aucun manquement à l'égard du suivi réglementaire.

La mission du second semestre 2014 s'est déroulée en Octobre 2014
Pour 12 stations à évaluer, le temps imparti pour conduire une mission rigoureuse de suivi est de 6 jours, au minimum.

Tableau 29 : 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 42 : Rappel de la position des stations de suivis ecosystèmiques (la station de de Ugo, ST12 rajoutée, n' est pas indiquée)



3.2.2.1. Rappels météorologiques

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 *Zelia*)** 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 été subi : 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.
  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 chaine. La résilience des colonies du canal de la Havannah est plus difficile 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)** entrainent 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 n'a pas connu d'évènements météorologiques intenses de cette ampleur.**

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

La baie du Prony

►La station ST01 (Casy Sud)

- Biodiversité corallienne importante (110 espèces)
- Recouvrement corallien de 10 % sur le *transect* A et de 5 % en B. 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 (3/101 espèces de scléractiniaires et 0,9% de la surface totale observée) et il ne se manifeste sur des colonies isolées.
- Maladie de la bande blanche présente
- Croissance des Pocillopora damicornis : croissance moyenne estimée à 2.28 cm / 6 mois
- Absence des Acanthaster planci et de Culcita novaeguineae
- Absence de Drupella cornus.
- Poissons : Densité 0,85 poissons/m² pour une biomasse de 21,61 g/m². (En hausse).

►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 scléractiniaires). (En hausse)
- La sédimentation est très importante mais les espèces sont adaptées à ce milieu.
- Le recouvrement corallien de 43,5 % (le plus élevé pour cette mission) en A et 20,5 % en B
- Absence de blanchissement corallien
- Absence des Acanthaster planci et des Culcita novaeguineae
- Absence de Drupella cornus
- Absence des cyanobactéries
- Poissons : Densité de 6,17 poissons/m² pour une biomasse de 71,48g/m². (Forte hausse). Si l'on s'en tient au peuplement de poissons vu sur les transects et en liste restreinte, la biodiversité semble très faible. La prise en considération de la liste complète montre au contraire un peuplement exceptionnel en biodiversité. La biomasse élevée lors de cette mission est due à un banc de Caesio cuning.
- Il y a toujours beaucoup de juvéniles.

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

- Biodiversité corallienne importante (119 espèces)
- Recouvrement corallien de 5,5 % en A, 30,5 % en B et 15,5 % en C
- Absence de blanchissement corallien
- Dépôt sédimentaire sur quelques colonies coralliennes
- Absence des Acanthaster planci
- Présence de Culcita novaeguineae (1 spécimen en ST03A et B)
- Absence de Drupella cornus
- Poissons : Densité de 0.82 poisson/m² pour une biomasse de 5,61 g/m^2. Tous les indicateurs présentent une augmentation.

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 à tout point de vue des indicateurs, cependant étant située dans une réserve intégrale elle ne peut pas être une station Témoins de comparaison avec les autres stations de suivis.

- La biodiversité corallienne est la plus importante (152 espèces) de l'ensemble du réseau de suivi biologique
- Le recouvrement corallien est de 42,5 % en A, 42,5 % en B (pour ces 2 transects, parmi les taux les plus élevés de cette mission) et 9,5 % en C
- Le blanchissement est modéré et a augmenté en nombre d'espèces (19/143 espèces de scléractiniaires soit 13% des espèces et 1.23% de la surface totale observée), il se manifeste sur des colonies isolées
- Maladie de la bande blanche présente
- Absence des Acanthaster planci et des Culcita novaeguineae
- Présence de Drupella cornus (abondance très important
- Le recouvrement des cyanobactéries reste faible et stable. Elles colonisent les colonies coralliennes mortes
- Aucune *Acanthaster planci*
- Poissons : Richesse remarquable d'un point de vue ichtyo faune : densité de 2,56 poissons/m² pour une biomasse de324, 58 g/m².

►La station côtière ST08 (Puka)

Elle était dégradée depuis la mission de mars 2011 (tempête tropicale Vania). De plus, de nombreuses colonies montraient les signes de maladies (bandes blanches) et anomalies de croissance, elle ne « récupèrait » pas comme les autres stations. Un suivi renforcé lui a été dédié.

- Biodiversité corallienne importante (100 espèces)
- Recouvrement corallien de 27,5 % en A et 3 % en B
- Le blanchissement est faible et a fortement diminué en nombre d'espèces tout comme en recouvrement (9/94 espèces de scléractiniaires et 0,45% de la surface totale observée) et il ne se manifeste sur des colonies isolées.
- Maladies coralliennes en diminution
- Présence de colonies juvéniles.
- Dépôt sédimentaire sur quelques colonies coralliennes.
- Absence des Acanthaster planci et des Culcita novaeguineae
- Présence de Drupella cornus (abondance modéré niveau 2 en ST08A et absence en ST08B).
- Poissons: densité en hausse avec 1.40 poisson/m² pour une biomasse en hausse avec 135,16 g/m².

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

Elles ne présentent aucune non-conformité à l'égard des 11 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'Ionontea :

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 de pêche sont notables.

- Densité des poissons : 135, 16 poisson/m² et Biomasse : 1109,78 g/m².

- **Aucune espèce exogène n'a été observée**
- **Pas de menace par étoiles de mer dévoreueuses 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 (134 espèces)
- Le recouvrement corallien est de 36,5 % en A, 25 % en B et 7 % en C
- Le blanchissement est faible (4/125 espèces de scléractiniaires et 0.47% de la surface totale observée, mais présent.
- Maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Absence des Acanthaster planci et des Culcita novaeguineae
- Présence de Drupella cornus
- Poissons : Sur l'ensemble des transects de la station, densité de 1.27 poissons/m² pour une biomasse de 73,96 g/m².

► La station du canal Woodin (ST04)

- La biodiversité corallienne est importante (107 espèces)
- Le recouvrement corallien est de 26,5 % en A, 24,5 % en B et 7,5 % en C
- Le blanchissement est faible (2/197 espèces de scléractiniaires et 0,17% de la surface totale observée)
- Maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Recouvrement faible des cyanobactéries (absence en ST04B). Elles colonisent les débris coralliens
- Recouvrement Cliona orientalis augmente en ST04C (abondance modérée).
- Absence des Acanthaster planci et des Culcita novaeguineae
- Absence de Drupella cornus.
- Poissons : densité de 2,21 poissons/m² et Biomasse de 392,32 g/m².

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.

►Trace de passage d'une (ou plusieurs) **étoile de mer *Acanthaster planci*** sur la station de la réserve Merlet lors de la mission du premier semestre 2014.Mais aucune étoile de mer dévoreuse de corail n'est aperçue Toute présence de cette étoile de mer est signalée, même en dehors des *transects.*

►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.

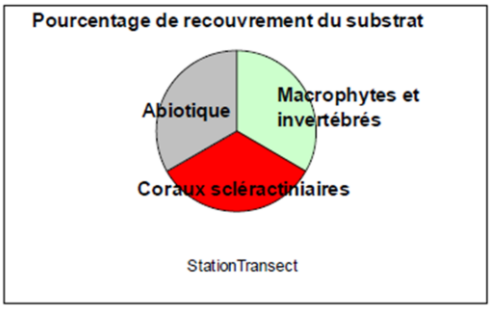
3.2.2.3. Comparaisons spatiales entre stations

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

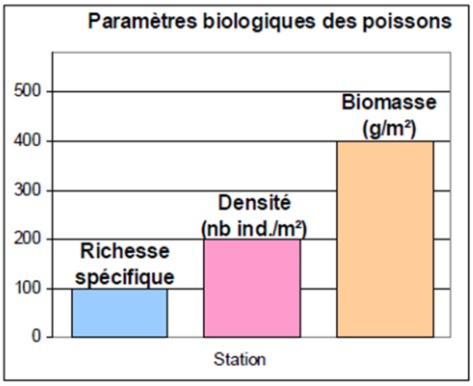
Figure 43: Représentation cartographique – légende

(Carte intégrale sous forme de poster dans le rapport intégral)



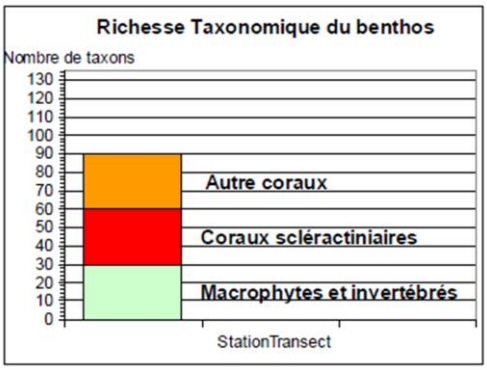
La légende de cette carte indique :

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



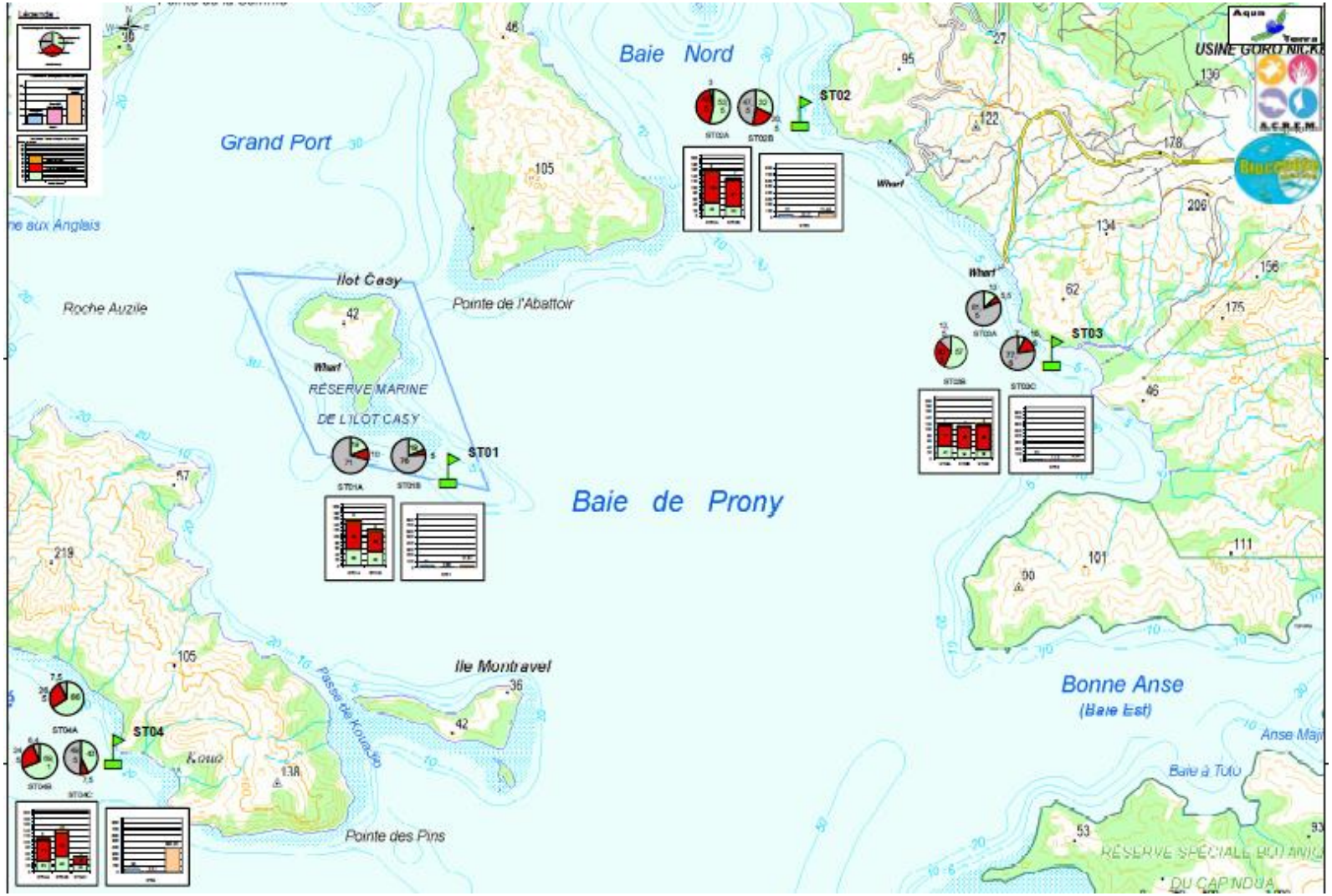
Les POISSONS : histogramme présentant :
- la richesse spécifique,
- la densité et
- la biomasse

Sur liste restreintes règlementaires et par station.



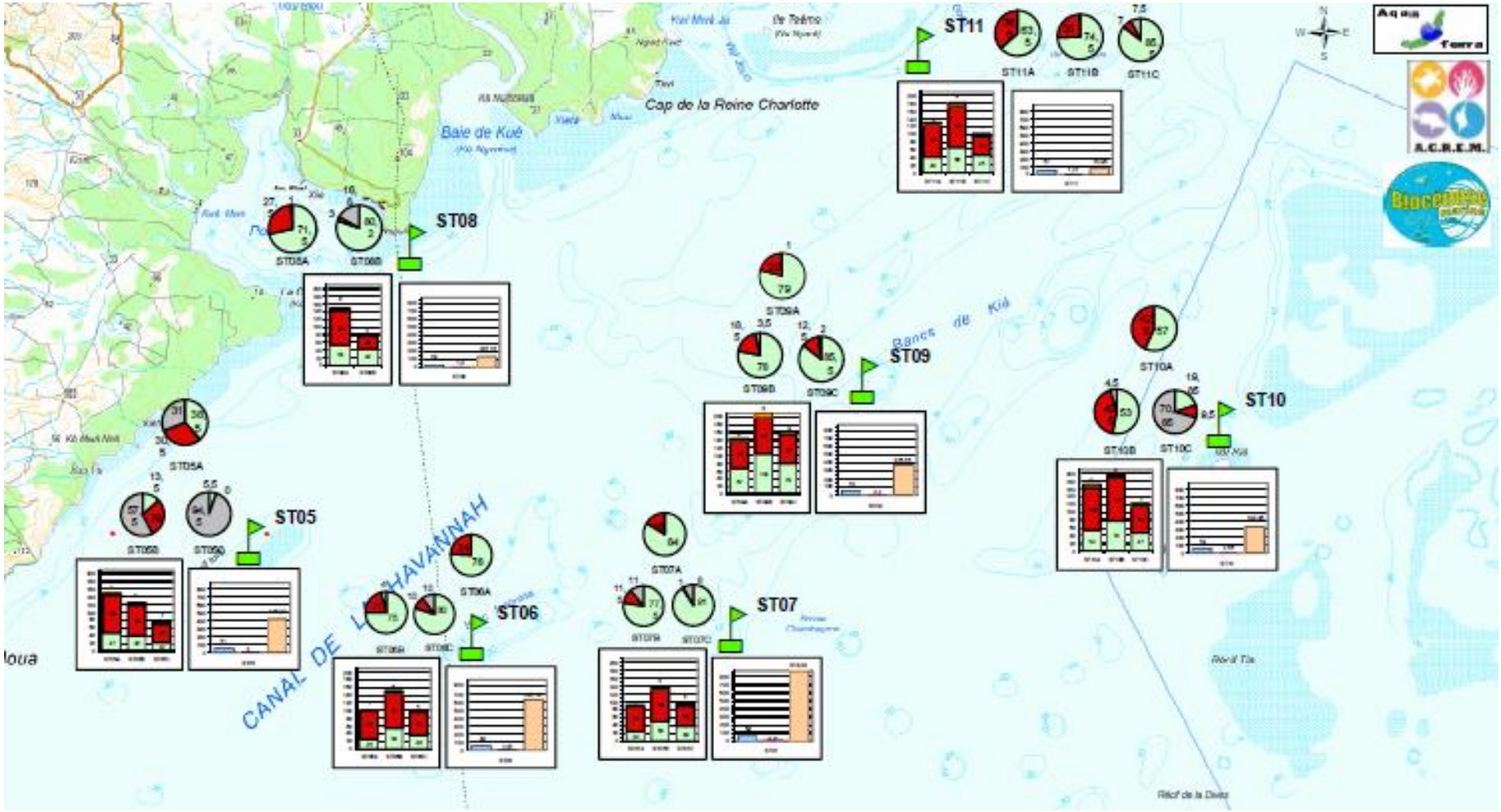
Le BENTHOS : en nombre de taxons par couloir d'inventaire sur chaque *transect* de chaque station avec :
- les coraux durs (Scléractiniaires) en rouge,
- les autres coraux et les
- Macrophytes (algues) + autres invertébrés.

Figure 44 : Résultats de la campagne de suivi, OCTOBRE 2014. Baie du Prony : Ilot Casy ST01, baie Nord /Creek baie Nord ST02 et Port de Prony ST03



(Carte intégrale sous forme de poster dans le rapport intégral)

Figure 45: Résultats de la campagne de suivi, OCTOBRE 2014 (canal de la Havannah)



(Carte intégrale sous forme de poster dans le rapport intégral)

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

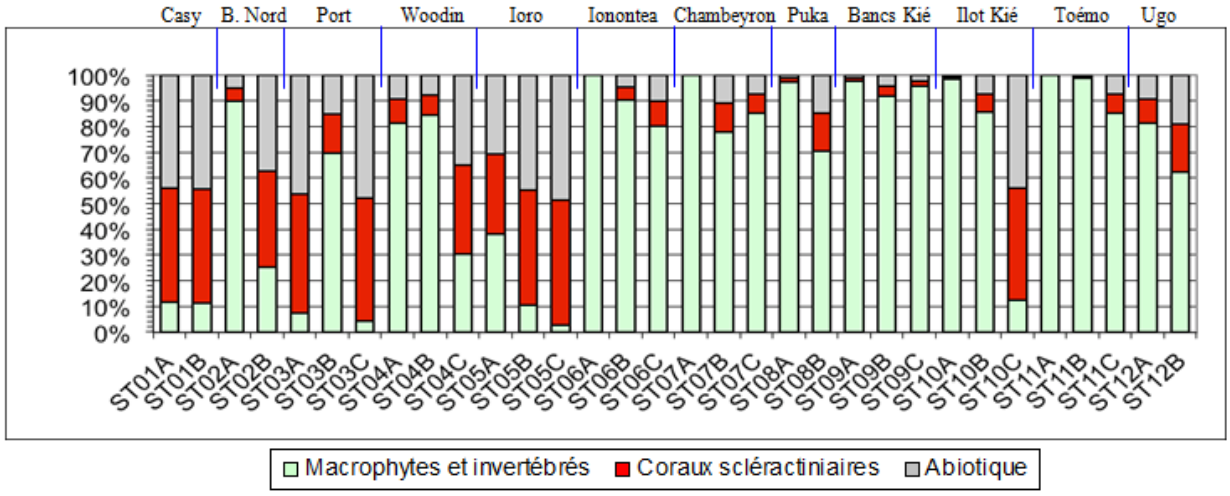
- **1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)**
- **2)-Le benthos (sur couloirs fixes)**
- **3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)**

Figure 46 : SUBSTRAT

Comparaison entre stations pour le substrat, OCTOBRE 2014

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 scléractiniaires 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 peur 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 est aussi archivé. 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 différence 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 entraient 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 et de ne pas sous- traiter ce travail 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, 100m^2, 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 pas jour, surtout si c'est une première approche. En zone de forte turbidité, de courants forts et de profondeur 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 47: BENTHOS

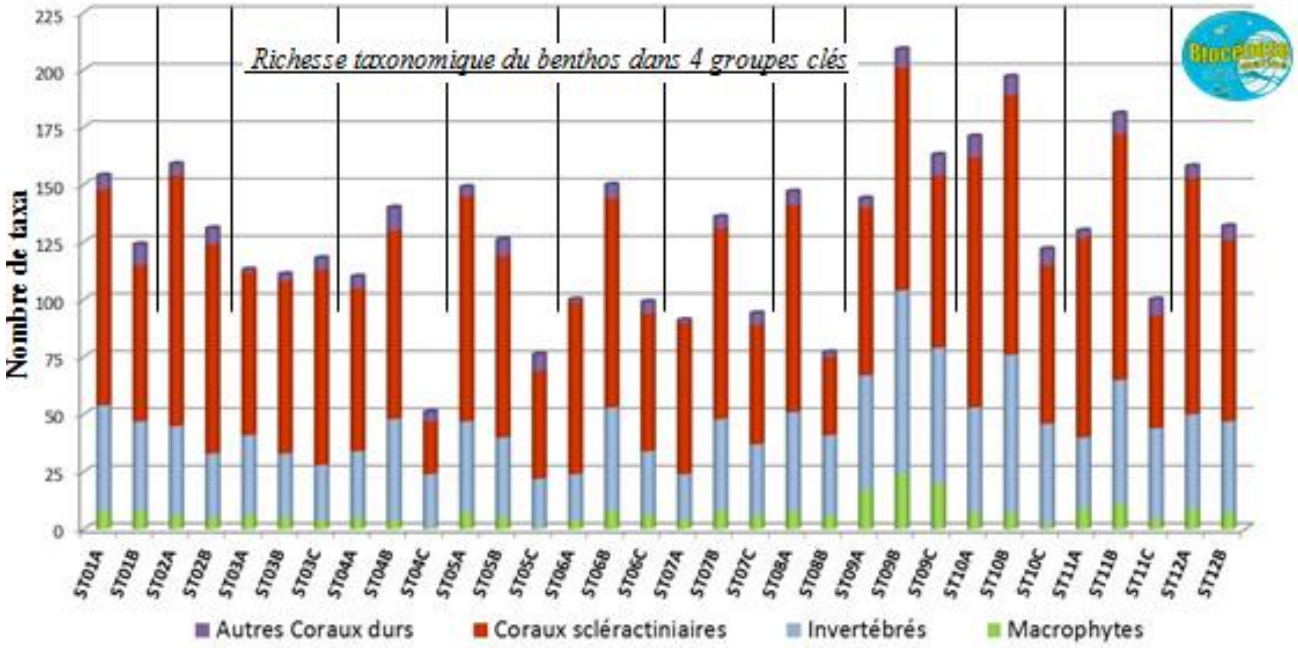
Richesse taxonomique du benthos dans 4 groupes clés

Comparaisons entre stations pour le benthos, OCTOBRE 2014

► 3 grands groupes benthiques sont à distinguer :

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

Rester sur 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. jullienei*

►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 α=0,025.

Tableau 30 : Relevés ichyologiques (poissons)

Semestre 2 (Mission d'octobre 2014 : 2014b)

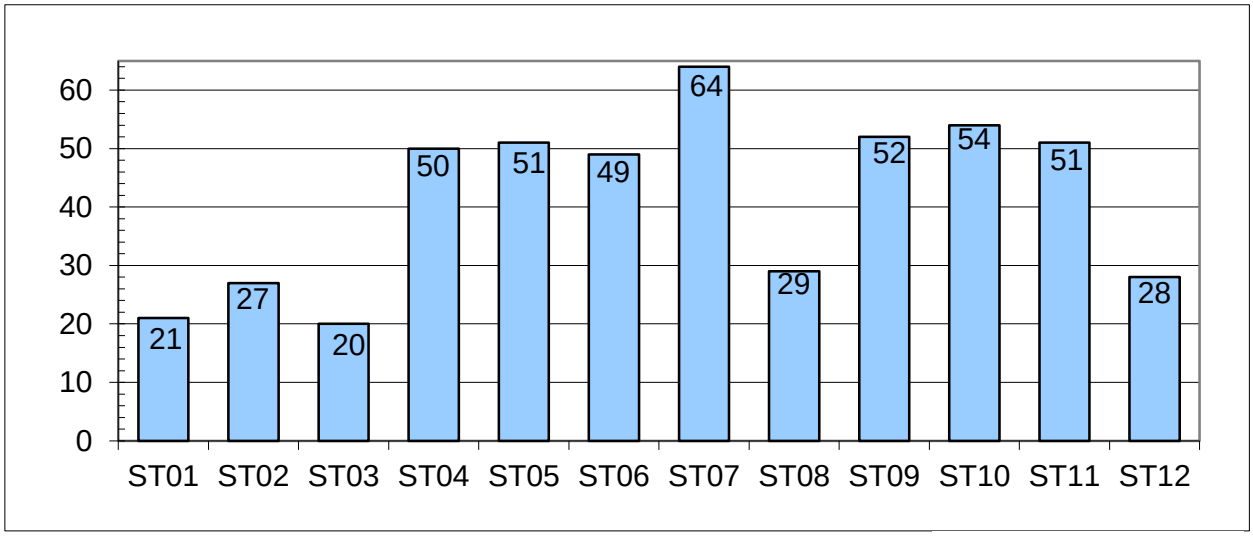
2014 b		Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	St1	ILOT CASY	74,50	0,85	21,61	21	41	75	3,538	0,805
	St2	CREEK BAIE NORD	292,50	6,17	71,48	27	40	69	1,502	0,316
	St3	PORT	58,67	1,12	6,24	20	41	66	2,523	0,584
		Variances (σ^2)	17075,2	9,0	1163,3	14,3	0,3	21,0	1,036	0,060
		Ecart types (σ)	130,7	3,0	34,1	3,8	0,6	4,6	1,018	0,245
		Moyennes (μ)	**141,9**	**2,7**	**33,1**	**22,7**	**40,7**	**70,0**	**2,521**	**0,568**
		Coef. de Var(σ/μ)	0,92	1,10	1,03	0,17	0,01	0,07	0,404	0,431
		Int. de Conf. $_{95\%}$	150,9	3,5	39,4	4,4	0,7	5,3	1,175	0,283
Canal de la HAVANNAH	St4	WOODIN	177,67	2,21	392,32	50	75	115	4,563	0,809
	St5	BANC IORO	275,33	3,00	415,97	51	63	91	2,897	0,511
	St6	BANC IONONTEA	226,00	2,87	622,19	49	81	126	3,960	0,705
	St7	B. CHAMBEYRON	249,67	3,21	874,04	64	76	114	4,654	0,776
	St8	POINTE PUKA	71,50	1,40	135,16	29	72	103	4,053	0,834
	St9	BANC KIE	208,00	3,20	376,55	52	72	117	4,814	0,845
	St10	ILOT KIE	187,00	2,56	324,95	54	105	152	4,438	0,771
	St11	TOEMO	100,00	1,27	73,96	51	74	105	4,993	0,880
	St12	HUGO	139,00	1,54	189,24	28	52	94	3,229	0,672
		Variances (σ^2)	4590,9	0,6	62148,6	136,3	203,3	340,0	0,514	0,013
		Ecart types (σ)	67,8	0,8	249,3	11,7	14,3	18,4	0,717	0,113
		Moyennes (μ)	**181,6**	**2,4**	**378,3**	**47,6**	**74,4**	**113,0**	**4,178**	**0,756**
		Coef. de Var(σ/μ)	0,37	0,33	0,66	0,25	0,19	0,16	0,172	0,150
		Int. de Conf. $_{95\%}$	45,2	0,5	166,2	7,8	9,5	12,3	0,478	0,075

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

RICHESSE SPECIFIQUE

Figure 48: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station

OCTOBRE 2014

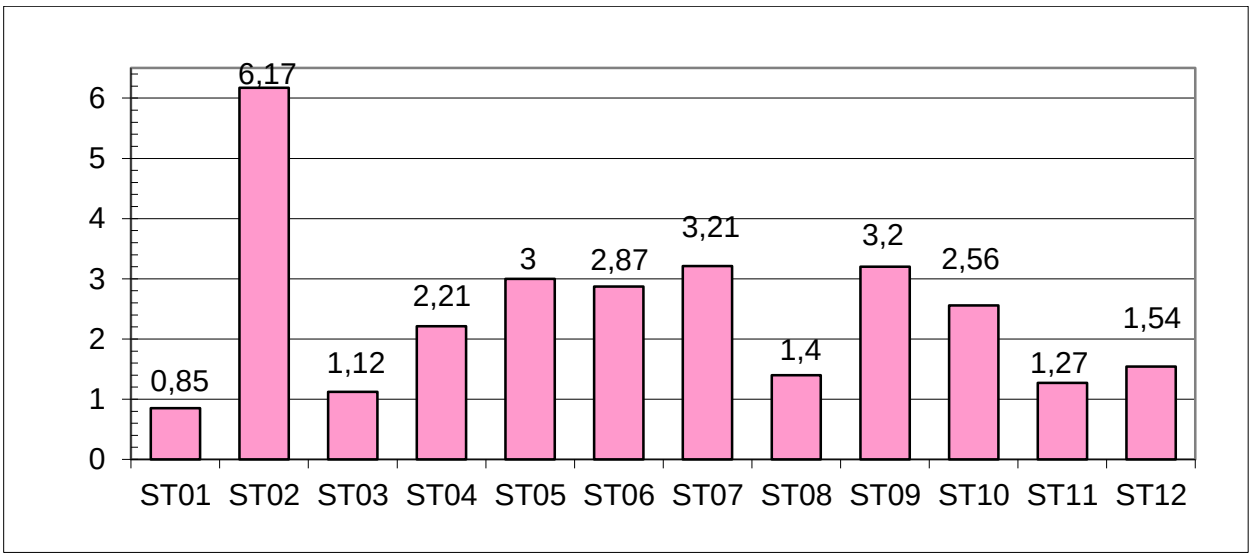


Ionontea (ST06) et la réserve Merlet (ST 10) sont habituellement en tête pour l'indice de la richesse spécifique des poissons, (pour rappel Ionontea est le récif le plus proche du diffuseur), la station Chambeyron (ST07) présente une forte richesse spécifique lors de cette mission. Les stations situées en baie du Prony ont toujours une moindre richesse spécifique que celles situées sur des récifs du canal de la Havannah

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

Figure 49 : Densité de l'ichtyo faune par station

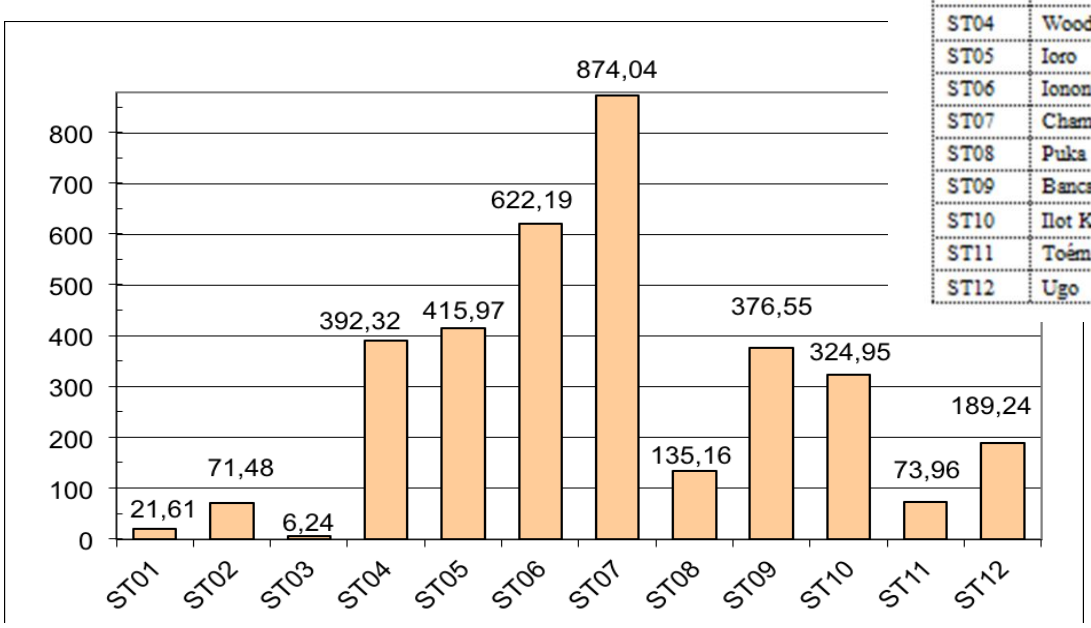
OCTOBRE 2014



Le cas de ST 02 (Station Creek Baie Nord) est exceptionnel et du à un ban de *Caesio cuning* qui a traversé le couloir du relevé. La prochaine mission enregistrera probablement une baisse par rapport à ce relevé exceptionnel de octobre 2014, et cela n'indiquera pas un impact.

Figure 50 : Biomasse de l'ichtyo faune par station

OCTOBRE 2014



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 consacrées aux peuplements de poissons.

Pour les poissons : comparaison des stations entre elles et au fils 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 OCTOBRE 2014 avec un rappel des missions antérieures.

Tableau 31 : Classement des stations (A) et des années (B) à partir des paramètres évalués

S1/2014

A - Stations	Classement des Stations				
	Dens	Biomas	Biod.1	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	Biomas	Biod.1	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	Biomas	Biod.1	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	Biomas	Biod.1	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

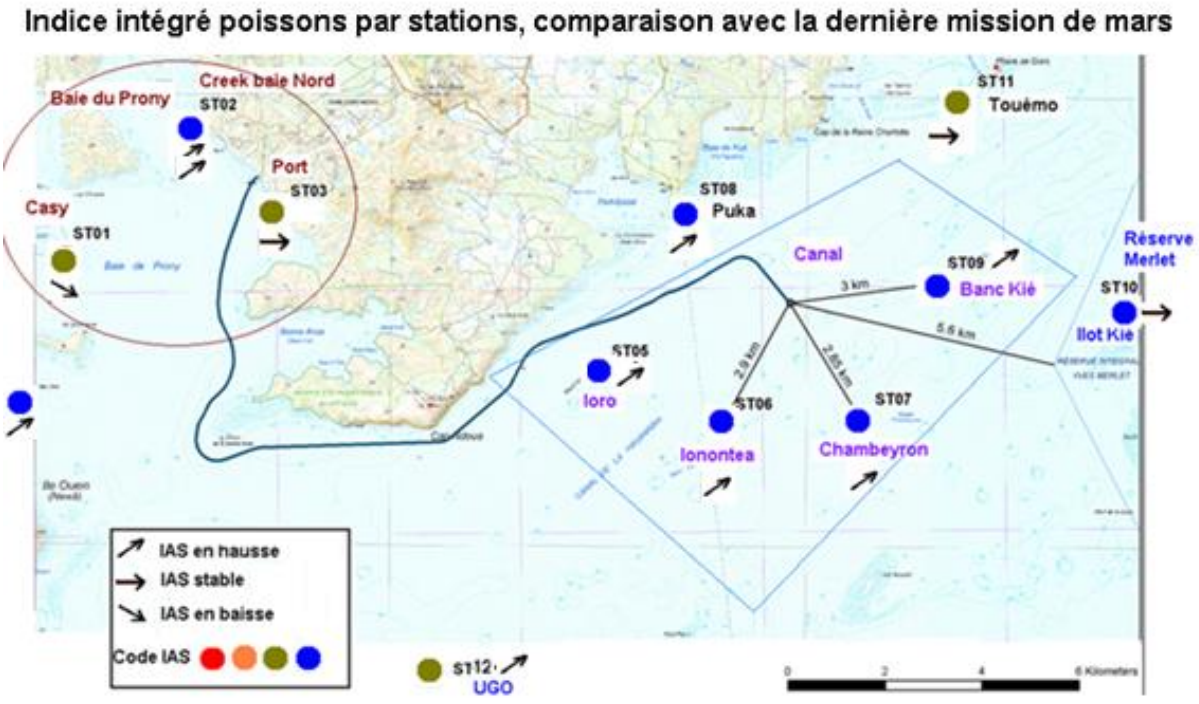
Tableau 32 : Cotation des 12 stations évaluées d'un point de vue ichtyologique (Poissons) selon un Indice IAS

Codes

Le moins bon → Le meilleur

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

Figure 51 : Evloution de la cotation « poissons » entre la mission d'ocotbre 2014 et la mission précédente de mars 2014



Remarquer que la station PUKA ST08 qui avait été affectée par de forts évenements climatiques est en résilience complète pour le benthos et en hausse sur cet indicateur poisson.
Le second semstre 2014 enregistre une hausse de l'indice poisson sur toutes ses stations (sauf l'îlot Casu relativement stable)

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

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.

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

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

La seconde moitié du rapport 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 bais 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 2013 et 2014).

Si une variation significative apparait 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 Scléractiniaires 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 pondéré 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 tuf algal sur des débris coralliens. (avec tuff : biotique/ sans tuff : abiotique)

Lors de cette mission S2 /2014 il y a très peu de variations générales : les stations apparaissent stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scléractiniaires, les cyanobactéries sont en net recul,

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 / SUSTRAT : 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 réplicas 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 transcets 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).

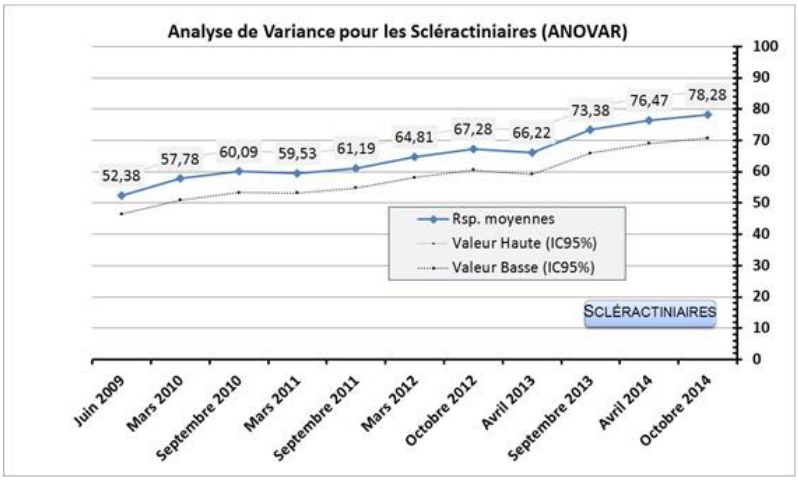
➢ **Le benthos (couloirs fixes)**

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 phases de dégradation par les dépressions et les phases de résilience font que les inventaires ne sont plus homogènes sur une aussi longue période. Malgré les intervalles de confiance importants, les récifs coralliens ont tendance à se diversifier dans le temps.
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 ponte Puka (ST08) se stabiliser depuis avril 2014.

Figure 52: Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléractiniaires) depuis 2009 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)

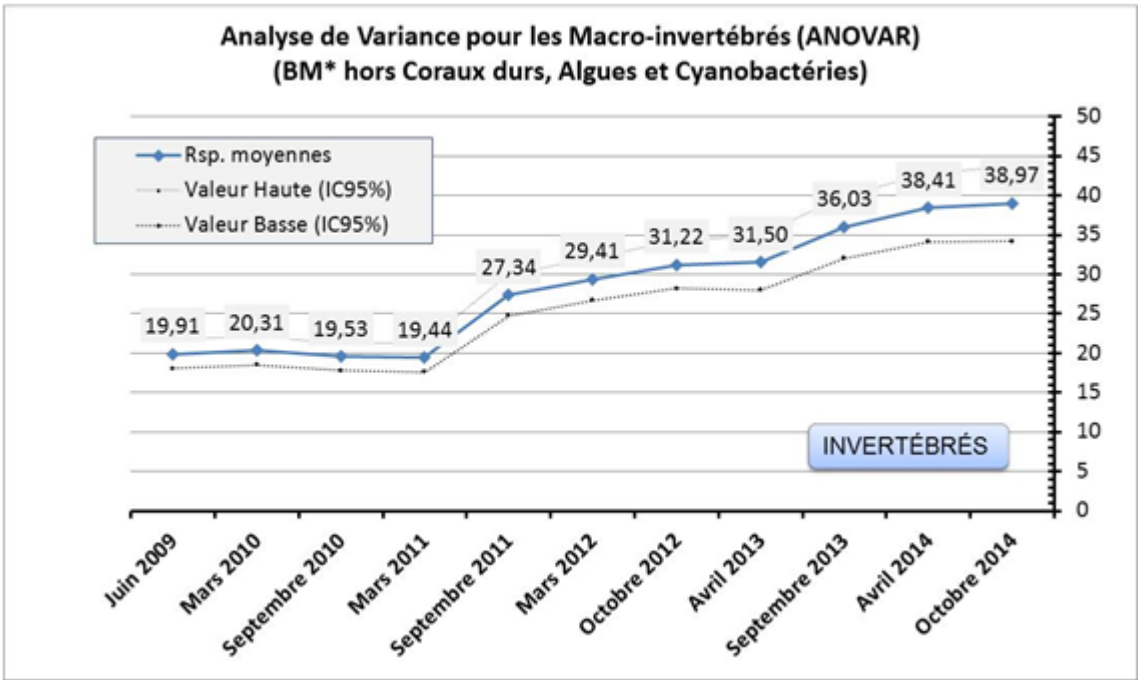


La croissance apparente de 2009 à 2014 est réelle, avec des perturbations enregistrées d'ordre cyclonique en 2011 et 2013.

- **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 évènements 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 évènement 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).

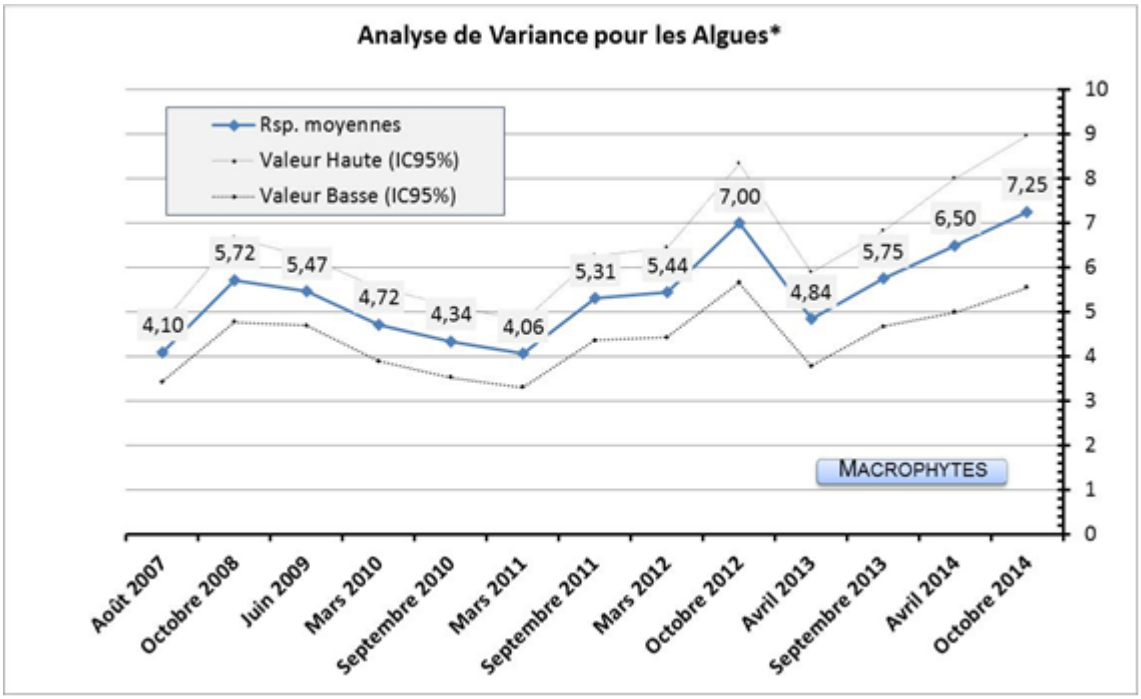
Figure 53: Valeur de la richesse spécifique moyenne des macro-invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



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

- **Pour les Macrophytes**

Figure 54: Valeur de la richesse spécifique moyenne des Macrophytes depuis 2007



Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu car il reste souvent quelques thalles, c'est plutôt leur abondance ou recouvrement qui va évoluer selon les saisons.
Le rapport de synthèse sur l'évolution de la couverture algale entre 2007 et 2012 a été finalisé début 2013.

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.

Algues vertes, rouges et brunes :

- Aucune prolifération, ni de diminution significatives de la biodiversité ne sont observées au cours du temps (depuis 2007).
- Aucune espèce invasive (exogène), ni espèce envahissante (indigène) d'algues n'a été répertoriée sur les stations de suivi.
- L'abondance des algues montre des évolutions dans le temps mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers de façon nette pour les genres les plus abondants.
- La valeur la plus basse de diversité coïncide avec les phases dépressionnaires (mars 2011 et avril 2013). Les algues sont balayées du récif durant les évènements hydrodynamiques intenses.

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 connait 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.
- **Les maladies coralliennes**
- **L'abondance des espèces concurrentes**

Le substrat est stable d'une mission à une autre, une légère augmentation des coraux durs est une tendance à suivre.
Les cyanophycées fluctuent sans pour autant donner des inflorescences de type bloom, Elles ont significativement diminué au second semestre 2014.
Les phases dépressionnaires sont d'un fort impact mécanique par leur hydrodynamisme sur les coraux exposés au ressac et dans les baies par les apports d'eau douce. Les apports sédimentaires accompagnent les crues. Début 2014 une résilience est en cours et elle s'accentue au second semestre 201, notamment sur la pointe Puka.
Il n'y a pas de blanchiment corallien en baie du Prony.
Les massifs coralliens les plus proches du diffuseur ne montrent aucun effet de l'effluent traité rejeté,
Les poissons présentent un semestre de valeurs toutes en croissance.
Pas d'espèce exogène inventoriée.

➢ **La croissance du corail**

Dans les paramètres suivis au niveau des indicateurs de la santé du corail, la croissance de colonies géo référencées est très intéressante. Voici la vitesse de croissance de 7 colonies mesurées depuis

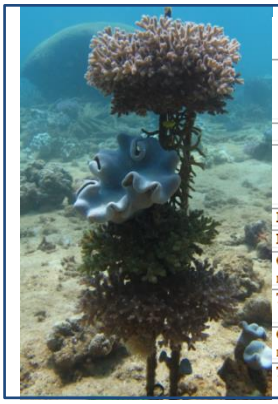
2007, les dépressions cycloniques sont indiquées d'une étoile sur l'axe des abscisses. (Etude détaillée en chapitre 7 du rapport intégral communiqué en annexe).

Des planulas de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets (posés lors de la mission du 31/08/07) du *transect* supérieur de la station 01 (Casy), et, de ce fait, aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Ce sont des indicateurs qui ont attiré l'attention des plongeurs biologistes dont les missions d'évaluation vont au-delà des suivis réglementaires dès que leur expertise est stimulée par un point, attitude soutenue par Vale NC.

En octobre 2014, la croissance des colonies de *Pocillopora damicornis* a augmenté de manière significative

Photographies 2 :Croissance des coraux installés sur les piquets.

Station ST01A Baie du Prony



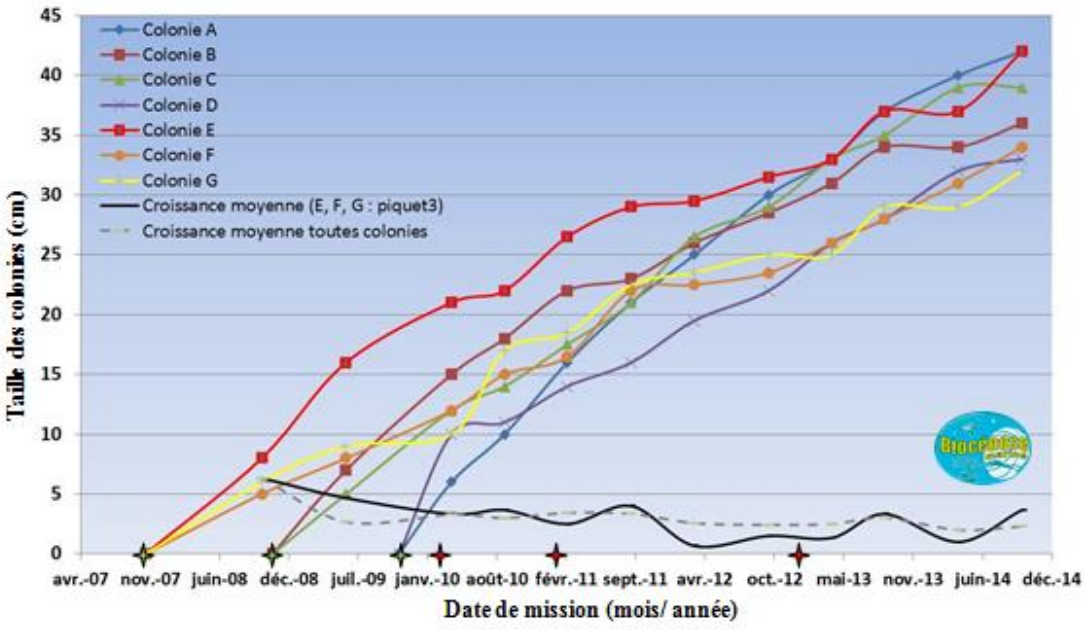
		(cm)	Oct. 08	Juin 09	Mars 10	Sept. 10	Mars 11	Oct. 11	Mars 12	Oct. 12	Avr. 13	Sept. 13	Avr. 14	Oct. 14
Piquet 0	Colonie A		/	/	6	10	16	21	25	30	33	37	40	**42**
	Colonie B		/	7	15	18	22	23	26	28,5	31	34	34	**36**
	Colonie C		/	5	12	14	17,5	21	26,5	29	33	35	39	**39**
Piquet X	Colonie D		/	/	10	11	14	16	19,5	22	26	28	32	**33**
Piquet XX	Colonie E		8	16	21	22	26,5	29	29,5	31,5	33	37	37	**42**
	Colonie F		5	8	12	15	16,5	22	22,5	23,5	26	28	31	**34**
	Colonie G		6	9	10	17	18,5	22,5	23,5	25	25	29	29	**32**
Nb mois entre les missions			11	7.5	9.5	6	6	6	6	7	6	6	6	**6**
Date supposée de la ponte			11/07	11/08	11/09	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Croissance moyenne	Moyenne colonies E, F, G		6,33	4,67	3,33	3,67	2,5	4	0,66	1,5	1,33	3.33	1	**3.66**
Taux accroissement moyen (%)			100	73,68	30,30	25,58	13,89	19,51	2,72	5,96	5	11.9	3.19	**11.34**
Croissance moyenne	Moyenne colonies A à G		6,33	2,67	3,29	3	3,43	3,36	2,57	2,42	2,5	3	2	**2.28**
Taux accroissement moyen (%)			100	42,11	36,51	24,42	22,43	17,94	11,65	9,85	9,23	10.15	6.14	**6.61**

L'édification corallienne est la plus importante durant le stade juvénile, puis va diminuer 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 saison fraiche) a l'air plus favorable à la construction de l'exosquelette carbonaté. Puis la période estivale (saisons humide et chaude) induit des anomalies de salinité, températures et turbidité dans l'environnement ce qui va stresser les colonies coralliennes dites adultes.

Figure 55: Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur les piquets du transect A de la station ST 01

Les trois croix vertes indiquent les phases de ponte de novembre 2007, novembre 2008 et novembre 2009.

Les croix rouges indiquent les grandes phases dépressionnaires de Jasper (février 2010), Vania, Zelia (janvier 2011), Fréda (janvier 2013)



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 calédonienne sur ce sujet. Le plan de veille à l'égard des espèces exogènes les inclue bien.

➢ Poissons

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe de ce document) est consacré à une étude approfondie des populations de poissons 2014 comparés aux années précédentes. Elle est due au professeur universitaire Claude Chauvet (ACREM), ichtyologue.
Il assure en supplément des exigences règlementaires 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 56 : 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 m^2

BIODIVERSITE n°1 (liste retreinte imposée)
Nous ne considérons ici que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges). La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

BIOMASSE en gramme de poissons listés sur la liste restreinte par m^2
Rappel : la Biomasse s'exprime en en grammes de poissons /m^2 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 règlementaire 2006 et CCB).

DENSITE

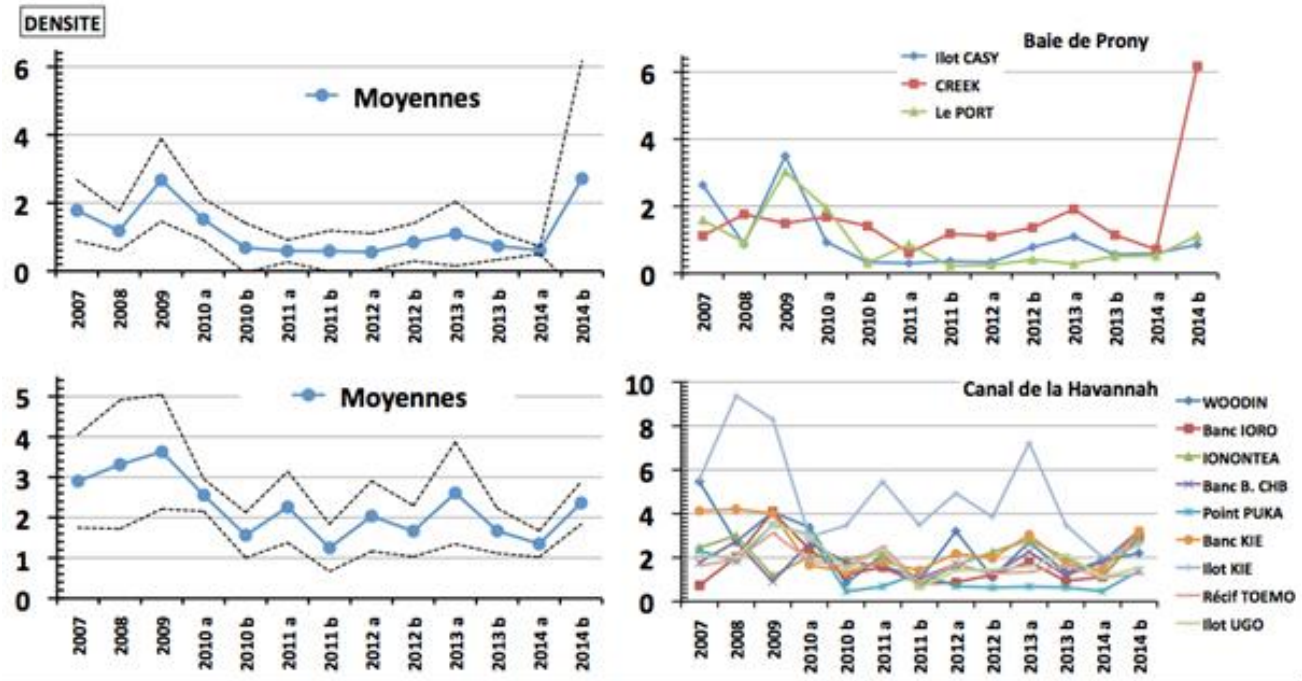
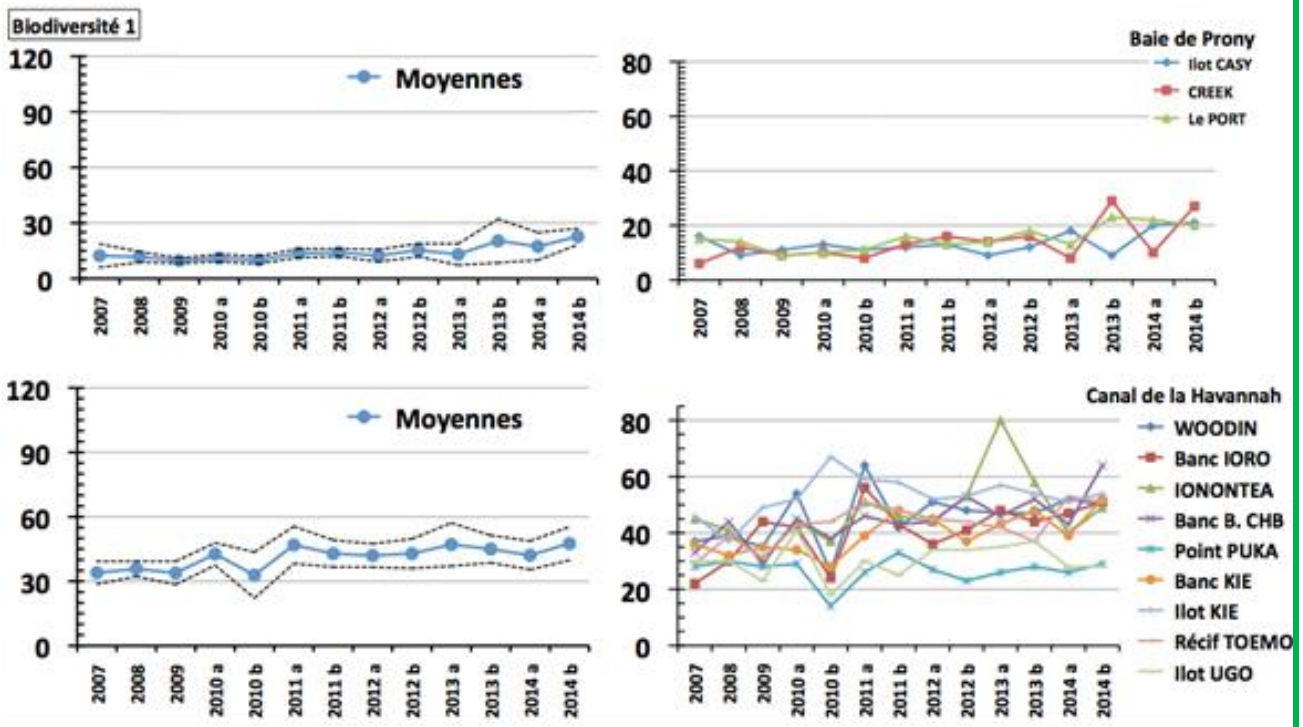


Figure 57 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations par année, mission après mission)

BIODIVERSITE



BIOMASSE

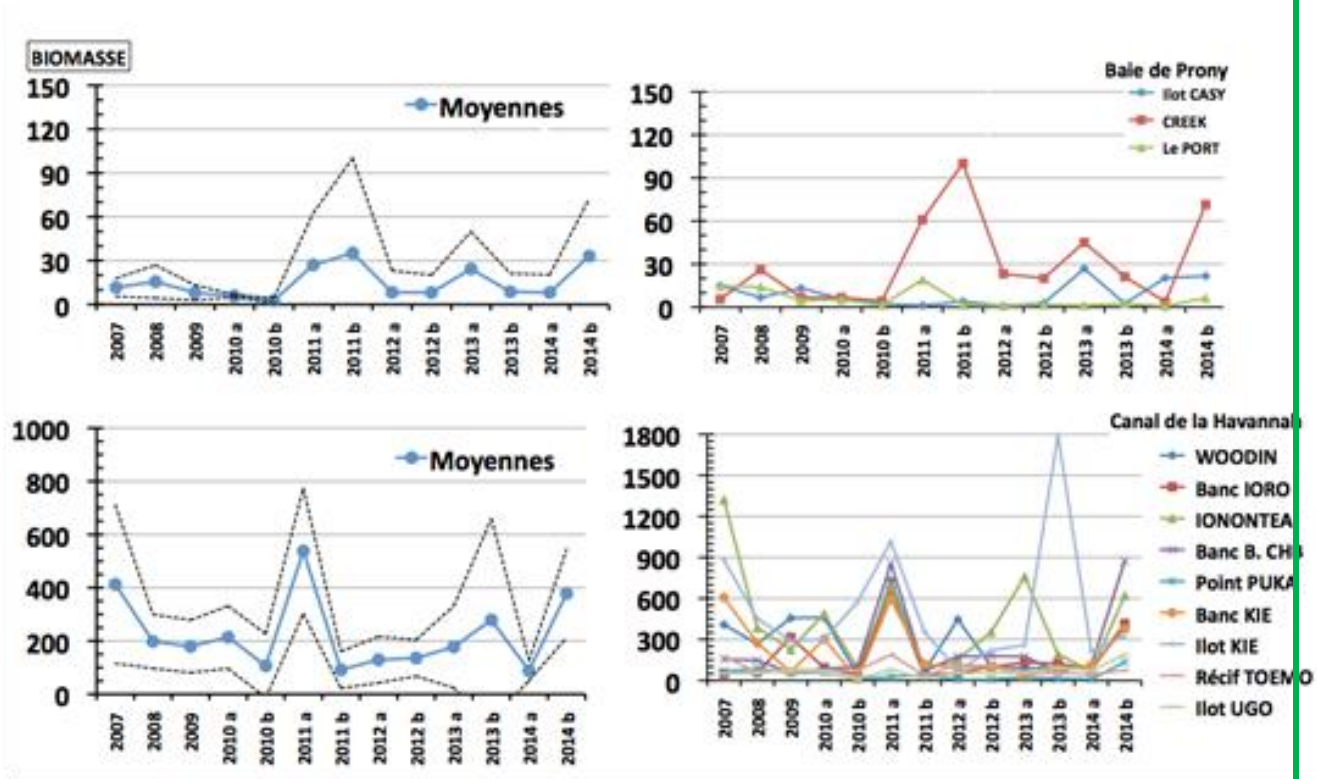
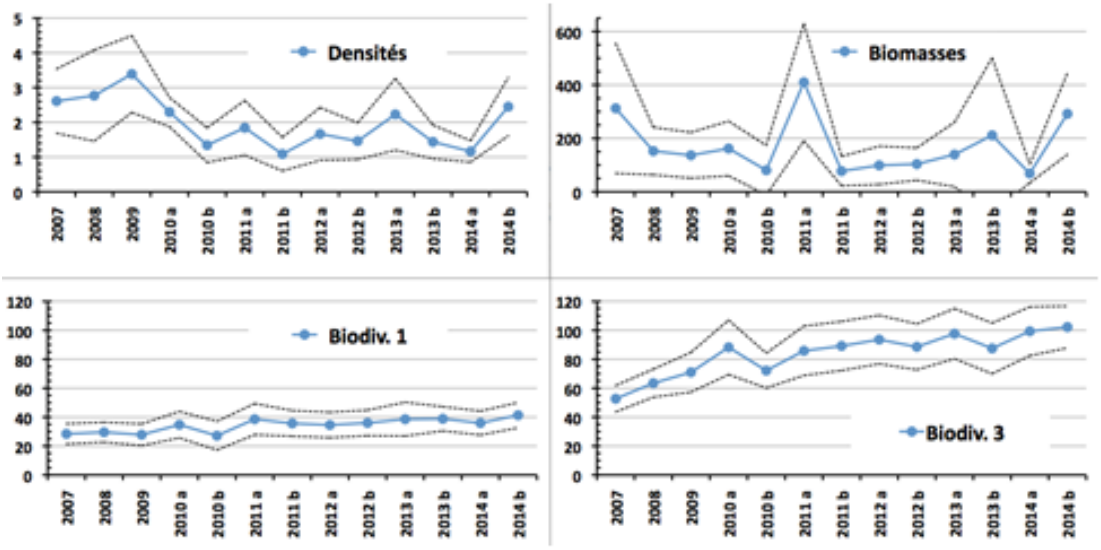


Figure 58 : Moyenne des paramètres Poissons sur l'ensemble des 12 stations suivies

Moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des stations)

Dates	Moyennes sur les 12 stations			
	Densité	Biomas (g/m²)	Biodiv. CDC	Biodiv. Totale
2007	2,67 ± 1,1	336,37 ± 274,2	28,5 ± 08,0	52,8 ± 9,2
2008.	2,85 ± 1,5	161,84 ± 99,8	29,7 ± 07,9	63,6 ± 9,7
2009	3,39 ± 1,2	136,68 ± 89,4	27,8 ± 07,8	71,0 ± 13,7
2010 a	2,30 ± 0,4	161,95 ± 106,9	34,8 ± 09,5	88,3 ± 18,8
2010 b.	1,80 ± 0,9	86,54 ± 91,2	27,9 ± 10,3	72,2 ± 12,0
2011 a	1,84 ± 1,4	410,03 ± 219,3	38,6 ± 10,8	85,8 ± 17,1
2011 b.	1,09 ± 0,5	77,40 ± 55,1	35,7 ± 08,9	89,2 ± 17,0
2012 a.	1,67 ± 0,8	98,98 ± 71,5	34,6 ± 08,8	93,6 ± 16,8
2012 b	1,46 ± 0,5	103,83 ± 66,7	36,0 ± 08,8	88,6 ± 15,8
2013 a	2,23 ± 1,0	139,29 ± 120,6	38,6 ± 11,7	97,7 ± 17,4
2013 b.	1,44 ± 0,5	211,37 ± 289,7	38,8 ± 08,4	87,5 ± 17,5
2014 a	1,16 ± 0,3	68,46 ± 34,9	35,9 ± 08,3	99,3 ± 16,9
2014 b	2,36 ± 0,5	378,26 ± 166,2	47,6 ± 07,8	113,0 ± 12,3



Conclusion sur le domaine ichtyologique :

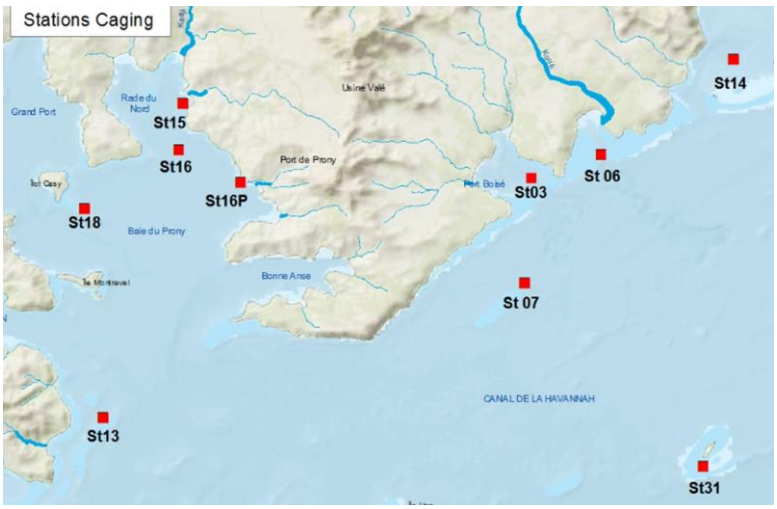
Pour la Densité : Les densités en octobre 2014 sont plus fortes que la moyenne pour 6 stations. C'est à la station du Creek baie Nord que l'écart (positif) est le plus spectaculaire (du fait, conjoncturel, d'un banc de Caesio).
Pour la Biomasse : Seules 2 stations ont une biomasse plus faible que la moyenne : l'îlot Kié et Toémo. Ce sont des stations Témoins hors influence de Vale NC.
La plupart des stations présentent, au contraire, un écart à la hausse très important (notamment Basse Chambeyron, Puka et Ugo).
Pour la Biodiversité 1 : elle présente des écarts positifs sur toutes les stations sauf Ugo.
Pour la Biodiversité 3 : elle est partout plus importante que la moyenne

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

3.2.3. 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.



- Récolte des spécimens (300 coquillages calibrés et 265 frondes algales) : 23 et 24 avril en baie Maa.
- Immersion des cages: 28 et 29 avril.

Les coquillages bivalves proviennent de la baie Maa mais depuis 2011, une diminution des bivalves I. *isognomon* de bon calibre est notée dans la Baie Maa. Ce fait doit être pris en compte. De nouvelles prospections sont en cours afin de définir un nouveau gisement de référence.
Les cages doivent être brossées et nettoyées plusieurs fois durant leur immersion..

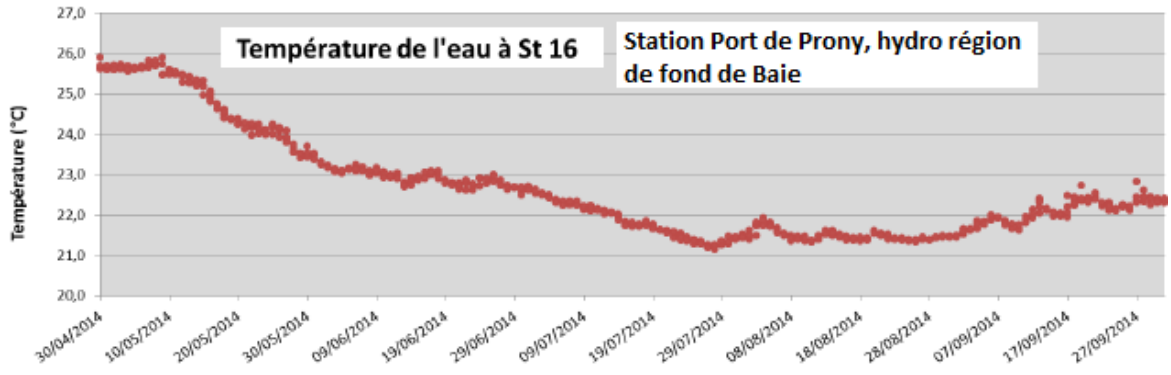
Contrôle qualité AQCQ :

- Insertion de 10 échantillons déjà connus (de référence certifiée) dans chaque série à analyser ;
- 5%des échantillons sont envoyés à un laboratoire d'analyse externe pour un contrôle inter-laboratoire
- Des triplicatas sont effectués sur 5% des échantillons

Les résultats de ces 3 démarches de contrôle sont présentés dans le rapport complet (annexe 7). Le coefficient de variation reste inférieur à un % qui garantit la validité des analyses.

Un capteur miniaturisé a été place sur certaines cages et a permis d'enregistrer la température toutes les 6 heures du 30 avril au 3 octobre 2014. Un tel suivi continu de la température de l'eau de mer sur 8 stations du lagon est une acquisition rare ne Nouvelle-µCalédonie et pouvant être utile à de nombreux monitoring.

Figure 59 : Enregistrement de la tempréture de l'eau de mer du 30 avril au 27 septembre



Cette campagne est la 5 Emme et les scientifiques effectuent un travail de comparaison des résultats avec ceux des années précédentes. Les conditions physico- chimiques d'immersions doivent être étroitement corrélées avec les résultats obtenus.

Figure 60 : durée du temps d'immersion des cages aucours des 5 camapgnes effetcuées depuis 2009

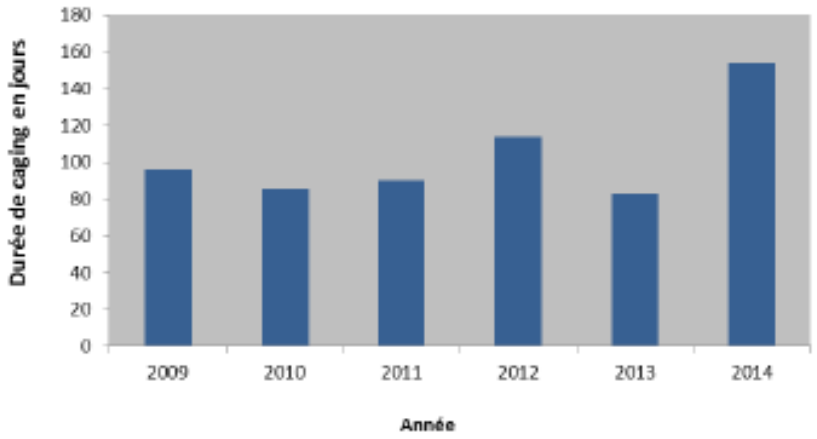
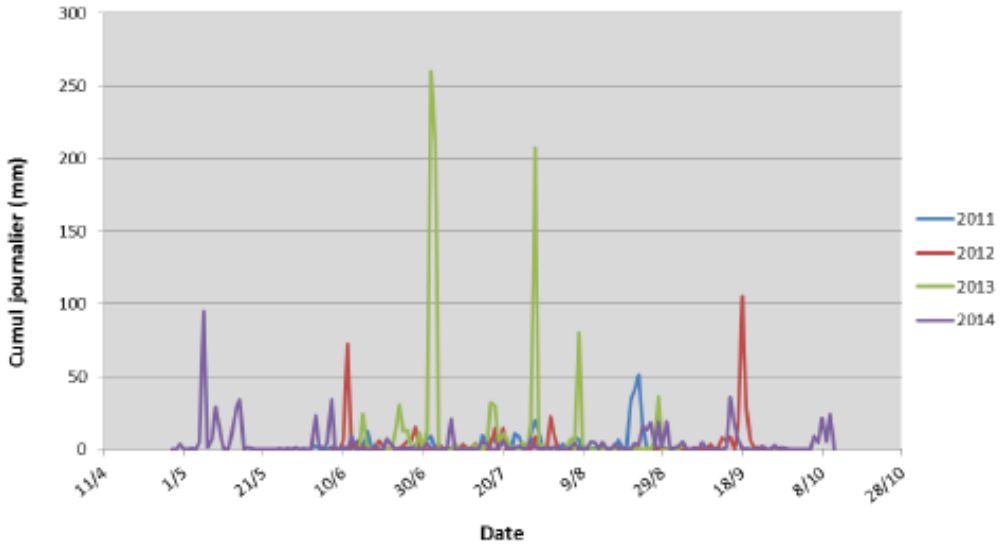


Figure 61 : Pluviométrie journalière et cumulée aucours des 5 campagnes annuelles

Année	Nb de jours	Pluviométrie cumulée (mm)	Pluviométrie moyenne (mm/j)
2014	155	577,0	3,7 ±10,1
2013	83	1064,6	12,8 ±43,3
2012	114	411,0	3,6 ±12,5
2011	90	341,7	3,8 ±8,3



Les stations de type « hydro région de BAIE » et les stations de type « hydro région OCEANIQUE » sont bien distinctes, par leur composantes environnementales (biotope) et, en conséquence, par leur biocénose, les réunions de synthèse entre les océanographes responsables des suivis physico chimiques et de la bio accumulation et les biologistes marins qui suivent les indicateurs poisson, corail , benthos, confirment et affinent cette définition de grands écotypes lagonaires. Une graduation des influences terrigènes et océaniques décroissantes est notable, et la Station St13 par exemple, est sou influence océanique atténuée avec des caractéristique type baie de Prony.

Ce socle de connaissances du biotope marin est nécessaire car il affine l'état des lieux, le choix de stations témoins et il explique des différences de bio- accumulation en fonction de la zone de transplantation.
Une distinction est nécessaire entre les cages selon leur lieu d'implantation et elles sont réparties ainsi :

Tableau 33 :Classement des stations de caging

Stations	Typologie BAIE	Typologie OCEANIQUE
St03 Port Boisé (Témoins)	Baie	
St06 Baie Kué	Baie	
St15 Creek baie Nord	Baie	
St16P Port de Prony	Baie	
St16 Baie du Prony	Baie	
St18 Casy Témoins baie Prony	Baie	
St07 Canal Havannah zone fiffuseur		Océanique
St31 Canal Havannah Témoins		Océanique
St 13 Ile Ouen	Baie atténué	Océanique affaibli
St14 Baie de Goro		Océanique

- **La croissance des bivalves** est analysée (leur biométrie) en fonction de leur prise de poids et de leur croissance en longueur, durant les 155 jours de vie en cages. Un Indice de Condition (IC) des coquillages est déterminé. Les Deux écotypes « Baie » et « Océanique » sont comparés et les stations témoins sont comparées aux stations de surveillance.
  - Les Bivalves se développent aussi bien dans les cages témoins que dans les cages de suivis.
  - L'IC (Indice de Condition) ne montre pas de différence significative entre le milieu des baies et le milieu océanique ; ni entre les cages, qu'elles soient des témoins ou bien en zones de suivi. Pas plus de différence non plus, entre les années.

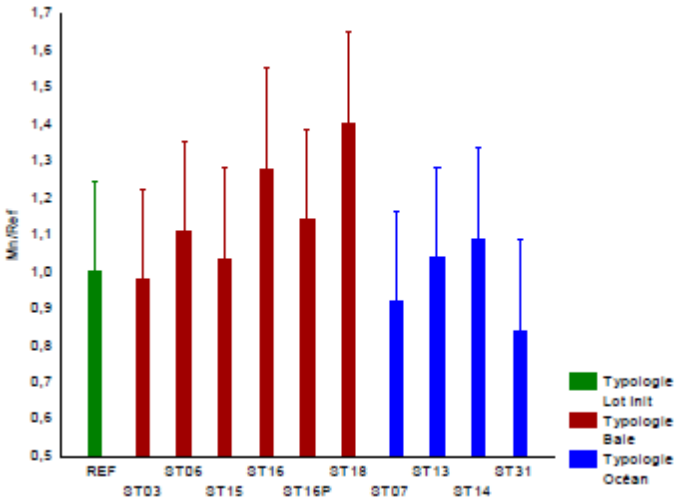
- **Les concentrations en métaux dans les bivalves bio- accumulateurs**
  - Pour les métaux d'origine tellurique ou anthropiques (non miniers) : As et Cu : les facteurs de concentrations (FC) sur les stations de typologie « Baies » sont semblables aux FC des stations « océaniques ».
  - Pour les métaux indicateurs terrigènes de sols miniers latéritiques (Ni, Co, Fe et Cr) : les facteurs de concentrations (FC) sur les stations « Baies » sont supérieurs aux FC des stations « océaniques ». De même pour le Zn. Cette réponse du *caging* en fait un indicateur pertinent de suivi.
  - En baie du Prony le gradient *inshore / offshore* est visible (St 15 – ►St 16 –► St 13) au fur et à mesure que les cages de croissance sont en position éloignées du fond de la baie.
  - Les stations du port (St16P) et en baie Kué (St06) ont un comportement similaires avec des FC plus élevés et opposés à ceux des stations océaniques St31 ou St 07.Cela est une réponse cohérente.
  - La station St07 ne montre aucun indice de bio accumulation *(Station de contrôle à l'égard du rejet de l'effluent marin ; Cf. figure suivante).*
  - Le Facteur de concentration FC du Zn est maximal à la station St16P du port (et minimal sur la station océanique St31). La station St16P est située sous le quai vraquier est cela montre la pertinence de cette position ainsi que celle d'une croissance de 155 jours, le *caging* devient un suivi pertinent.
  - Il n'y a aucune bio accumulation du Cu sur la station St16P portuaire (même FC que sur une station océanique)

- **Par comparaison avec les campagnes précédentes** : Aucune évolution significative n'avait été enregistrée en 2010, 2011 et 2012, par contre en 2013 (année de très forte pluviométrie), le gradient entre les stations de Baies et les stations océaniques était observé. L'évolution de la méthodologie et la durée de la transplantation accrue de 3 à 5 mois permettent, en 2014,

de bien mesurée une bio accumulation sur toutes les stations au fur et à mesure de la croissance des bivalves.

La figure suivante présente les concentrations FC en manganèse, le Mn est un bon indicateur de l'effluent marin, la station St07 de surveillance de l'effluent ne montre pas de bio accumulation en Mn, au contraire elle a même « perdu » par comparaison au lot témoins initial récolté en baie de Maa.

Figure 62 : FC de contration du Mn en 2014 (caging)



Conclusion :
La campagne 2014 montre une réponse cohérente de la bio surveillance avec le bivalve *I. isognomon,* le suivi entre dans sa phase de maturité. Par contre les frondes d'algues sont une fois de plus perdues malgré tous les essais d'amélioration techniques et les algues devront être abandonnées dans ce type de surveillance, au profil d'une immersion plus longue de coquillages**.**

Vale NC encourage la recherche d'autres coquillages qui pourraient être transplantés avec *les I. isognomon*, des tests R&D sont en cours.

Pour les concentrations FC en métaux indicateurs d'une influence terrigène minière, l'année 2013 a montré des FC supérieurs à ceux de 2014.
L'effluent marin ne montre aucune influence, la station la plus proche est semblable dans ses FC à la station témoin.
Au niveau du port la cage située sous le quai vraquier enregistre un facteur contraction en Zn plus élevé que sur les autres stations, mais pas en Cu.

3.2.4. 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

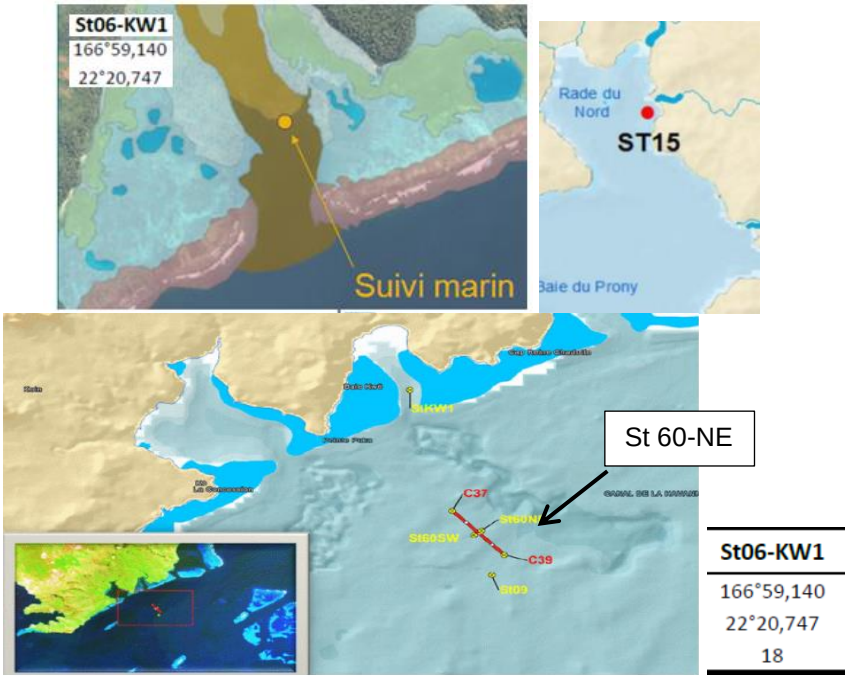
L'importance des vents avait été sous-estimée mais la synthèse des suivis en a démontré l'ampleur.

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 3 : Type de pièges à sédiments

Figure 63: 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 corréler étroitement avec les conditions météorologiques : force et orientation des vents qui remettent des sédiments en suspension à l'entrée de la baie Kué.

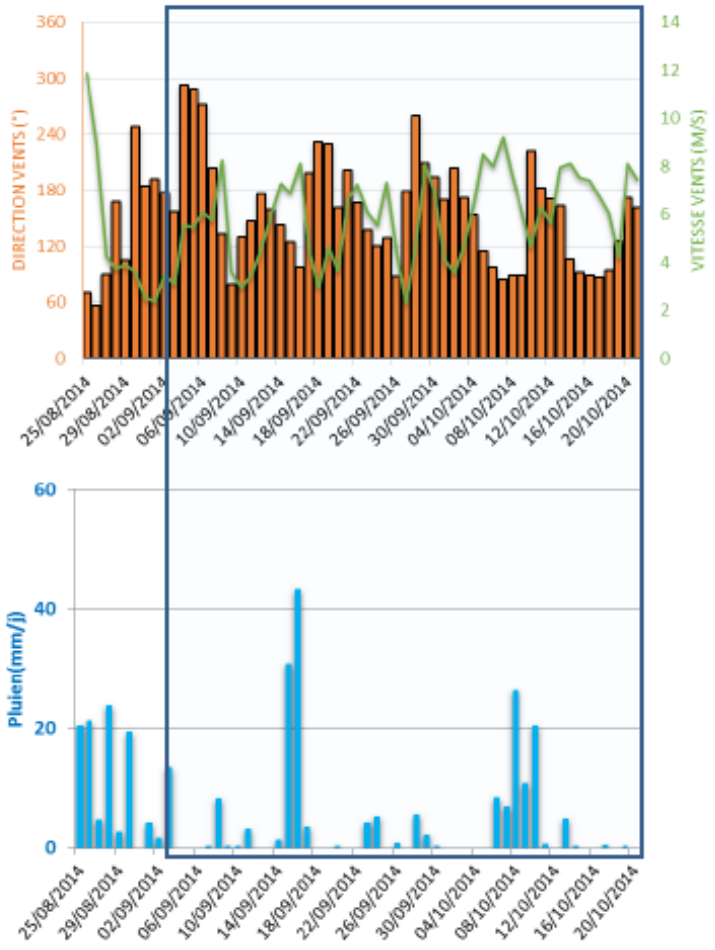
- ***Pour la campagne du second semestre 2014***

La collecte des particules a été programmée pour débuter le 03 septembre 2014 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 21 octobre à 00h00.

STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE
St06-KW1-1	03-06 septembre	St15-1	03-06 septembre	St60-NE-1	03-06 septembre
St06-KW1-2	07-10 septembre	St15-2	07-10 septembre	St60-NE -2	07-10 septembre
St06-KW1-3	11-14 septembre	St15-3	11-14 septembre	St60-NE -3	11-14 septembre
St06-KW1-4	15-18 septembre	St15-4	15-18 septembre	St60-NE -4	15-18 septembre
St06-KW1-5	19-22 septembre	St15-5	19-22 septembre	St60-NE -5	19-22 septembre
St06-KW1-6	23-26 septembre	St15-6	23-26 septembre	St60-NE -6	23-26 septembre
St06-KW1-7	27-30 septembre	St15-7	27-30 septembre	St60-NE -7	27-30 septembre
St06-KW1-8	01-04 octobre	St15-8	01-04 octobre	St60-NE -8	01-04 octobre
St06-KW1-9	05-08 octobre	St15-9	05-08 octobre	St60-NE -9	05-08 octobre
St06-KW1-10	09-12 octobre	St15-10	09-12 octobre	St60-NE -10	09-12 octobre
St06-KW1-11	13-16 octobre	St15-11	13-16 octobre	St60-NE -11	13-16 octobre
St06-KW1-12	17-20 octobre	St15-12	17-20 octobre	St60-NE -12	17-20 octobre

Figure 64 : Paramètres météorologiques influant sur les flux de sédiments marins et leur remise en suspension, période de la campagne de collecte n°5 (Semestre 1 /2014)

Du 03 septembre au 21 octobre 2014 pour les pièges séquentiels de sédiments des stations en baie du Prony et en baie de Kwé.



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.

BAIE KWE (Station St06-KW1)

La masse moyenne des MES collectées est en baisse significative par rapport à 2013, les précipitations plus faibles et les régimes des vents expliquent en partie ce constat.
Le% de particules fines est constant. Globalement les MES récoltées sont principalement constituées de Carbonates qui soulignent l'influence marine

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 d'aragonite qui indique une influence exclusivement marine.

RADE NORD DE LA BAIE DU PRONY (Station St15)

A la station St15, (Creek baie Nord) les masses de MES collectées sont très faibles et les évènements pluvieux n'ont pas eu d'influence.

Comme attendu, que les MES sont composées essentiellement de minéraux d'origine terrigène, l'influence marine est, au niveau de cette station, quasi inexistante.

Ces résultats corroborent les études de topologie des baies effectuée pour les états des lieux et la caractérisation des hydro-régions.

- ***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 ; et aussi des sédiments d'origine marine (Ca), ces derniers sont sujets à un apport et une remise en suspension 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%).

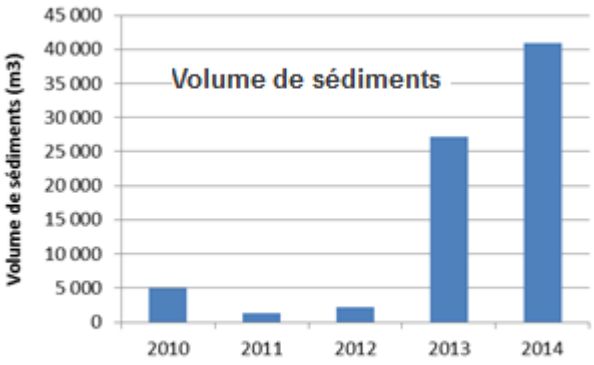
Les récoltes en périodes de pluie montrent logiquement d'avantage de MES d'origine terrigène, (Exemple : Godet du 03 au 06 sept ; 110 mm de pluie cumulée durant la période, Cf. rapport intégral en annexe), cependant des précipitations de 78mm et 72 mm (cumulées durant la période de collecte) n'ont pas provoqué une augmentation de la marque terrigène des MES récoltées.

Les valeurs des concentrations en métaux dans les flux de MES récoltées sont toutes supérieures à celle de l'état initial, mais elles sont en diminution significatives par rapport à celles de 2013.

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

Le ratio Ca/Fe est supérieur à celui enregistrées à la même époque en 2013, aussi bien au premier qu' au second semestre, ce qui montre que l'influence marine a été plus forte (et l'influence terrigène moins forte) en 2014.
Cette « remontée » du ratio Ca/Fe en 2014, ainsi que sa stabilisation lors de certains épisodes pluvieux (<seuil) est à suivre car elle 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.
Le volume de sédiments curés hors des bassins de sédimentation, pour le maintien d'une efficacité maximale de ceux-ci, a été fortement accru à partir de 2013, en 2014 cet effort se poursuit, comme le montre l'histogramme suivant.

Figure 65 : Volume annuel de sédiments récupérées pour l'entretien des bassins de sédimentation de la mine



Evolution du volume de sédiments récupéré dans les ouvrages de niveau 2 et 3

Il est aussi supposé que le « retard » pour cet enregistrement d'un indice d'efficacité croissante des bassins de sédimentation, plusieurs mois après leur mise en activités, pourrait être due à un dés-envasement progressif de la rivière qui a d'abord perdu des MES stockées avant de permettre une amélioration des flux en aval. Le seuil de la pluviométrie qui ne provoque pas une diminution du ratio Ca/Fe reste à mieux déterminer.

Tableau 34 ; Evolution du ration Ca/Fe dans les MES récoltés par pièges à sédiments séquentiels sur la station de la baie Kwé (St 06) pour les deux saisons : chaude et fraiche.

Ca/Fe	Janv-mars 2014	Janv-fév 2013	Janv-fév 2012	2007-2008*	Indicateur ratio Ca/Fe
Moyenne	10,65	1,95	2,32	3,85	
Ecart-type	3,12	0,33	0,18	0,51	

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

Ca/Fe	Sept-oct 2014	Juil-août 2013	Sept-oct 2012	Juil-août 2011	2007-2008*	Indicateur ratio Ca/Fe
Moyenne	1,85	0,98	,40	3,17	3,85	
Ecart-type	0,27	0,46	,31	0,50	0,51	

(*) 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 (65% +/-4%) d'origine marine, remis en suspension lors des vents de secteur Sud à Sud Est supérieurs à un seuil.

***BAIE DU PRONY (*Station creek baie Nord St15)**

Influence terrigène prédominante (hydro- région de fond de baie) et ratio Ca/Fe du même ordre que lors des états initiaux. Les concentrations métalliques sont du même ordre que lors des états initiaux.

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

Le dispositif de collecte a été 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, les godets doivent être placés dans la zone la plus propice à la collecte des flux d'effluent.

Ratio Ca/Fe élevé démontrant la forte dominance marine .L'influence terrigène est perceptible et en tendance à la hausse.

- ***CALCULS DES FLUX DE MATIERES***

BAIE KWE

Entre juillet 2011 et septembre 2014 les flux de MES sont compris entre **11, 8 g/m3/ jour et 60, 7 g/m3/ jour** (+/- 8,4 et 4,1) ; les apports sont plus importants en saison chaude qu'en saison fraiche. Pour cette campagne de septembre/octobre 2014 les flux moyen sont comparables à ceux de l'état de référence 2006. C'est la première fois qu'une valeur des flux aussi faible est enregistrée depuis 2006 et la tendance est à la baisse.

►*Le guide du CNRT 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 indiqué une perturbation.*

BAIE DU PRONY

Le flux moyen mesuré en sept / oct. 2014 est très faible, il est de **0,9 g/m3/ jour** (+/- 1,2), mesure inférieure à celle de janvier/ février 2014 et du même ordre de grandeur (ou légèrement inférieure) que celle enregistrée en état de référence.

►Le guide du CNRT indique en grille de lecture des flux moyen d**e 1, à 1,6** *g/m3/ jour habituellement observés sur des sites de typologie « baie »*

CANAL HAVANNAH

Entre juillet 2011 et septembre 2014 les flux moyens sont compris entre **3, 5 g/m3/ jour et 12, 7 g/m3/ jour** (+/- 3). La tendance 2011- 2014 à l'augmentation des flux moyen est confirmée mais le flux caractérisé par le marqueur Nickel reste stable. En 2007 des flux allant jusqu' à 26 g/m3/ jour avaient été enregistrés.

Tableau 35 : Flux en matières particulaires sur les 3 stations suivies. Evolution temporelle.

Valeurs moyennes et écart-types des densités de flux en matière particulaire au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60-SW (Canal de la Havannah) et masse totale sédimentée au cours de la période. Valeurs calculées pour l'ensemble des campagnes de juillet 2011 à avril 2014 ; comparaison avec les valeurs mesurées en 2006 et 2007 (Etat de Référence) aux stations St06-KW1 pour la Baie Kwé et T4B, T4C et TCM) pour le Canal de la Havannah.

⇨Baie Kwé (St06-KW1)

	nov-06	mars-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13	juil-13	janv-14	Sept-14
Moyenne (g/m²/j)	14,6	28,3	27,1	39,5	26,4	46,5	58,1	60,7	11,8
Ecart-type	7,4	9,2	30,0	33,2	13,1	29,5	87,8	34,1	8,4
Masse sédimentée (g/m²)	700	1132	1299	1894	1267	2231	2786	2914	569

⇨Canal de la Havannah (St60-NE)

	mars-07	nov-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13	juil-13	avril-14	Sept-14
Moyenne (g/m²/j)	26,4	7,8	3,5	10,1	4,9	12,7	6,3	7,4	8,1
Ecart-type	33,2	7,7	3,0	9,6	6,5	15,4	7,3	5,1	9,1
Masse sédimentée (g/m²)	527	366	167	483	233	611	300	356	390

⇨Rade Nord (St15)

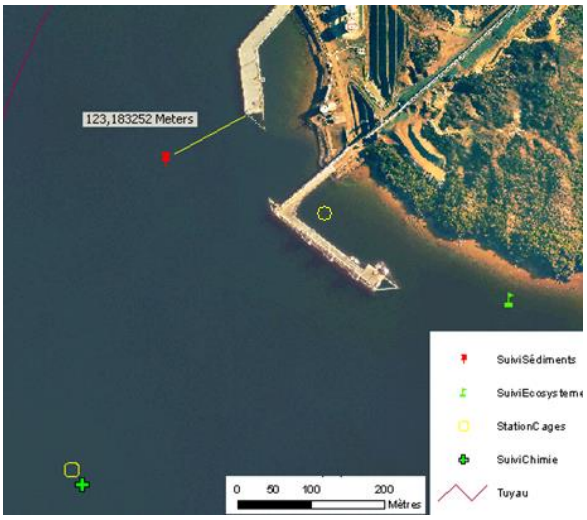
	nov-06	mars-07	janv-14	Sept-14
Moyenne (g/m²/j)	1,1	1,7	22,2	0,9
Ecart-type	0,7	1,5	44,5	1,2
Masse sédimentée (g/m²)	26	41	1063	44

3.2.5. 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, aout 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)

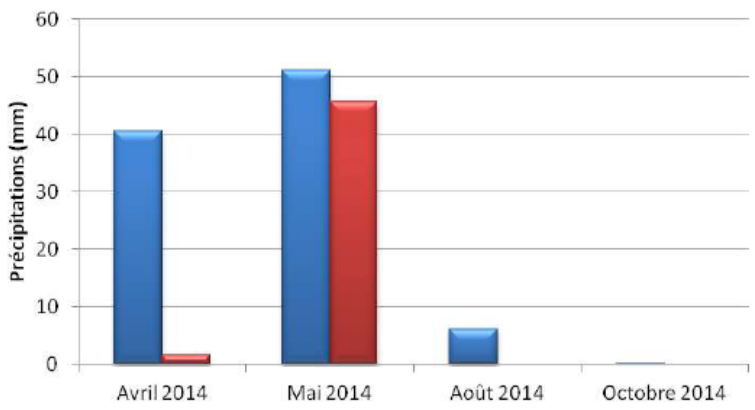
Figure 66: Rappel de la position des stations suivies au port de Prony



3.2.5.1. PORT Qualité de l'eau

Les missions sont trimestrielles et ont eu lieu en avril, mai, aout et octobre 2014. La météo (dont la pluviométrie 5 jours avant la campagne et durant la campagne de prélèvement) et l'état de la marée au moment des prélèvements ont été enregistrés. Les échantillonnages se font en sub- surface, mi profondeur et au fond (sans toucher celui-ci).

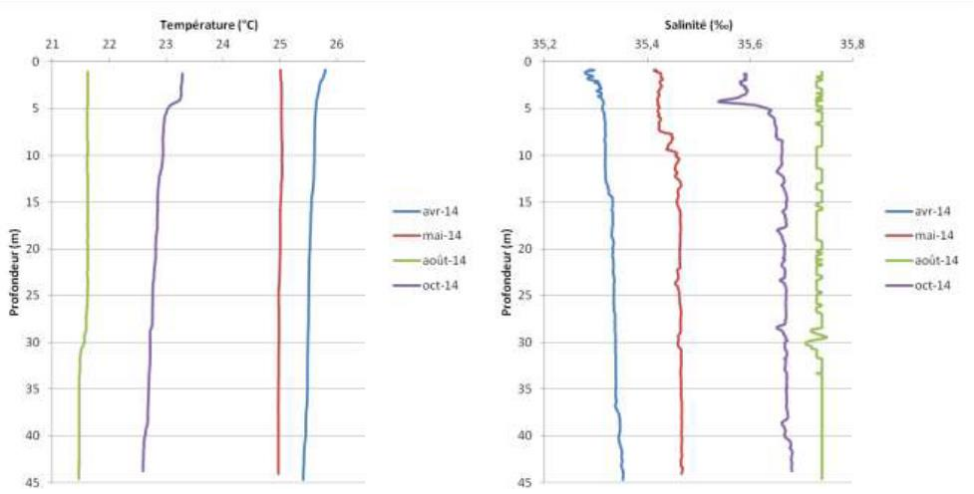
Figure 67 :Cumul pluviométrique 5 jours avant la campagne et le jour de la camapgne de suivi de la qualité de l' eau au port (St 16)



Le tableau suivant donne quelques chiffres clefs, l'ensemble des données est en annexe du rapport.

Tableau 36 : Physico chimie de l' eau sur la station portuaire St16

Température la plus élevée (avril) : 27, 73 °C +/- 0,17	**Salinité max : 35,68°/°°**
Température le plus basse (aout) : 21,92°C +/- 0,17	**Salinité la plus basse suite aux pluies de mai : 34, 59 °/°°**



Le pH moyen est de 8,25 +/- 0, 07
Les MES maximales sont de 1,18 mg/L et les minimales < 0,2 mg/L

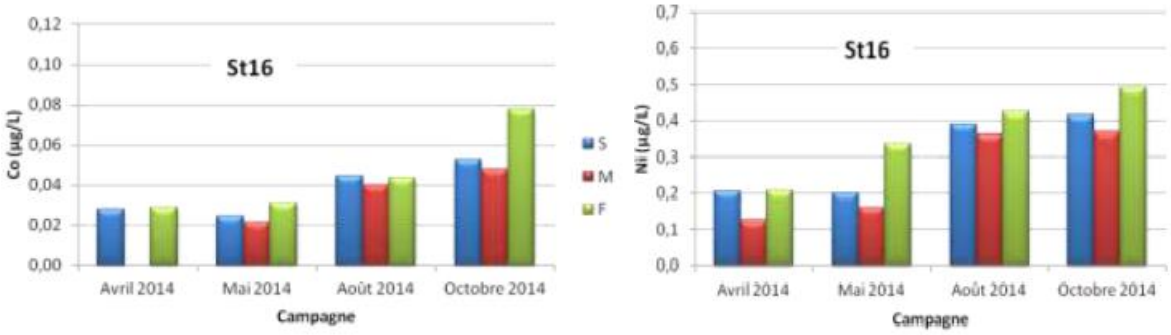
Hydro carbures : L'analyse des prélèvements des stations St15 (Creek baie Nord) et St16 (Port de Prony) n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de quantification de la méthode (<0,1 mg/L).

Concentrations en métaux :

- AQCQ : Afin de vérifier la répétabilité des méthodes les prélèvements de surface aux stations St15 et St16 ont été effectués en triplicatas en avril 2014.

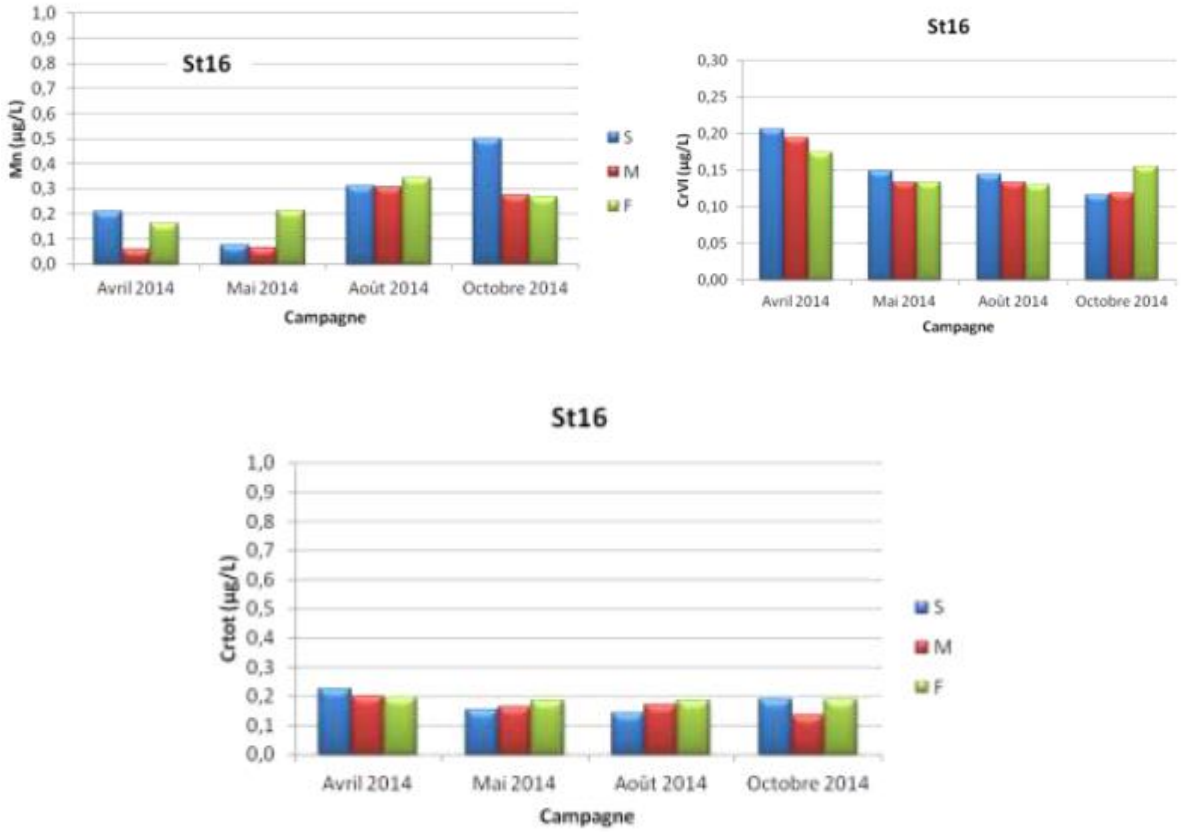
- Vale NC suit volontairement la station St15 proche du creek baie Nord de façon semestrielle, comme la station St16 du port, cependant ce chapitre cible le port, l'ensemble des résultats et leur analyses par les experts sont en annexe de ce rapport si consultation nécessaire.

Figure 68 : Concentrations en Co, Ni, Mn et Cr en 2014 sur St16/Port de Prony, à 3 profondeurs



En milieu côtier de fond de baie (baie du Prony, rade Nord) de telles concentrations en métaux dissous (Ni) n'indiquent pas un milieu perturbé.

Figure 63 (suite) : Concentrations en Co, Ni, Mn et Cr en 2014 - St16/Port de Prony, à 3 profondeurs



En milieu côtier de fond de baie (baie du Prony, rade Nord) de telles concentrations en métaux dissous (Mn) n'indiquent pas un milieu perturbé, notamment à l' égard du Cr(VI) pour lequel le guide CNRT du lagon indique qu'en dessous de 0,25 µg/L en Cr(VI) le milieu est considéré comme non perturbé.

Au niveau portuaire les concentrations en Cu et Zn dissous dans l'eau de mer sont l'objet d'une attention suivie.

Figure 69 : Concentration en Cu et Zn en 2014 sur St16/Port de Prony, à 3 profondeurs

L'évolution temporelle des concentrations en métaux et analysée dans le paragraphe suivant, les droites de régression obtenues pour chaque métal suivi sur 30 campagnes depuis 2007 ne montrent pas d'évolution significative, les coefficients de pentes sont tous très faibles.Les valeurs sont

relétivement dispersées, en étroite corrélation avec la pluviomètrie et ne montrent pas de tendance sugnificative.

Pour les indicateurs terrigènes Ni, Co, Mn et Cr la similitude entre les campagnes et forte.Le Cr VI est très stable.

Figure 70 : Concentration en métaux à 3 profondeur différents à la station portuire St16 lors des camapgnes effectuées entre 2007 et 2014. Pour Ni, Co, Cr(VI) et Mn

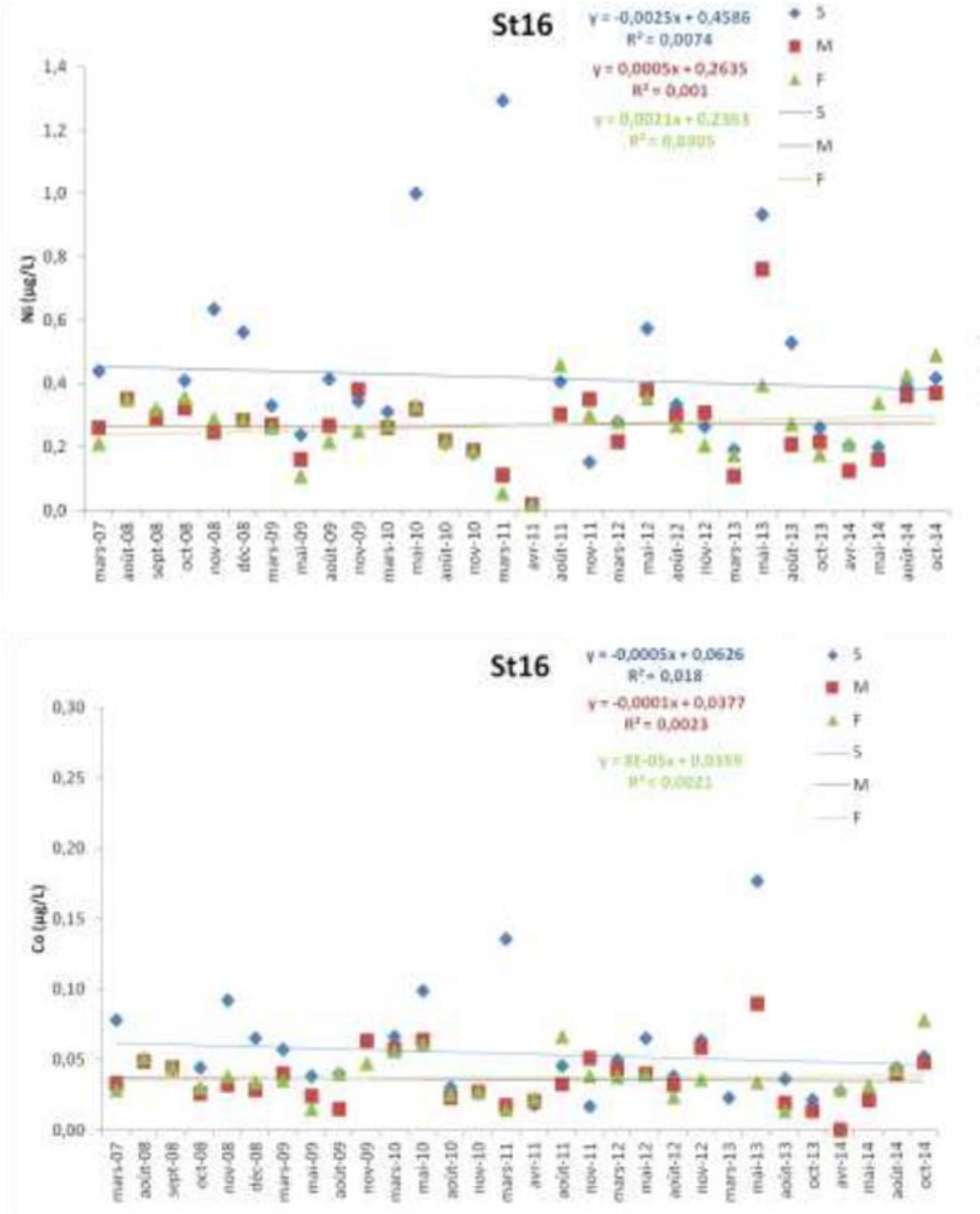
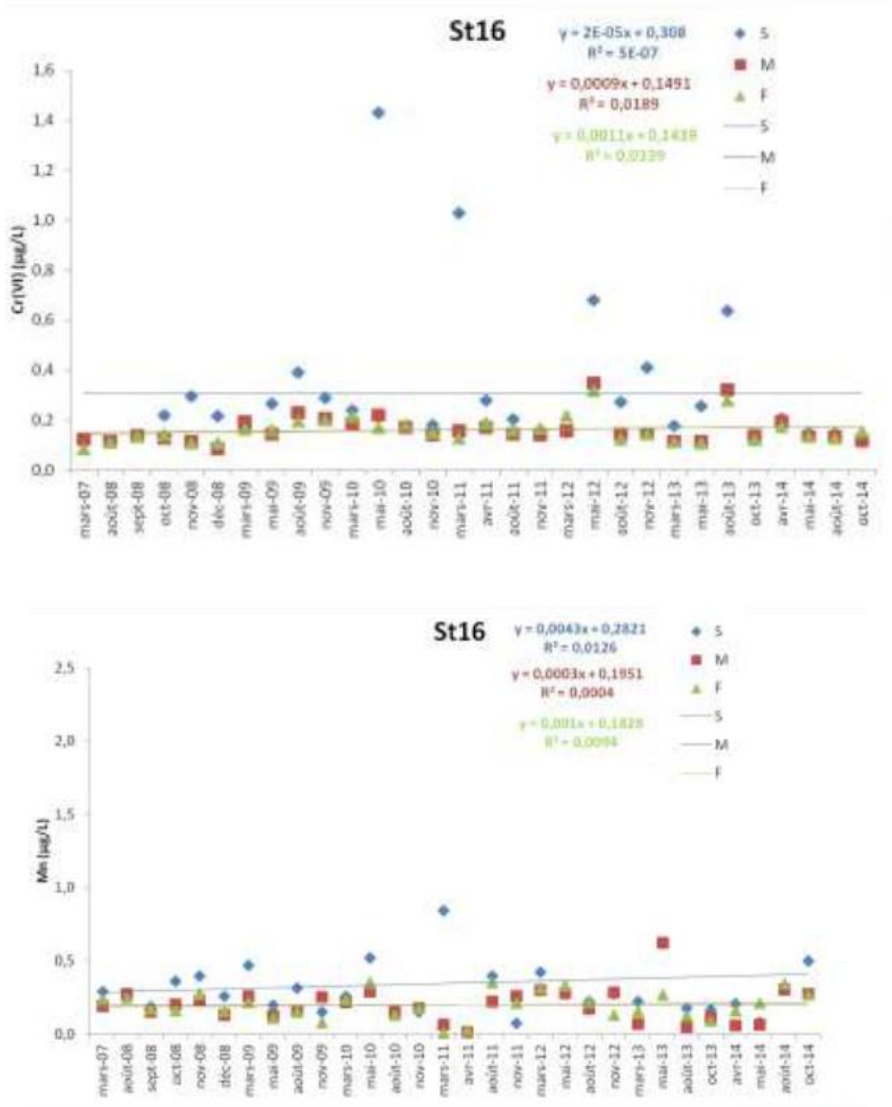
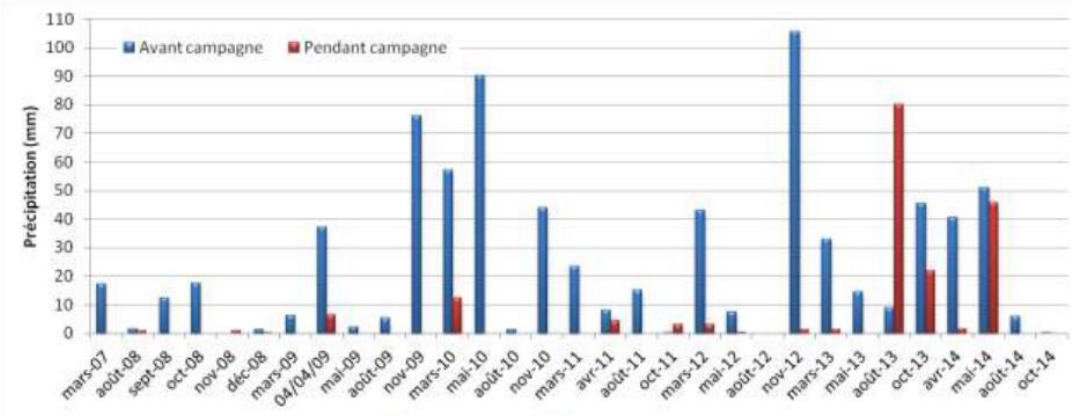


Figure 71 suite : Concentration en métaux à 3 profondeur différents à la station portuire St16 lors des camapgnes effectuées entre 2007 et 2014. Cr(VI) et Mn et corrélation avec le pluviomètrie

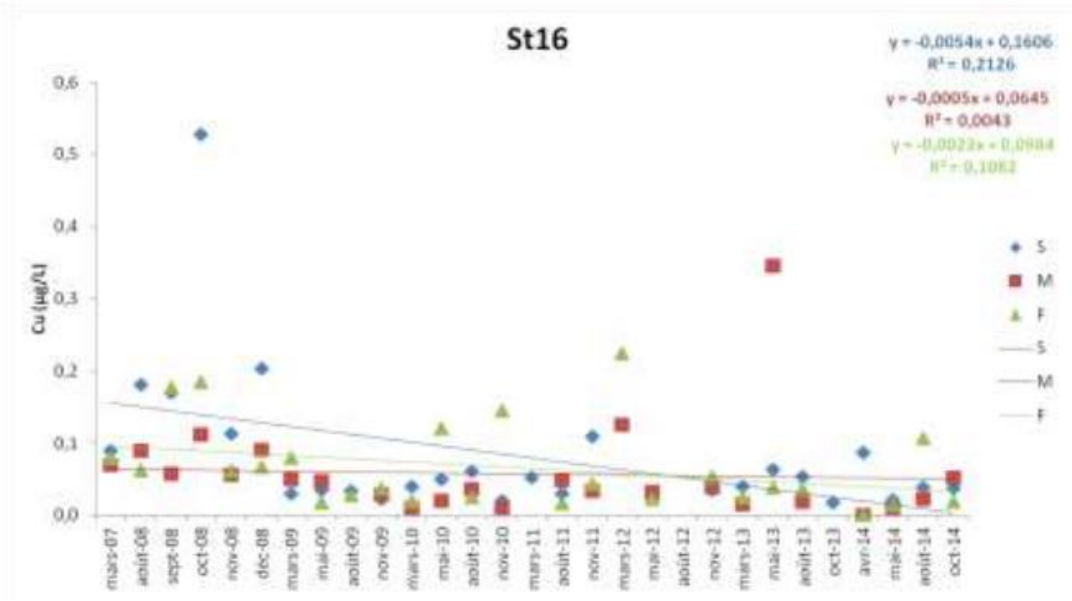


Pluviométrie 5 jours avant la campagne et lors de la campagne de prélèvements



Au niveau du cuivre :

Seulement deux concentrations de Cu se démarquent entre les différentes campagnes depuis 2007. Celles-ci ont été mesurées en octobre 2008 (0,53 µg/l) et en mai 2013 (0,35 µg/L). Il est difficile d'interpréter ces valeurs car ce sont des valeurs uniques ; celles-ci ne sont cependant pas inquiétantes car elles correspondent à seulement 3 % des mesures sur cette station depuis 2007.



(Et le caging (bio accumulation) ne montre pas d'accumulation de cuivre dans les bivalves bios accumulateurs)

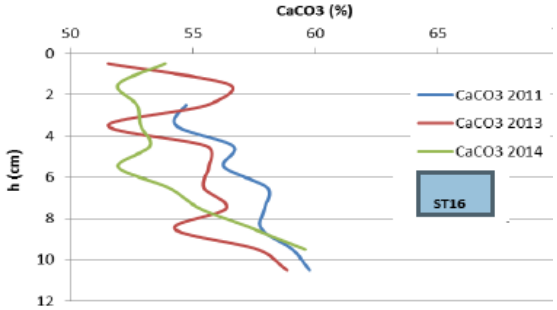
3.2.5.2. PORT Sédiments (Station St16 Port de Prony)

La carotte sédimentaire a été prélevée le 15 avril 2014 (suivi annuel)

Date	Station	Longitude Est	Latitude Sud	Profondeur (m)	Longueur carotte (cm)
15/04/2014	St16	166°53.300	22°21.455.	42	23

L'ensemble des paramètres étudiés sont présentés et analysés dans le rapport intégral en annexe de ce document (humidité, compaction, densité …). Seuls les indicateurs les plus pertinents sont repris dans ce bilan.
Ce sont des sédiments silto- argileux dont les horizons de surface contiennent moins de débris carbonatés que les horizons anciens (plus profonds), et ceci est confirmé à chaque carottage annuel.

Figure 72 : Evolution des % en carbonates dans les sédiments des carottes prélevées sur St16



La minéralogie montre que les minéraux d'origine marine sont majoritaire (calcite, aragonite…) et les minéraux d'origine terrestre sont présents avec de la goethite et des oxydes de fer. (Cela est confirmé dans tous les sédiments de la Baie du Prony et les flux sédimentaires, hydro région de fond de baie).

Tableau 37 : Composition minéralogique des sédiments sur 4 horizons de plus en plus profond de la carotte St16

Horizon	St16. Mineral %					
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Kaolinite	Goethite	Oxyde de fer (magnétite)
(0-1 cm)	33	10	33	14	2	8
(1-2 cm)	29,7	15,8	34,7	9,9	7,9	2
(10-11 cm)	33,7	11,9	29,7	11,9	7,9	5
(13-14 cm)	29,7	17,8	27,7	12,9	6,9	5

Même en horizon récent (de surface), les minéraux d'origine terrestre sont minoritaires et ils ne sont pas en augmentation de % par rapports aux minéraux d'origine marine.

L'étude de la composition chimique montre que le ratio Ca/Fe est stable et élevé (> 2) par rapport à 2013. Ces ratios sont en cohérence avec la minéralogie, l'influence marine domine.

Par rapport aux résultats 2011 et 2012, les valeurs en soufre (changeable et lixiviable) demeurent du même ordre entre les différentes carottes prélevées. Des valeurs légèrement plus faibles ont été prélevées en 2013, mais les carottes ne peuvent pas être prélevées chaque année exactement sur le même fond et la variabilité spatiale, même à quelques mètres près, suffit à expliquer cette variabilité.

Pour le mercure toutes les analyses sur tous les horizons ont donné des résultats inférieurs à la limite de quantification de 0,02mg/kg de sédiment sec.

Horizon (cm)	Hg en mg/kg
0-1	<LQ
1-2	<LQ
2-3	<LQ
3-4	<LQ

Les experts donnent en conclusion

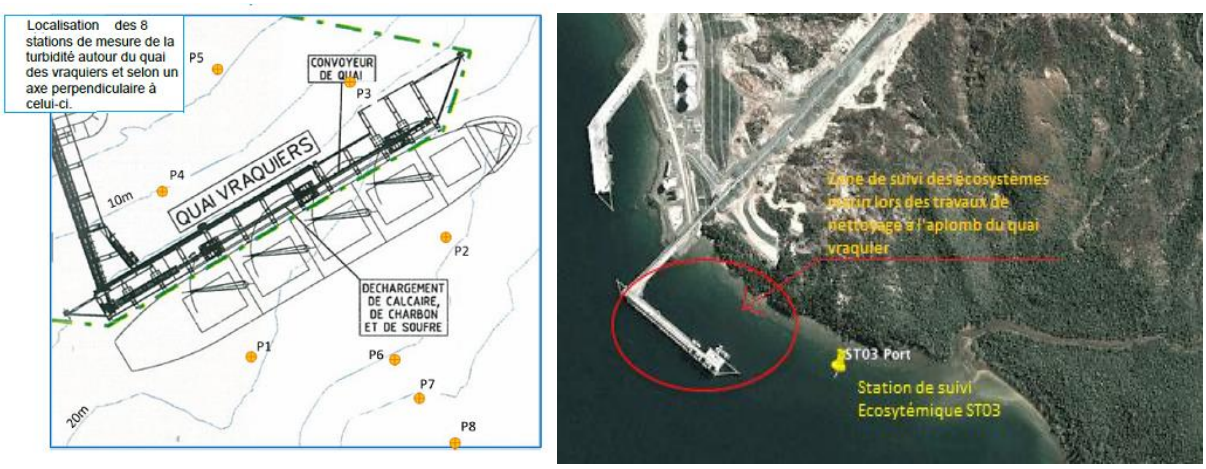
> Les extractions sélectives séquentielles réalisées sur les quatre premiers horizons de la carotte sédimentaire St16 montrent que les métaux présentent une distribution identique sur les différentes phases porteuses d'année en année (Contrat AEL/Vale-NC n° C3052-2013 Contrat AEL/Vale-NC n°E29928-2012 ; Contrat AEL/Vale-NC, n° E20532-2010). Seule la distribution de Fe a légèrement diminué dans la phase organique en 2014.
>
> Les concentrations en soufre lixiviable et échangeable augmentent significativement dans les horizons les plus récents (0-3 cm), des observations similaires avaient été effectuées pour la campagne 2013.

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 vraquiers (Charbon, soufre, 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.
Le travail commencera en février 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

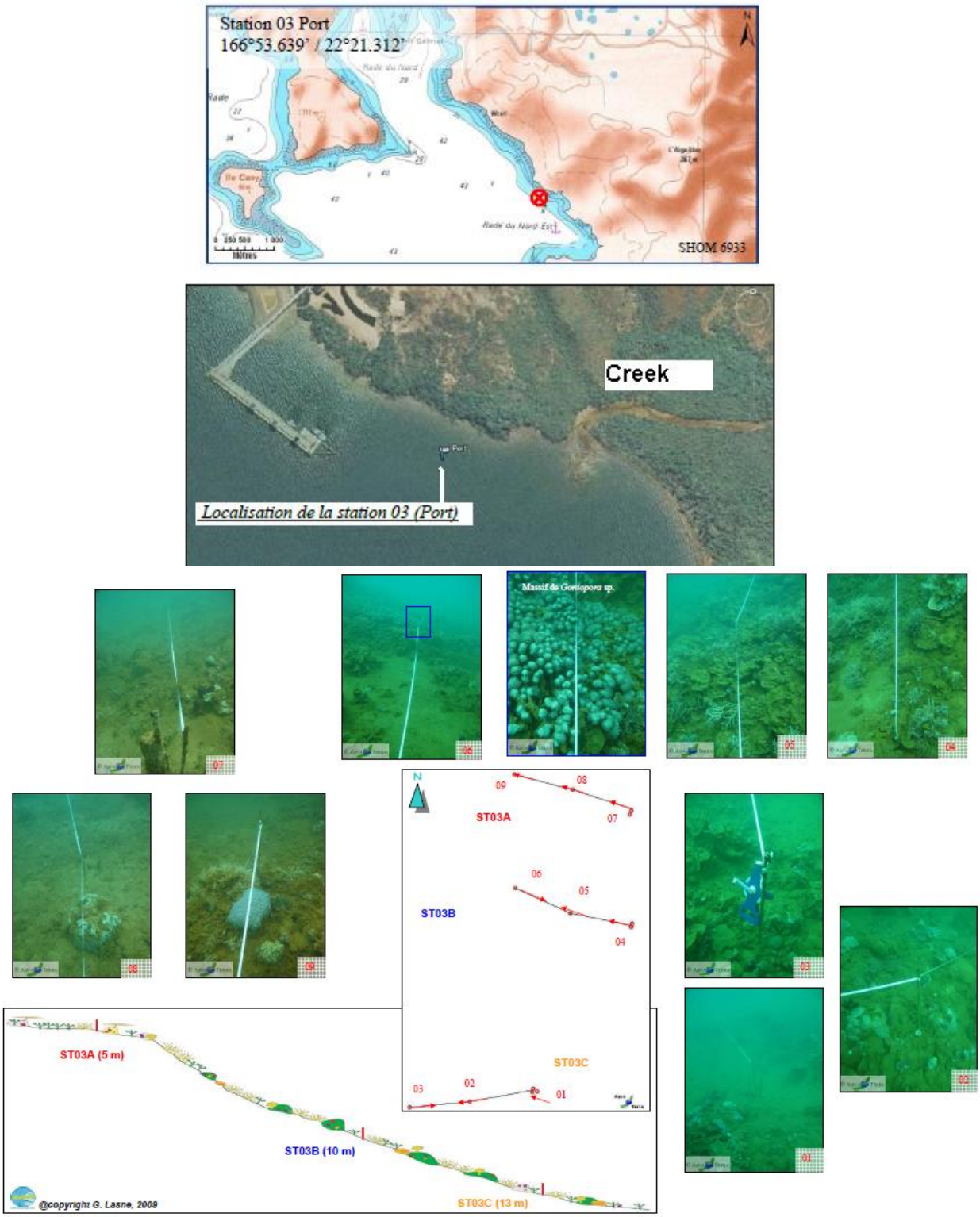
conduites au temps t0 (avant les travaux), elles se poursuivront au temps t1 pendant les travaux et un bilan après les travaux sera effectué. (Points et zone de suivis des travaux présentés sur la figure suivante).

Figure 73 : Mesures environnentales de surveillance et d'accompagnement lors du nettoyage du port de Prony à l'aplomb du quai vraquier



3.2.5.3. PORT Suivi des indicateurs biologiques

Figure 74 : La station sous-marine de surveillance éco systémique ST03/PORT



Cette station est située sur la pente récifale bordant un petit récif frangeant relativement bien préservé, cependant la zone est envasée. Le creek situé au plus proche de cette station apporte des sédiments lors des épisodes pluvieux naturels, son bassin versant n'est pas sous l'influence minière, ni sous l'influence de l'usine ou de port, ce pendant lors des précipitations de nombreuses particules terrestres sont entraînées par ruissellement et en surface la visibilité peut être réduite à cause de l'apport d'eau douce de la rivière (halocline : masse d'eau douce sur masse d'eau salée**).**

Cette station est aussi à proximité du port et les mouvements de gros bateaux peuvent occasionner une remobilisation des particules sédimentaires et un envasement plus conséquent des colonies coralliennes.
Le dépôt sédimentaire est de plus en plus important avec la profondeur. Le développement corallien va être en relation avec ce facteur limitant. Les colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur et les coraux branchus et les coraux à longs polypes vont se développer préférentiellement. Il s'agit d'espèces coralliennes spécifiques aux fonds de baie et qui ont développées des adaptations à l'envasement et aux apports d'eau douce. Pour les coraux branchus, la croissance est plus rapide que l'envasement, les colonies ne sont jamais recouvertes. Pour les coraux à longs polypes, les colonies coralliennes peuvent se dégager des dépôts vaseux par l'intermédiaire de leurs longs polypes.

- Indicateur Corail pour la mission d'octobre 2014 :

-La biodiversité corallienne est importante (119 espèces)
-Le recouvrement corallien est de 5,5 % en A, 30,5 % en B et 15,5 % en C
-Absence de blanchissement corallien
-Dépôt sédimentaire sur quelques colonies coralliennes.

- Autres indicateurs :

-Recouvrement faible des cyanobactéries.
-Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens
-Algue brune Lobophora: le recouvrement est important mais reste stable
-Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis (à surveiller car potentiellement envahissante)*

- Les corallivores :

-Absence des *Acanthaster planci (étoile de mer dévoreuse di corail)*
-Absence de *Drupella cornus.(corallivore)*

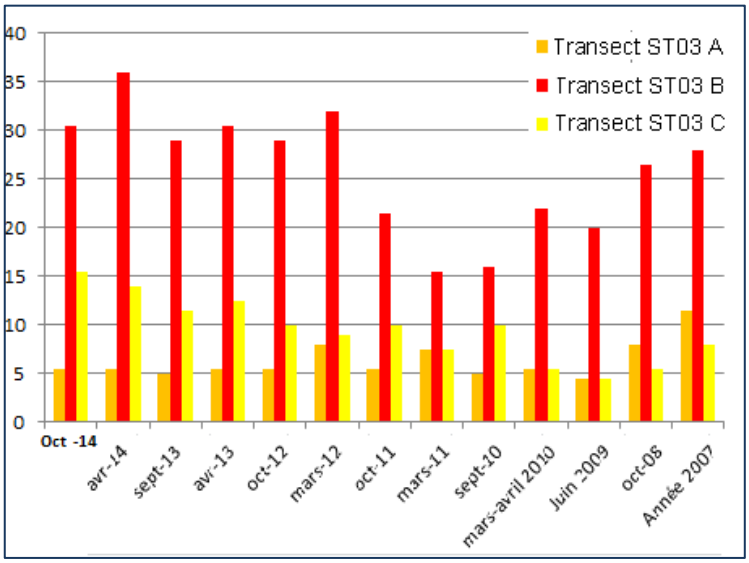
L'évolution temporelle de certaines catégories suivies par LIT mérite une attention soutenue.
Ci-dessous le suivi des coraux et de l'envasement, au fil des missions.

Figure 75 : Evolution temporelle des LIT au niveau du % de recouvrement des coraux Scléractinaires (coraux durs)

Au niveau de la station ST03 du Port de Prony, entre 2007 et 2014

Transect A de surface : -5m ; Tansect B de mi profondeur : -10m ; Transect C profond par -13m

ST03	LIT	oct-14	avr-14	sept-13	avr-13	oct-12	mars-12	oct-11	mars-11	sept-10	mars-10	Juin 2009	oct-08	2007
ST03 A	Coraux scléractiniaires	5,5	5,5	5	5,5	5,5	8	5,5	7,5	5	5,5	4,5	8	11,5
ST03B	Coraux scléractiniaires	30,5	36	29	30,5	29	32	21,5	15,5	16	22	20	26,5	28
ST03C	Coraux scléractiniaires	15,5	14	11,5	12,5	10	9	10	7,5	10	5,5	4,5	5,5	8



Sur toutes les stations Eco systémiques le *transect* le plus profond présente un substrat majoritairement abiotique et ce sont des deux premiers *transects* (entre 5 et 10 m de profondeur) qui sont les plus intéressants à suivre pour la surveillance du milieu.

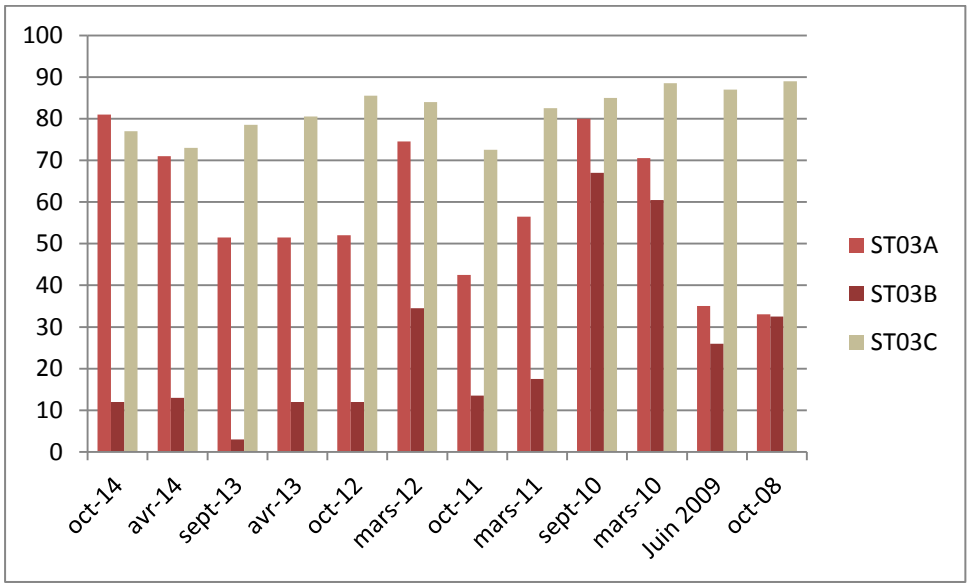
Au niveau de la station ST03 du port, le *transect* B par 10 m de fond est très instructif car il présente le maximum de coraux et de biodiversité:

Les LIT de la station ST03 (B) montrent une stabilité du recouvrement corallien

Tableau 38 : Evolution temporelle des LIT au niveau du % de recouvrement Vaseux

Au niveau de la station ST03 du Port de Prony, entre 2008 et 2014

LIT	ST03	oct-14	avr-14	sept-13	####	oct-12	mars-12	oct-11	mars-11	sept-10	mars-10	Juin 2009	oct-08
Vase	ST03A	81	71	51,5	51,5	52	74,5	42,5	56,5	80	70,5	35	33
Vase	ST03B	12	13	3	12	12	34,5	13,5	17,5	67	60,5	26	32,5
Vase	ST03C	77	73	78,5	80,5	85,5	84	72,5	82,5	85	88,5	87	89



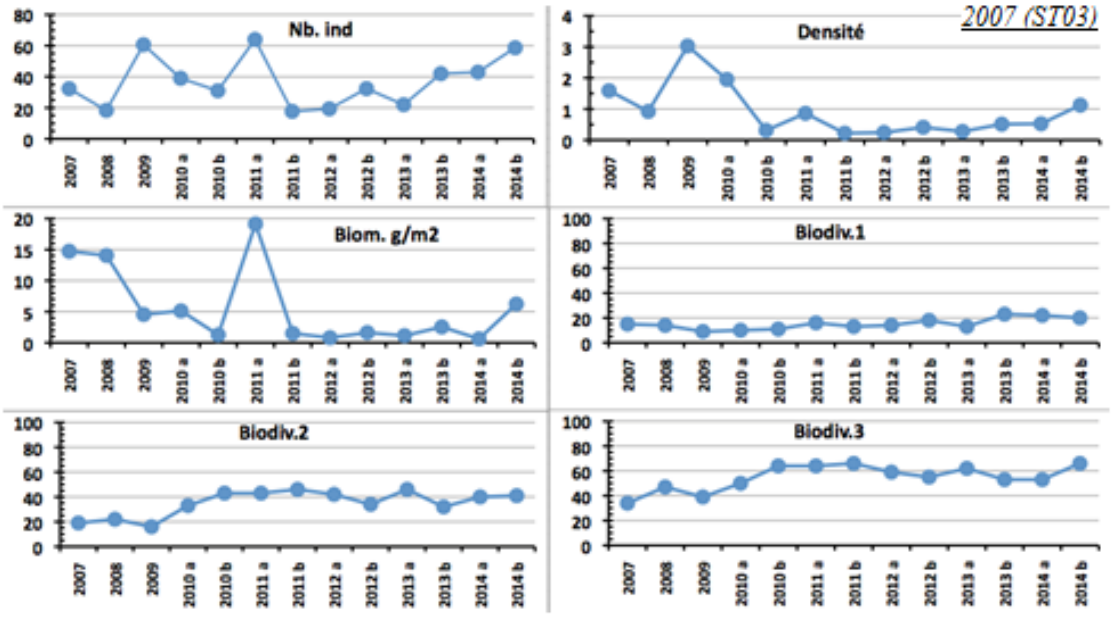
Il n'y a pas d'envasement au-delà des fluctuations saisonnières,

L'absence de blanchiment corallien lors de cette mission montre bien la capacité naturelle de résilience des coraux, l' année 2014 est une année de récupération après une année 2013 qui a fait subir des stress aux récifs coralliens par de très forts et brutaux apports d' eau de ruissellements à la fois douce et chargées en sédiments.

Pour les poissons :

Tableau 39 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)

Port ST03		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2014 B	Transect A	62	1,55	6,80			
	Transect B	81	1,01	6,30			
	Transect C	33	0,82	5,61			
	Moy. ABC	58,67	1,12	6,24	20	41	66
2014 a	Moy. ABC	43,00	0,52	0,62	22	40	53
2013 b	Moy. ABC	42,00	0,51	2,54	23	32	53
2013 a	Moy. ABC	22,00	0,28	1,14	13	46	62
2012 b	Moy. ABC	32,33	0,41	1,62	18	34	55
2012 a	Moy. ABC	19,33	0,24	0,80	14	42	59
2011 b	Moy. ABC	17,67	0,22	1,50	13	46	66
2011 a	Moy. ABC	64,00	0,86	19,13	16	43	64
2010 b	Moy. ABC	31	0,31	1,26	11	43	64
2010 a	Moy. ABC	39,00	1,95	5,13	10	33	50
2009	Moy. ABC	60,66	3,03	4,55	9	16	39
2008	Moy. ABC	18,33	0,92	14,05	14	22	47
2007	Moy. ABC	32,30	1,59	14,73	15	19	34



En octobre 2014 tous les indicateurs « poissons » présentent une augmentation sur cette station. (ST03-Port de Prony)

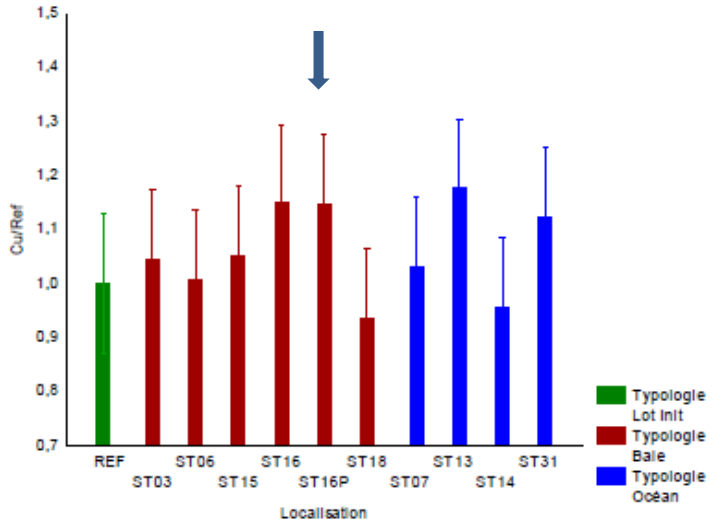
3.2.5.4. PORT Transplantation de bios indicateurs (le *caging*)

Deux stations supplémentaires ont été posées en baie de Prony (sous proposition Vale NC allant au-delà du plan de suivi) à l'égard du suivi des bio indicateurs élevés en cages et l'exposition des cages a été allongée de 3 à 5 mois. Une cage a été positionnée quasiment sous le quai vraquier en St16P et elle assure une surveillance optimlale.

Les résultats 2014 du caging démontrent la pertinence de ce type de méthodologie indicatrice.

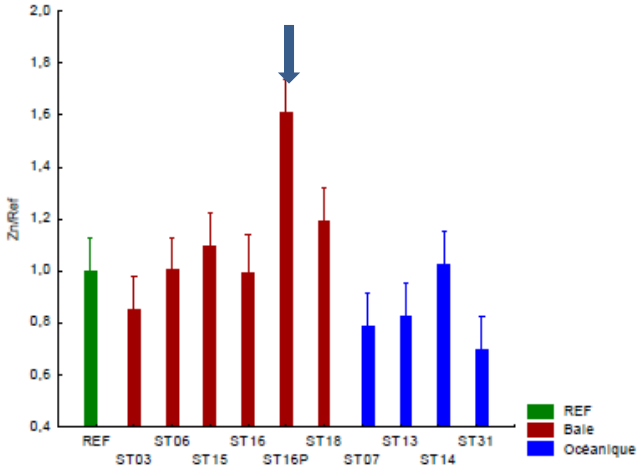
Au niveau du cuivre : la station située sous la quai vraquier (St16P) ne présente pas un facteur de concentration FC à l' égard du Cu, dans les biavlves exposés 155 jours, qui puisse suggérer une bio acumulation anormale, sur cette station portuaire, le FC/ Cu est inférieur à celui relevé dans le canal sur St 13 et du même ordre de valeurs que sur les autres stations de typologie « Baie »

Figure 76 : Facteur de Concentration FC pour le Cu sur toutes les stations en 2014, Caging



Au niveau du Zn, la station St16P se démarque ce qui prouve la pertinence de type de suivi par cagging , étant donné que la cage de transplantation est située à quelques mètres des cargos vraquiers.

Figure 77 : Facteur de Concentration FC pour le Zn sur toutes les stations en 2014, Caging.



Pour les autres métaux la cage St16P montre des FC typiques des hydro régions de fond de baie.

3.2.5.5. CONCLUSION :

Le port ne présente aucun indicateur de pollution ou d'impact, hormis un volume retreint de vrac ayant chuté à l'aplomb du quai vraquier sur une zone très limitée et qui va être prélevé en mars 2015.

3.2.6. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal)

La dernière campagne de terrain a été réalisées 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 2014. Les rapports concernant le suivi des taux de sédimentation sont disponibles dans le bilan annuel 2013, en voici la synthèse :

Figure 78 : Taux de sédimentation 2013

Station	Taux de sédimentation
Port	0,23 g/cm²/an à 0,12 g/cm²/an
Baie Kué	1,83 g/cm²/an à 0,37 g/cm²/an.
Baie du Prony Creek Baie Nord	0,89 g/cm²/an à 0,45 g/cm²/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/cm^2/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 40 : 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	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Mineral Goethite	Kaolinite	autres
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 41 : 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	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Mineral Goethite	Kaolinite	autres
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 42 : 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	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Mineral 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)

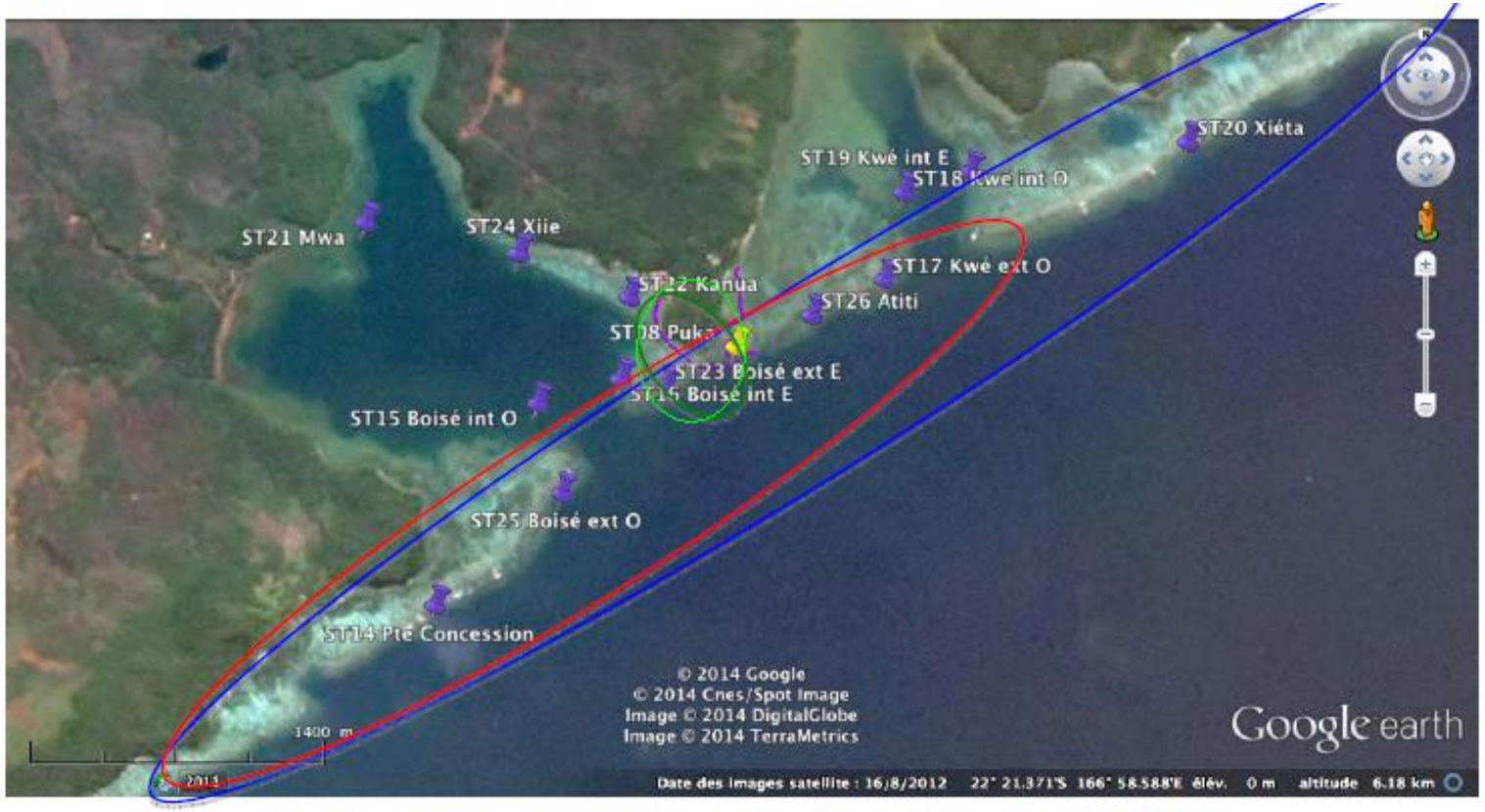
St16. Horizon	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Mineral Goethite	Halite	Kaolinite
0 - 1 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
1 - 2 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
7 - 8 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ
13 - 14 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	Δ

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

.

Photographies 4 : Contexte calédonien habituel suite à un épisode pluvieux (canal Woodin, hors influence Vale NC)

Figure 79 : Zonage schématique des perturbations possibles qui influencent la zone de part et d'autre dela point Puka



Localisation des zones d'influence des différents types de pertubations

Les pertubations d'ordre : mécanique en bleu, sédimentaire : en rouge, bactériologique/chimique : en vert

3.2.7. Evaluation et conséquences des incidents

Le 7 mai 2014 une fuite de solution acide a eu lieu sur le site de la raffinerie et à affecté le creek de la baie Nord selon un gradient d'impact significatif et partiel, de l'amont vers l'aval de ce creek de 4, 2 km de long.
Plusieurs expertises de la part de Vale NC, de bureaux d'études mandatées par Vale NC et par la direction de l'environnement (DENV) de la Province sud via les gardes du lagon, ainsi que de l'observatoire Œil et des ONG se sont succédées, en plus des autorités de tutelles et enquêteurs qui ont effectué une enquête sur les causes et les erreurs humaines et /ou techniques. Les conséquences de cette atteinte environnementale accidentelle ont été multiples : environnementales, sociétales et économiques. Il n'y pas eu d'effet en embouchure du creek et en milieu marin. (Rapports et conclusions présentés dans le bilan semestriel S1/2014)

Le second semestre 2014 n'a pas donné lieu à des incidents ou pollutions.

.

4. CONCLUSION

	Rapport finalisé et remis aux administrations de contrôle
	La mission est en cours

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

Tableau 30 : Synthèse des résultats des missions règlementaires de suivis du milieu marin du Premier semestre 2014.

Suivi règlementaire 2014	Indicateurs	Premier semestre 2014	
Structure de la colonne d'eau de mer	Physique Chimique	**Conforme aux valeurs attendues** Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent et au niveau du port de Prony. Les conséquences météorologiques naturelles sont enregistrées sur les stations côtières.	**Rapports semestriels**
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique	**Conforme aux valeurs attendues** Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent et au port de Prony. Pas de pollution ni d'effet résiduel détectée. .	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	**Conforme aux états attendus** 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 effectuée. Le blanchiment corallien est très faible en 2014 et les indices poissons sont tous en hausse. Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent Bonne santé de la station portuaire sans indice négatif	
Bio accumulation Sur transplants	Bio accumulateurs	Bonne performance de ce suivi qui montre sa maturité, la cage située sous le quai vraquier est un plus pertinent. **Pas d'alerte de bio accumulation**	**Rapport annuel**
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal, dernière mission en 2012, prochain suivi en 2016	
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal, dernière mission en 2012, prochain suivi en 2015	
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique	En baie Kwé : Augmentation du ratio Ca/fer qui indique une **moindre influence terrigène.**	**Rapports Semestriel**
Suivi spécial de la zone portuaire	Physique Chimique Et sédiments	**Pas de pollution** **Pas d'hydrocarbure détecté** **Pas de dégradation de la station Eco systémique** **Indicateurs stables**	**Rapport annuel**

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION

- Le recoupement de toutes les informations données par les paramètres analysés (ou observés) est cohérent, il montre que le suivi des indicateurs réglementaires est pertinent. Une expertise est conduite en 2014/2015 par l'INERIS/IFREMER afin d'établir un bilan de ces 5 années de suivis et d'optimiser ce plan au regard des acquis.
- Le suivi montre que le passage des dépressions météorologiques est bien décelé, elles sont les causes premières et répétitives des variations des paramètres, tous les indicateurs subissent leur influence, ce qui est positif car le contraire eut fait douter de la finesse des méthodologies. La cyclicité des effets des apports d'eau douce dans les baies côtières et des réponses des écosystèmes, sur des formations coralliennes qui ont développé des stratégies adaptatives, est de mieux en mieux connu au cours des missions. En 2014 le blanchiment corallien est minimal.
- La qualité de l'effluent traité rejeté fait l'objet d'un rapport séparé qui lui est dédié, elle est 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) est en cours.
- Il n'a pas eu de pollution sur le milieu marin, au vue des états initiaux et des tendances évolutives la qualité du milieu marin est bonne et notamment au port, en face le creek de la baie Nord et dans le canal de la Havannah en zone des rejets de l'effluent.
- L'effluent marin n'a pas produit de modification sur le milieu marin même après rupture de l'émissaire : l'effluent ne montre aucun effet, comme attendu par les modélisations et expertises antérieures. Les vérifications de la dilution en champ proche du diffuseur confirment ces conclusions.
- Il n'y a aucune modification d'origine anthropique en réserve Merlet, au niveau de la station suivie, 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 disponibles, qu'ils soient instantanées ou intégrateurs, biologiques, chimiques ou physiques, est nécessaire et la qualité du milieu ne peut pas être décrite par un seul paramètre, une synthèse raisonnée de tous les indicateurs est nécessaire.
- Une attention est aussi portée aux éventuelles espèces exogènes ou envahissantes.
- De nouvelles technologies, stations et paramètres supplémentaires ont été testés et leurs réponses seront prises en compte dans l'optimisation du plan 2015.
- Les suivis additionnels effectués par Vale NC, en zones très peu profondes et sur des stations témoins en baie du Prony et en baie Kué, comblent la faiblesse éventuelle du réseau de stations de suivis réglementaire.
- Le port est l'objet d'un suivi trimestriel. Il ne présente aucun indicateur détectant un impact

Bilan des non-conformités

Aucune « non-conformité » n'a été constatée pour le milieu récepteur marin au cours de ces suivis 2014, 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	*Anthias* et *Pseudanthias*	spp
	Cromileptes	*altivelis*
	Epinephelus	*cyanopodus*
	Autres loches	spp
	Plectropomus	spp
Pseudchromidae	*Pictichromis*	*coralensis*
Carangidae		spp
Lutjanidae	*Aphareus*	*furca*
	Aprion	*virescens*
	Lutjanus	*adetii*
	Lutjanus	*sebae*
	Lutjanus	spp
	Symphorus	*nematophorus*
Caesionidae		spp
Haemulidae	*Diagramma*	*pictum*
	Plectorhinchus	spp
Lethrinidae	*Lethrinus*	*nebulosus*
	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	*Scolopsis*	*bilineatus*
Mullidae		spp
Kyphosidae		spp
Ephippidae	*Platax*	spp
Chaetodontidae	*Chaetodon*	*auriga*
	Chaetodon	*baronessa*
	Chaetodon	*bennetti*
	Chaetodon	*citrinellus*
	Chaetodon	*ephippium*
	Chaetodon	*flavirostris*
	Chaetodon	*kleinii*
	Chaetodon	*lineolatus*
	Chaetodon	*lunula*
	Chaetodon	*melannotus*
	Chaetodon	*mertensii*
	Chaetodon	*ornatissimus*
	Chaetodon	*pelewensis*
	Chaetodon	*plebeius*
	Chaetodon	*rafflesi*
	Chaetodon	*reticulatus*
	Chaetodon	*speculum*
	Chaetodon	*semeion*
	Chaetodon	*trifascialis*
	Chaetodon	*lunulatus*
	Chaetodon	*ulietensis*
	Chaetodon	*unimaculatus*
	Chaetodon	*vagabundus*
	Coradion	*altivelis*
	Forcipiger	*flavissumus*
	Forcipiger	*longirostris*
	Hemitaurichthys	*polylepis*
	Heniochus	*acuminatus*
	Heniochus	*chrysostomus*
	Heniochus	*monoceros*
	Heniochus	*singularis*
	Heniochus	*varius*

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

Famille	Genre	espèce
Acanthuridae (suite)	*Naso*	spp
	Zebrasoma	spp
Siganidae	*Siganus*	*argenteus*
	Siganus	spp
Zanclidae	*Zanclus*	*cornutus*
Scombridae	*Scomberomorus*	*commerson*
Balistidae	*Balistoides*	*conspicillum*
	Oxymonacanthus	*longirostris*
	Rhinecanthus	*aculeatus*
	Rhinecanthus	*rectangulus*
Tetraodontidae	*Canthigaster*	spp

ANNEXE II

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

Mission du premier semestre 2014
S2/2014

ANNEXE III

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

Mission du second semestre 2014

S2 / 2014

ANNEXE IV

LES FLUX SEDIMENTAIRES

S2/2014

ANNEXE V

LES SUIVI PORTUAIRE

S2/2014

QUALITE DE L'EAU

ANNEXE V

LES SUIVI PORTUAIRE

S2/2014

SEDIMENTS

ANNEXE VII

CAGGING TRANSPLANTATION DE BIO INDICATEURS

S2/2014

ANNEXE IIX

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 Diection 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)
ONG …..Organisations 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
CaCO3	Carbonates de calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone organique total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre

DBO5	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
FeII	Fer II
HT	Hydrocarbures totaux
K	Potassium
Li	Lithium
MES	Matières en suspension
MEST	Matières en suspension totales
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
Na	Sodium
NB	Nota bene
NH3	Ammonium
Ni	Nickel
NO2	Nitrites
NO3	Nitrates
NT	Azote total
P	Phosphore
Pb	Plomb
pH	Potentiel hydrogène
PO4	Phosphates
S	Soufre
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
Si	Silice
SiO2	Oxyde de silicium
Sn	Etain
SO4	Sulfates
Sr	Strontium
T°	Température
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
Te	Tellure
Th	Thorium
Ti	Titane
Tl	Thallium
U	Uranium
V	Vanadium
WJ	Wadjana
Zn	Zinc