



Suivi environnemental Second semestre 2015

MILIEU MARIN



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. PLAN DE SUIVI DU MILIEU MARIN.....	3
1.1. LOCALISATION.....	3
1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC.....	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 St)	4
1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (Stations ST).....	6
1.1.4. Stations de suivi de la biodisponibilité des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (<i>Le caging</i>).	9
1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Stations : S).....	11
1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire	12
1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaires.....	12
1.2. INDICATEURS SUIVIS	14
1.3. METHODES	19
1.4. RENDUS SEMESTRIELS.....	19
2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT	20
2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2015	21
2.2. CARTOGRAPHIE : PRESSIONS ET ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS	22
3. RESULTATS (SECOND SEMESTRE 2015)	26
3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES	26
3.2. VALEURS OBTENUES (SECOND SEMESTRE 2015).....	31
3.2.1. Météorologie	31
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer	34
3.2.2.1. Contrôle QUALITE.....	36
3.2.2.2. RESULTATS S2 /2015:.....	37
3.2.2.3. Analyse temporelle des fluctuations des paramètres	53
3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées	63
3.2.3.1. Rappels des évènements météorologiques d'influence sur les écosystèmes	64
3.2.3.2. Bilan des observations par station suivie (au second semestre 2015)	65
3.2.3.3. Comparaisons spatiales entre stations.....	68
3.2.3.4. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007	77
3.2.4. Suivi des bio-indicateurs transplantés (le caging)	88
3.2.5. Suivi des flux sédimentaires	93
3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments	100
3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal)	117
3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments	120
.....	121
3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents	123
4. CONCLUSION.....	124
5. INTERPRETATION ET DISCUSSION.....	125

Annexes

Annexes	Rapports intégraux
Annexe 1	Méthodologies des suivis, liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique selon le plan de suivi conventionnel CCB et catégories de substrats.
Annexe 2	Rapport S2/ 2015 : Suivi environnemental de la qualité de la colonne d'eau de mer <ul style="list-style-type: none"> • Structure de la colonne d'eau • Qualité physico-chimique • Concentrations en métaux dissous • Evolutions spatiales et comparaison entre stations • Evolutions temporelles par rapport aux états de références et aux suivis antérieurs
Annexe 3	Rapport S2/ 2015 : Suivi de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah (Second semestre 2015 : S2/2015). Rapport intégral Aquaterra / Acrem / Biocenose- Données brutes en fin de rapport. <ul style="list-style-type: none"> • Etat de chaque station : substrat, benthos, poissons • Comparaison spatiale des stations entre elles • Evolution temporelle par rapport aux suivis antérieurs et depuis 2007
Annexe 4	Rapport S2/ 2015 : Les flux sédimentaires (Second semestre 2015)- Rapport intégral
Annexe 5	Rapport 2015 : Transplantation de bivalves ou « caging ». Rapport intégral AEL
Annexe 6	La qualité des sédiments du milieu marin. Suivi triennal 2015.
Annexe 7	Le port de Prony (station St16) Annexe 7a Qualité de l'eau au port de Prony 2015 Annexe 7b Qualité des sédiments au port de Prony 2015
Annexe 8	Abréviations et acronymes.

2
0
1
5

INTRODUCTION

La surveillance du milieu marin dans la zone d'influence du projet VNC et les zones témoins s'effectue sur la base de quatre groupes d'indicateurs physico-chimiques et biologiques, donnant des indications ponctuelles ou intégrées.

- **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 dans 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 concerne le périmètre d'influence potentielle de Vale NC et au-delà. Elle a été élaborée par les autorités de tutelles et leurs conseillers scientifiques à partir de plusieurs années d'études océanographiques, selon une démarche basée sur les études d'impacts et les pressions exercées par l'ensemble des activités de Vale NC sur son environnement. Elle s'effectue au niveau de stations sous-marines et points de prélèvements selon les prescriptions réglementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter ICPE et de la Convention CCB- 2009 fixant les modalités de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité, entre la Province Sud et Vale Nouvelle-Calédonie.

- **Arrêté ICPE : Installations portuaires. 13 juillet 2007.**

- **Arrêtés ICPE : Usine/UPM et bassin des résidus de la Kué Ouest. 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 : Méthodologies d'acquisition et de traitement des données : **Bordure bleue** |
- Données disponibles à date du rapport présent : **Bordure jaune** |
- Résultats du premier semestre et de l'année 2015 : **Bordure verte** |
- Conclusion : **Bordure noire** |

Les « plus » supplémentaires 2015 

Les « high light » 

Les points d'attention soutenue 

Les points positifs 

Les points du suivi ciblés pour une surveillance attentive et accrue 

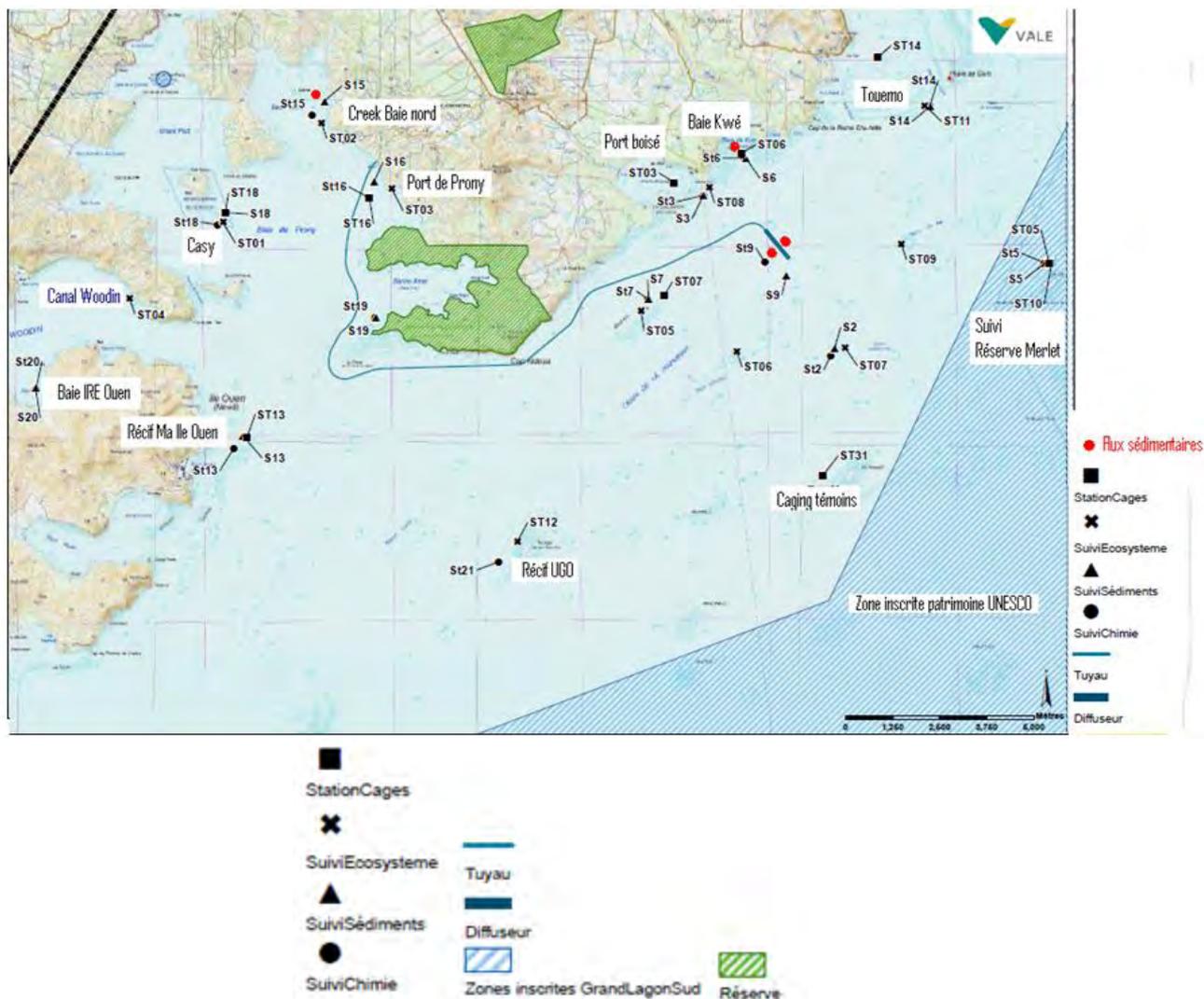
1. ACQUISITION DES DONNEES. PLAN DE SUIVI DU MILIEU MARIN

1.1. Localisation

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

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

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



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

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

Les paragraphes suivants reprennent les positions exactes de chaque station, en fonction des indicateurs suivis. La liste des paramètres suivis est indiquée au chapitre 1.2 et la méthodologie pour chaque paramètre analysé est présentée 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 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. La carte suivante présente le positionnement de ces points. La nomenclature des stations est issue de l'historique des zones d'études depuis les premiers états des lieux et elle fera l'objet d'une révision en 2016 afin de permettre plus de clarté.

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

Localisation 2014	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)	Nombre de point de prélèvement
Basse Chambeyron	St2	167° 00,506	22° 23,599	33	3
Baie Port Boisé	St3	166° 58,010	22° 21,190	29	3
Ilot Kié	St5	167° 03,100	22° 22,050	34	3
Récif de la Baie Kwé	St6	166° 59,112	22° 20,830	20	3
Récif Ioro	St7	166° 57,910	22° 22,820	41	3
Canal de la Havannah	St9	166° 59,754	22° 22,540	47	3
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35	3
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37	3
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25	3
Prony Wharf (Port de Prony)	St16	166° 53,365	22° 21,210	44	3
Prony Ilot Casey	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

Figure 2 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau (St) depuis 2008.

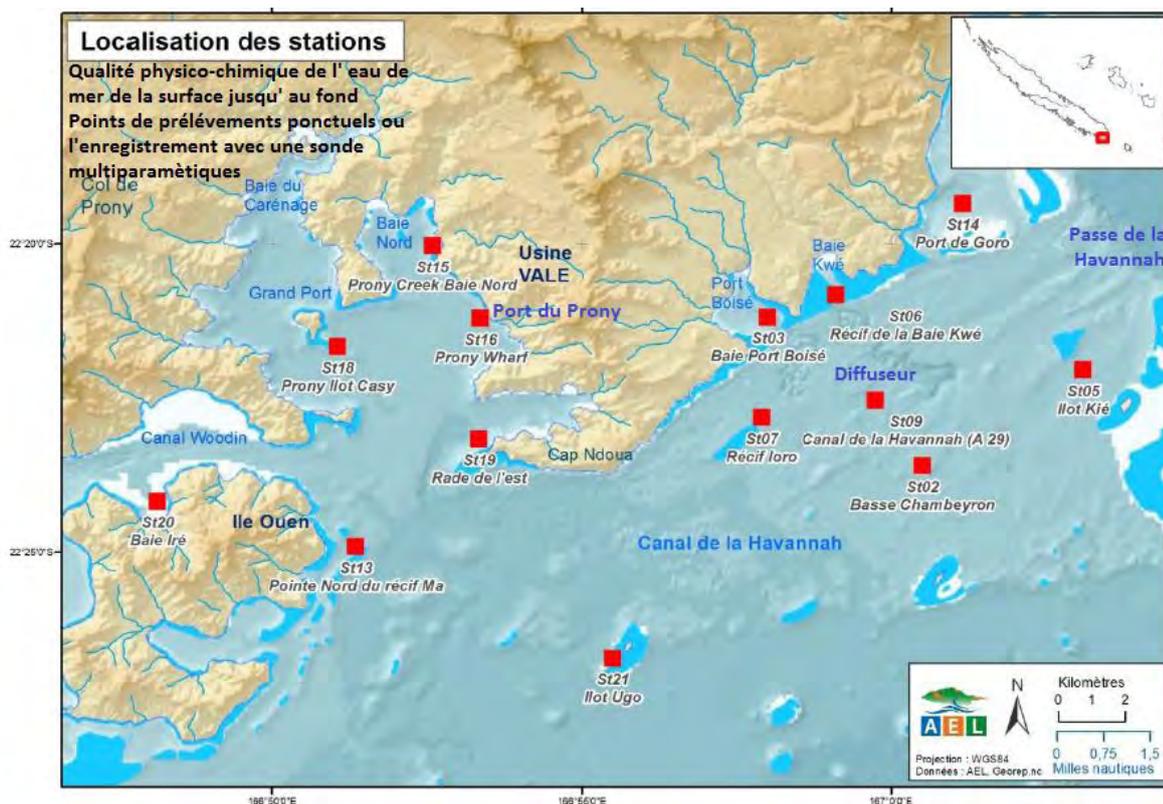


Figure 3 : Localisation précise des stations de suivi de la qualité de l'eau en baie de Port boisé et en baie Kué



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 la zone proche de l'effluent marin (traité* puis rejeté au fond du canal de la Havannah au niveau du diffuseur) ;
- et de la zone éloignée du diffuseur (zone témoins de comparaison)
- des baies recevant des apports terrigènes via des creeks issus des bassins versants de la zone d'influence des activités VNC (Baie Kwé et Bassin versant Creek Baie Nord)
- et des baies recevant des apports terrigènes via des creeks mais qui ne sont pas sous l'influence des activités VNC (Baie de port Boisé, quasi homologue de la baie Kué)
- de la qualité de l'eau sous l'influence du port de Prony ;
- d'une veille à l'égard des préoccupations des populations (l'île Ouen, et baie de Goro) et de la zone inscrite au patrimoine UNESCO (réserve Merlet)

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

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

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

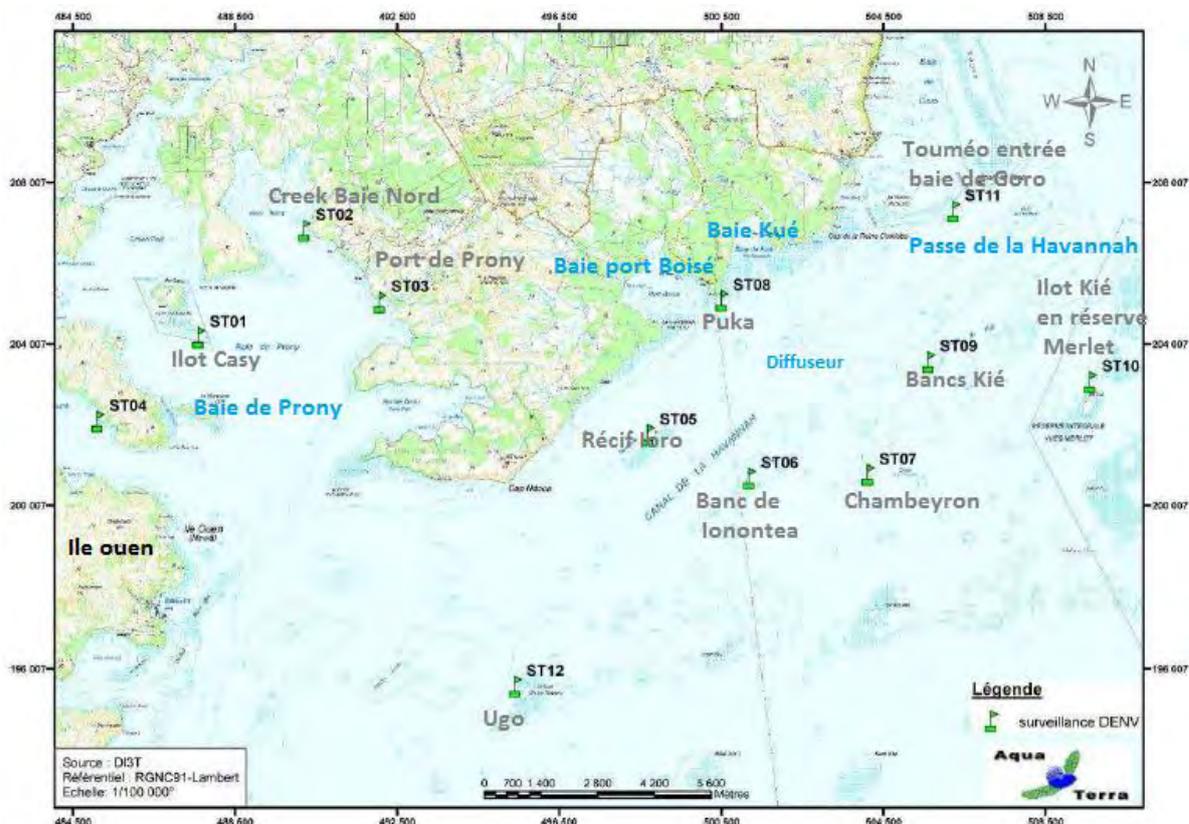
- 7 dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (une demande d'autorisation spéciale est effectuée auprès de la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an) ;
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 à l'entrée du canal Woodin ;
- 1 station supplémentaire est inventoriée depuis juin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

La carte suivante présente les stations sous-marines du plan de suivi tel qu'indiqué dans la Convention CCB 2009 (elles sont localisées par des piquets sous-marins et leur plan géomorphologique est repris dans chaque rapport de mission).

La position du diffuseur sous-marin d'effluent traité a été choisie après études et expertises pour sa localisation sur des fonds marins de plus de 40 mètres, sablo-détritiques et balayés par de forts courants de marées, elle est donc éloignée des récifs coralliens riches en biodiversité. Pour cette raison, il ne peut pas y avoir de station de suivi éco-systémique de surveillance des récifs coralliens et des populations associées en champ proche du diffuseur. En champ éloigné de plus de 2 km, le diffuseur est encadré par des stations positionnées sur tous les bancs et îlots alentours : ST05, ST06, ST07, ST09 et ST08.

Les numéros des stations sont dus à l'historique des études (états des lieux commencés en 1994) et la nomenclature sera revue en 2016.

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



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 parce que le fond est entièrement sableux ou vaseux et ne peut porter un transect significatif.

Un schéma structural de chaque station est réalisé, 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 réduite.

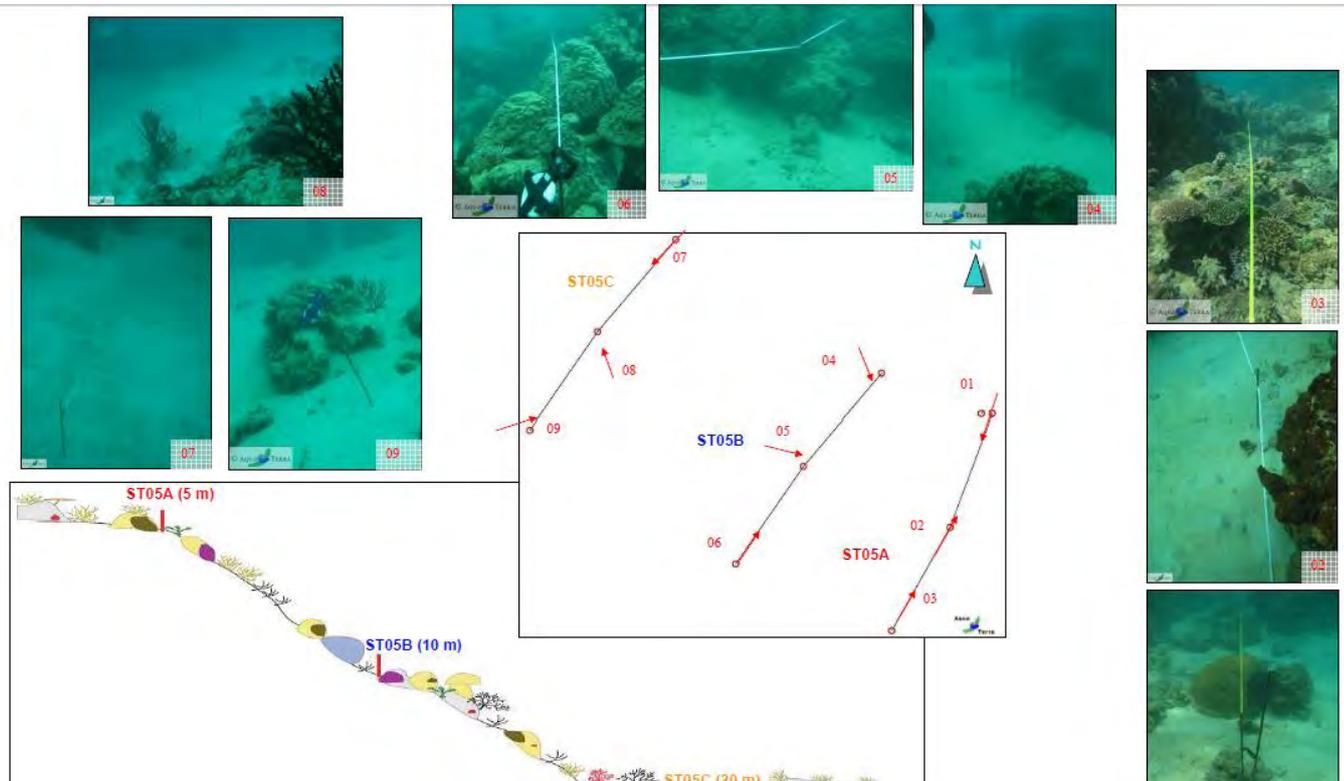
Les stations ciblées par ce plan de suivi ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis le début des suivis 2007, avec un recul de 14 inventaires minimums sur celles-ci (à ce jour). Aucune station de suivi n'a été abandonnée ou modifiée.

Rappel : Vale NC se conforme aux prescriptions de suivis qui lui sont indiquées par les arrêtés ICPE (2007 et 2008) et par la Convention CCB avec la Province Sud (2009). Un atelier a travaillé pour définir la localisation des stations et les méthodologies à suivre en matière de suivi des écosystèmes marins, en mars 2006, sous l'impulsion de la DENV et des biologistes marins calédoniens ayant participé aux états des lieux.

Le suivi éco-systémique est un engagement de la CCB 2009 mais il n'est pas inscrit dans les prescriptions réglementaires des arrêtés ICPE.

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

Figure 5 : Exemple de schéma structural qui représente une station sous marine de suivi des écosystèmes corraliens et populations associées : La station ST05



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

Chaque transect suit une courbe bathymétrique constante, le plus souvent parallèle à la cote.



Vue d'ensemble des transects (ST05)

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

Tableau 4 : Localisation géographique 2009-2014 des lieux de position des cages, référentiel WGS-84

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur de la zone (en m)	Profondeur d'immersion de la cage (en m)
Chenal Baie Port Boisé	St03	166°59,104	22°20,852	28,4	10,5
Chenal de la Baie Kwé	St06	166°59,105	22°20,853	27,2	10
Récif Ioro	St07	166°57,847	22°23,053	38,5	12,5
Pointe Nord du récif Ma	St13	166°51,364	22°24,905	32,4	10
Port naturel de Goro	St14	167°01,122	22°19,349	35,2	12,5
Port de Prony	St16	166°52,534	22°20,750	42,6	12,5
Prony Ilot Casy	St18	166°51,056	22°21,681	22	10
Témoins Ilot Nouaré Témoins	St31	167°01,105	22°25,050	35	11,5

En 2014 : 2 cages ont été ajoutées en baie du Prony à titre de d'affinement volontaire du suivi par Vale NC et en préparation des optimisations à venir du plan de suivi marin.

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

Ce suivi est indiqué dans la convention CCB 2009/2014 mais il n'est pas une prescription réglementaire des arrêtés ICPE.

Les cages ne doivent pas être placées à une profondeur trop grande, en fonction de la turbidité. Il est recommandé de les immerger entre 9 m et 12m de profondeur et en dehors de toute activité nautique ou d'une zone d'une forte agitation hydrodynamique.

En 2015, fort du retour d'expérience des campagnes antérieures, le « caging » reste encore démarche R&D, en expertise (par l'INERIS/IFRMER) et en voie de consolidation.

Tableau 5 : Cages positionnées en 2015 afin de consolider les connaissances et la méthodologie en matière du suivi par bio-accumulateurs

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur de la zone (en m)	Profondeur d'immersion de la cage (en m)
Quai du port de Prony	St16p	166°59,102	22°20,850	10	5
Baie du Prony Rade Nord	St15	166°52,523	22°19,982	29,5	11
Baie de Port Boisé	St03	166°58,005	22°21,177	28,4	10,5
Baie Kwé	St06	166°59,105	22°20,853	23	10
Ilot Nouaré	St31	167°01,105	22°25,050	20	11,5

Figure 6 : Localisation géographique des cages de transplantation de bios indicateurs en 2015



En 2014 et en 2015 le suivi par transplantation de bio- accumulateurs vivants (caging) est en phase d'affinement afin de renforcer la méthodologie avec des espèces locales et notamment sur la cinétique d'accumulation des bivalves, dans le but d'une meilleure robustesse de cette méthodologie intégratrice encore en R&D en Nouvelle-Calédonie, mais très développée et utilisée en Europe. Le suivi 2015 est donc modifié et centré sur la cinétique. Un audit INERIS/IFREMER recommande cette étude et en suit l'évolution dans son travail d'optimisation du plan de suivi marin en fonction des expériences acquises et des nouvelles technologies et connaissances disponibles.

Le retour d'expérience montre que l'emplacement des cages doit permettre d'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 5 mois.
- une zone de passages fréquents de bateaux. Les cages doivent être placées en dehors d'une zone de trafic portuaire ou maritime, pour cette raison en 2014 une cage est ajoutée dans un angle du quai du Port et à l'abri du trafic.
- ou bien des bouées de marquage trop visibles qui attirent l'attention et qui sont dérobées avec pour conséquence des cages perdues ou coulées et dégradées. Les bouées de sustentation et de marquage ne doivent pas être visibles depuis la surface.



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

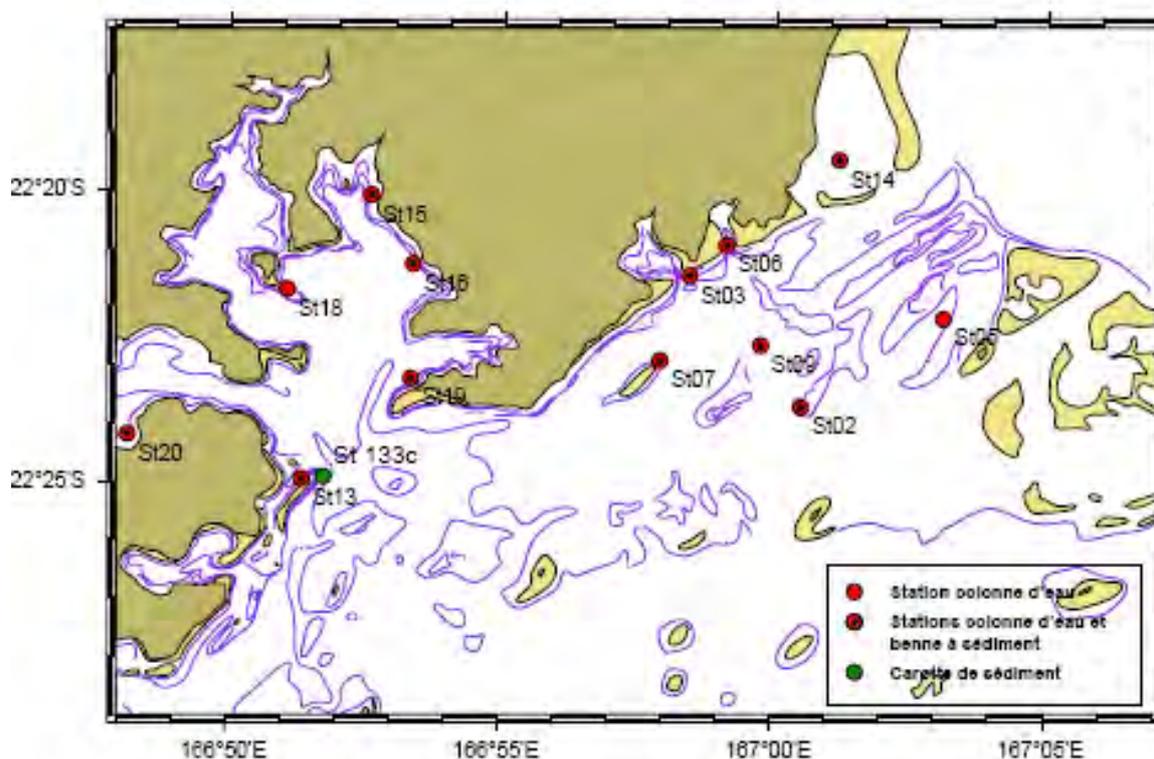
Le suivi de la qualité des sédiments marins est effectué sur les stations indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84

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

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

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

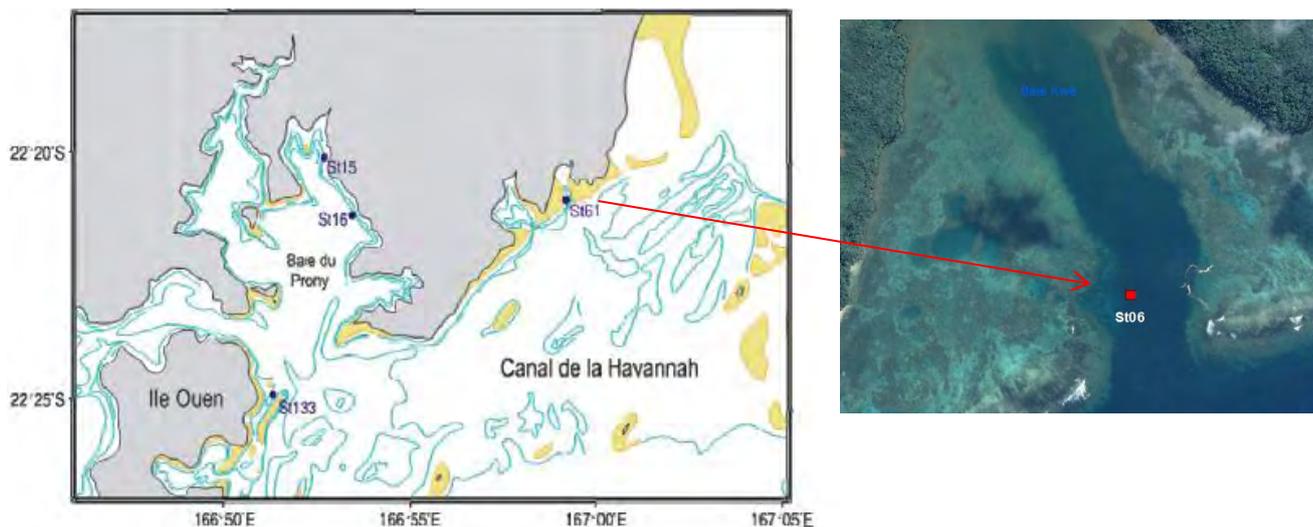


1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont installées en baie de Prony : à l'embouchure du creek de la Baie Nord et près du port de Prony ; une station se trouve dans la baie Kwé et une autre, la station ST33, est située à l'Est de l'île Ouen. Ces 3 stations sont suivies de façon triennale (conseil des experts des plans de suivi sur la fréquence à suivre pour un taux d'accumulation relativement lent) ;

La station n°16 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 de sédiments transportés par l'eau de mer sont un indicateur intégrateur qui est suivi sur 3 postes indiqués sur le tableau suivant :

Tableau 7 : Position des points de suivi des flux sédimentaires, référentiel WGS 84

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

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

Figure 9 : Points de suivi des flux de MES


Le dispositif de collecte des flux de MES 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 **Les godets doivent être placés dans la zone la plus propice à la collecte des flux d'effluent.**

REMARQUE

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

Vale NC s'y conforme intégralement.

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

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

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

1.2. Indicateurs suivis

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

Tableau 8 : Indicateurs biologiques. Suivis semestriels (2008/2015).

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

	Stations	LIT SUBSTRAT <u>28 items</u>	BENTHOS	POISSONS 1. Nb Individus 2. Densité 3. Biomasse/m ² (Sur liste restreinte imposée)
Baie du Prony	ST01	X	X	XXX
	ST02			
	ST03			
Canal Woodin	ST04	X	X	XXX
Canal de la Havannah	ST05			
	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 d'entre eux.

33 transects avec :

- 28 items du suivi LIT du substrat
- Poissons (nombre, densité et biomasse)
- Macro-benthos

Total > 1023 données par semestre

Pour les Bio- Indicateurs du « CAGING » les paramètres suivis sont les suivants:

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

- **Les Indicateurs physico -chimiques** :

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



TAUX D'ACCUMULATION

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

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

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

Flux : A minima 78 données/an

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

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

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

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

1.3. Méthodes

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

Les méthodes de suivis sont décrites en annexe 1 de ce rapport

1.4. Rendus semestriels

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).

Les rapports semestriels (ou annuels) présentent les données brutes en annexe,

L'analyse des données comprend :

- Une analyse comparative des résultats avec l'état initial et avec les résultats des campagnes précédentes, elle est effectuée par les experts qui ont effectué la dernière mission.
- Une réflexion sur la cohérence entre les autres suivis et les connaissances antérieures (modélisation, courantologie, météo...) est conduite à chaque suivi semestriel.
- Une réunion entre experts des divers domaines de suivis est effectuée, sous l'appel de Vale NC, afin que tous partagent leurs remarques pour un suivi « global » des tous les indicateurs biologiques, physiques et chimiques.

Cette analyse synthétique est à la fois

- spatiale (comparaison des stations entre elles) et
- temporelle (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs).

Toute tendance qui pourrait évoluer vers un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné, pour un suivi attentif de ce paramètre lors des missions suivantes. En cas de confirmation d'une modification significative la conclusion du rapport indiquerait bien ce fait.

Démarche : Pression/Etat/Réponse

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

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

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT

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

- ✓ Suivi N°2 / 2015 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau –Mission effectuée les 4 et 6 aout 2015 ;
- ✓ Suivi N°2 / 2015 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du second semestre : Octobre 2015;
- ✓ Suivi N°2 / 2015 des flux sédimentaires - Immersion des automates séquentiels en octobre et novembre 2015 (49 jours d'immersion).

Et pour les suivis annuels :

- ✓ Suivi annuel 2015 : La transplantation d'espèces bio-indicatrices (le « caging ») : mission effectuée de fin avril jusqu' à octobre 2015 ;
- ✓ Le suivi trimestriel spécifique du Port de Prony : qualité de l'eau et des sédiments 2015. Prélèvements en mars, mai, aout et octobre 2015.
- ✓ Le suivi de la qualité physico- chimique des sédiments : mission conduite en juillet 2015.

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



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

Pour ces missions 2015 : 5 bureaux d'études différents ont participé à ces missions et travaux d'analyses des données.

2.1. Synthèse des suivis du milieu marin effectués en 2015

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

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

Tableau 9 : Synthèse des suivis réglementaires ICPE et des suivis CCB effectués durant L'année 2015 à date de fin de premier semestre, avec rapports émis (cases bleues)

Suivis réglementaires 2015	Indicateurs	Jan	Fé v.	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Ao ut 20 15	S	O	N	D	Jan 201 5	
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique Chimique							S1						S2	
	Chimique							S1						S2	
Suivi des écosystèmes 12 stations	Biologique Corail Benthos Poissons							S1						S2	
Bio accumulation Sur transplants 8 stations	Bio accumulateur													A	
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal qui a eu lieu en 2010 et 2013 Prochaine campagne en 2016													
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal Dernière campagne en 2012													Tr
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique							S1						A	
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments							S1						A	

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

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

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

Figure 10 : Carte de rappel des stations de suivi du milieu marin (réglementaires et conventionnelles)



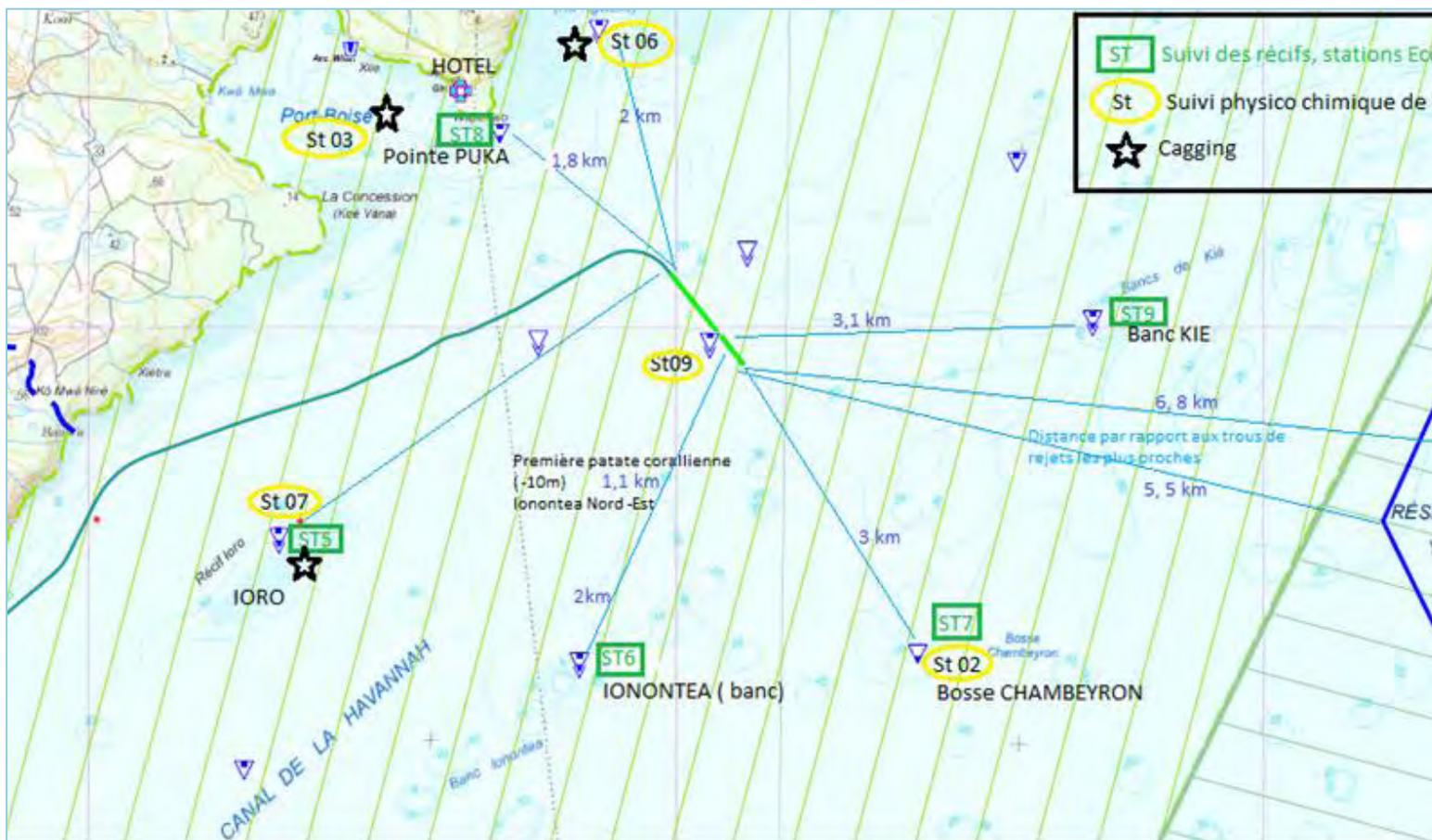
Figure 11 : Carte schématique de rappel des bassins versants et des différentes pressions



-  Apport massif d'eau douce chargée en sédiments d'érosion hors influence Vale NC
-  Apport massif d'eau douce chargée en sédiments par bassin versant portant des installations Vale NC
-  Apports massif eau douce

-  Zone de pression par produits chimiques présents sur le bassin versant
-  Rejet de l'effluent traité
-  Habitations ou hôtel

Figure 12 : 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 2015)

3.1. Valeurs réglementaires et états de références

Pour le suivi du milieu marin il n'y a pas de dépassement de seuils réglementaires proprement dit, il ne s'agit pas d'émissions sujettes à des seuils mais de la santé des écosystèmes (milieux récepteurs) et de la qualité du milieu par rapport à l'état de référence et pas comparaison avec des zones témoins (Méthode BACI)

- **Les états initiaux (de référence) observés** avant le développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie servent de référence (Before). 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 qui peut- être 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.*
- **Méthode de suivi BACI (Before / After & Control / Impact)**

Les états de références permettent un suivi de l'évolution temporelle des paramètres, par comparaison avec un état antérieur, selon la méthode classique de suivi : « Before/After ». Cependant les exigences de la méthode de suivi BACI (Before / After & Control / Impact-Underwood 1991) plus complète (et qui permet d'éliminer en partie les problèmes inhérents aux designs Before/After), demandent de suivre en parallèle l'évolution des paramètres sur une station homologue (de contrôle- témoin) à la station surveillée (sous pression d'un impact éventuel), pour cette raison la Baie de Port Boisé est suivie en parallèle de la baie Kué et les conclusions quant à l'évolution de la baie Kué (ou autre station) ne peuvent pas se résumer à une comparaison Before/After, elle doivent aussi tenir compte de l'évolution temporelle de la Baie de Port Boisée, son homologue.

- **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 2016.

Il est essentiel de raisonner en termes de tendances évolutives et il n'est pas rigoureux de tirer des conclusions sur uniquement quelques données ponctuelles ou en comparaison seulement avec une grille de lecture immuable et universelle ou calédonienne. Comme le souligne le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie :

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

Toute modification significative observée lors d'un suivi, c'est-à-dire au-delà de la marge des variations saisonnières et des incertitudes inhérentes aux méthodologies, doit être prise en considération et demande un suivi approfondi et une recherche de cause.

Chaque rapport de suivi présente une étude des variations temporelles des paramètres, en comparaison avec les suivis précédents et les états de référence et si possible en comparaison avec le suivi d'une station de contrôle (témoins).

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 10 : Caractéristiques du milieu marin, états initiaux (en bleu) et Missions de suivis (en orange)

- **Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer sur toute sa colonne**
 - Rescan, Supplemental Baseline Technical report : Physical Oceanography, octobre 2000 et Supplemental Baseline Technical Report : Marine Environment, novembre 2000 ;
 - Caractérisation physico-chimique des eaux sur 18 stations IRD 2005 (Convention Goro Ni/IRD n°1142)
 - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux du canal de la Havannah et de la baie de Prony sur 18 stations IRD 2007 (Convention Goro Ni/IRD n°1312)
 - Dernières campagnes de suivis effectuées : mars 2009, août 2009, mars 2010, août 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012, aout 2012, mars 2013, aout 2013, mars/ avril 2014, aout 2014 et mars 2015.
 - Campagne d'Aout 2015 incluse dans ce rapport: (14^{ème} campagne)

- **Bio-indicateurs en cages**
 - Etat de référence de la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : détermination de la qualité écotoxicologique initiale des eaux par transplantation d'espèces bio-indicatrices (bio- accumulation) IRD 2009. (Convention de recherches n° 1124 entre l'IRD et Vale NC (Goro Nickel à l'époque) portant sur 3 années prédictives quant au comportement de l'effluent : IRD 2007-2009.Volet éco-toxicologie).
 - Dernières campagnes de suivis effectuées : 2010, 2011, 2012, 2013, 2014
 - Campagne annuelle 2015 : incluse dans ce rapport:

- **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, 2014.
 - Campagnes 2015 : les flux sédimentaires sont inclus dans ce rapport (S2/2015). Les suivis du taux de sédimentation sont triennaux donc pas de campagne en 2015 Les suivis de la qualité des sédiments sont triennaux : Le suivi 2015 est inclus dans ce rapport.

- **Stations éco-systémiques**
 - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données des suivis semestriels effectués depuis 2007, les suivi ont été effectués sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (Second semestre 2015 : 15^{ème} mission de suivi).
 - Les études d'état des lieux précédentes (qui ont débuté en 1994) ont fait l'objet d'un travail de synthèse : « Analyse et synthèse des études environnementales du domaine marin du Sud : baie de Prony – Canal de la Havannah », travail commandé par Vale Nouvelle-Calédonie pour la période 1994-2007 au professeur d'Université Claude CHAUVET ACREM, 2008. (Cf. tableau récapitulatif ci-dessous).
 - 14 Dernières campagnes règlementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, puis : mars 2010, Aout/septembre 2010 ; mars 2011, aout 2011 ; mars 2012, octobre 2012 ; mars/avril 2013 et sept/oct. 2013 ; mars/avril 2014, octobre 2014 et mars 2015
 - Campagne d'octobre / novembre 2015 incluse dans ce rapport. (15^{ème} campagne)

D'autres inspections et inventaires sous-marins peuvent donner lieu à des analyses comparatives, comme les 8 missions de suivis 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. En 2013 et 2014 un état des lieux en baie Kué et baie de Port boisé a été conduit.

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 11 : 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 2015a 2015b	Aqua terra / ACREM / Biocénose	Suivis de l'état des communautés coralliennes et des populations associées en baie du Prony et dans le canal de la Havannah Suivis semestriels réglementaires selon le cahier des charges de la Convention CCB 2009

Tous les rapports sur les états de référence ont été communiqués aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (chapitre : Caractérisation des milieux) ainsi que les rapports de suivi et les études. Ils ont aussi été communiqués à l'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 15 missions, sont donc comparables en eux.

Figure 13 : Stations d'étude pour la caractérisation biologique du milieu marin entre 1994 et 2006 et fréquentation des stations



➤ Flux sédimentaires

- L'état de référence des densités de flux verticaux de particules a été déterminé pour le canal de la Havannah et la baie Kwé en 2007 (convention IRD/Goro nickel n°1230)
- **Dernières campagnes réglementaire : 2011, 2012, 2013, 2014 et premier semestre 2015**
- Campagnes actuelles incluses dans ce rapport : Second semestre 2015

3.2. Valeurs obtenues (Second semestre 2015)

3.2.1. Météorologie

Il n'y pas eu d'événement climatique exceptionnel (cyclone ou dépression tropicale forte) qui ait affecté la zone du Grand sud durant l'année 2015. Celle-ci se caractérise par un déficit hydrique. Le cyclone PAM est passé à 150 km à l'Est de Maré et n'a pas engendré des pluies exceptionnelles sur la zone du suivi martin et les bassins versants influents. La dépression tropicale ULA n'a pas affectée la Calédonie.

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

Rappel des grands épisodes dépressionnaires ou pluvieux des années précédentes :

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

Le dernier trimestre 2015 est caractérisée par une tendance à la sécheresse due au phénomène climatique « El Niño », ce sont les feux de brousse et de forêt qui affectent la Nouvelle-Calédonie de façon intense, cependant le Grand sud et les bassins versants qui influencent le milieu marin suivi n'ont pas été affectés.

Figure 14 : Synthèse du bulletin mensuel de Météo France- Nouvelle-Calédonie pour le mois de mars 2015



Décembre 2015/ Synthèse du mois

Pour le 5e mois consécutif, les quantités de pluie mesurées en Nouvelle-Calédonie sont déficitaires. Néanmoins, au fil des mois, le déficit global s'est atténué au point d'être moins marqué en décembre.

Sur l'ensemble du pays, le bilan des cumuls de pluie est déficitaire d'environ -30 %. Sur le littoral Ouest, entre Bouraké et Poé, ainsi qu'à Canala, le manque d'eau est le plus important : le déficit y atteint -90 %.

Les températures moyennes sont comprises entre 19,8 °C à Aoupinié et 26,8 °C à Bouraké. Dans l'ensemble, le mois de décembre a été légèrement plus chaud qu'à l'accoutumée avec +0,2 °C d'écart à la normale en moyenne globale.

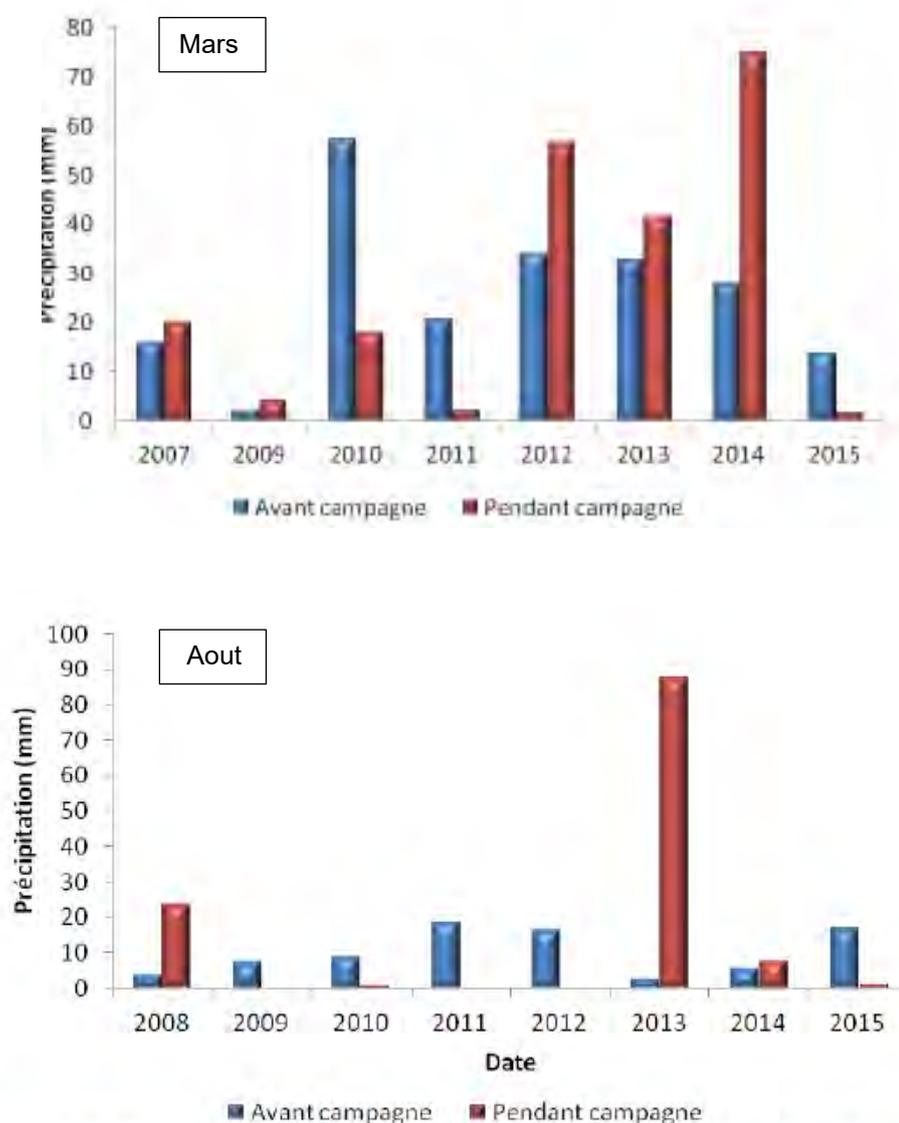
<http://www.meteo.nc/nouvelle-caledonie/climat/bulletins-climatiques/bcm-2015>

Les figures suivantes montrent les précipitations au mois de MARS puis au mois d'AOUT durant les campagnes de suivis depuis 2007 (et les 5 jours précédant chaque campagne) sur la station de Prony donc au plus proche de la zone marine surveillée.

Cela confirme bien que **les suivis S1/2015 et S2/2015 ont été effectués en période de relative sécheresse** sur la zone du suivi.

En 2013 les très forts épisodes pluvieux de janvier et aout ne sont pas enregistrés sur cet histogramme qui ne récapitule qu'une semaine de pluviométrie avant chaque mission..

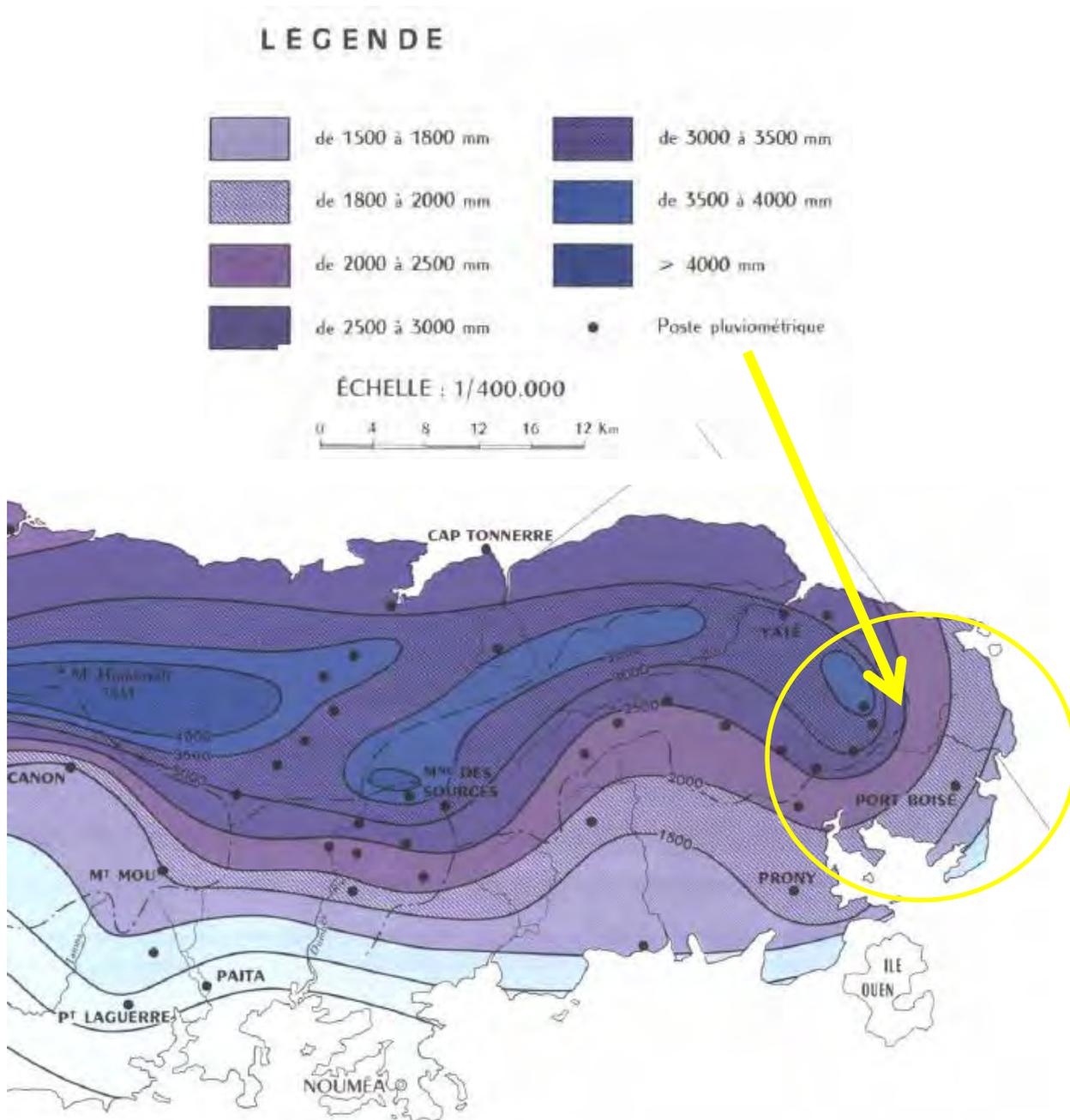
Figure 15 : Cumuls des précipitations durant les campagnes de prélèvements pour le suivi de la qualité de l' eau en saison chaude (MARS) depuis 2007 ; et en saison fraiche (AOUT) En bleu: les 5 jours qui précèdent la mission. En rouge foncé : les jours de la mission



Cumuls des précipitations, 5 jours avant (bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison fraiche » de 2008 à 2015 données météorologiques enregistrées à la station d'observation « Prony Pilot station ».

Figure 16 : Rappel du contexte climatique calédonien et de la zone du plateau de Goro influant sur les bassins versants de la zone des suivis Vale NC (mm/pluies cumul annuel)

(Carte ORSTOM)



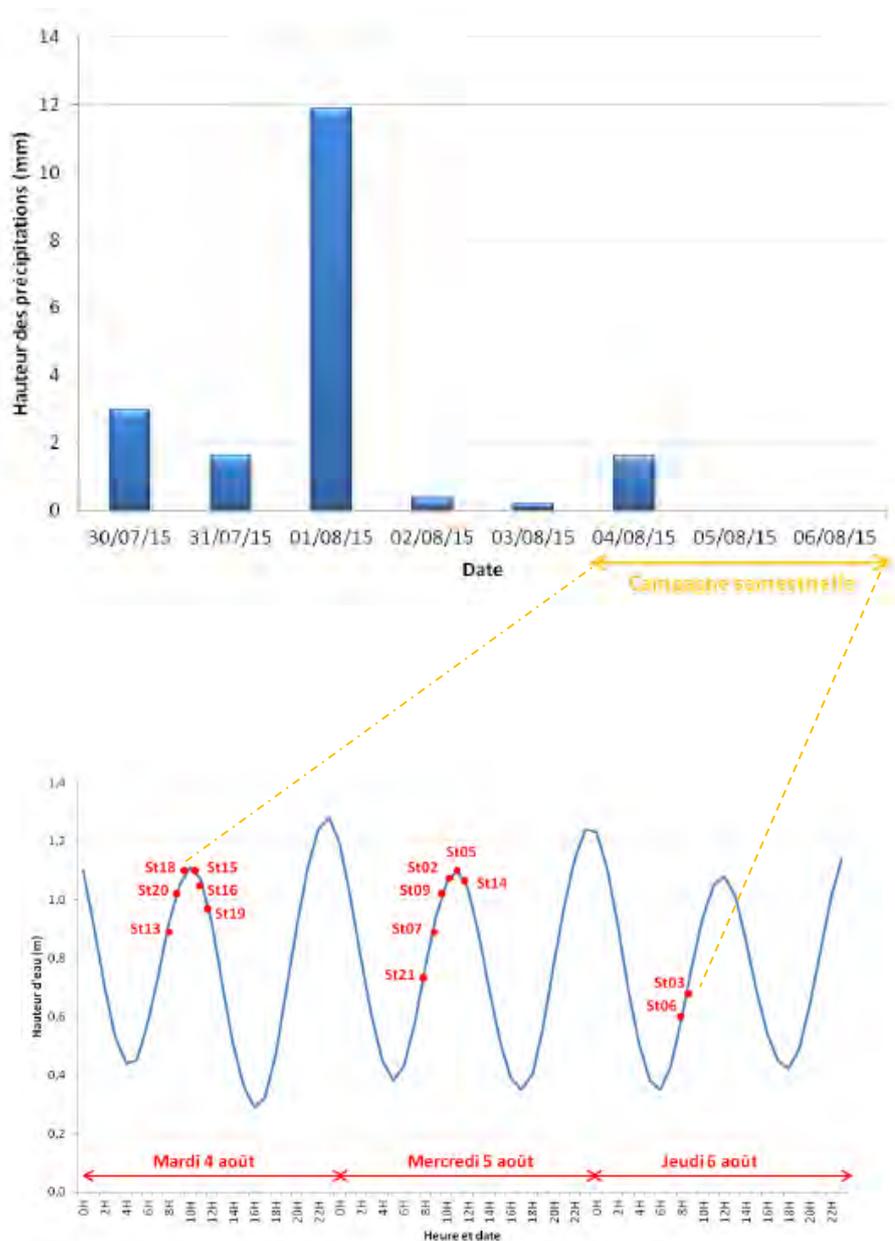
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain ont été réalisées :

- Pour la campagne semestrielle n°1 dite S1/2015 : 03, 04 et 05 MARS 2015 sur les 14 stations prédéfinies. Rapport déjà communiqué.
- Pour la campagne semestrielle n°2 dite S2/2015 : 04, 05 et 06 AOUT 2015.
- Pour les campagnes trimestrielles sur le port de Prony en en face le creek de la baie Nord : mars, avril, août et octobre 2015. (Cf. chapitre et annexe dédiés au port).

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

Figure 17: Conditions météorologiques et état de la marée (campagne du 03 au 05 Mars 2015)



Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie et les températures est forte et la pertinence des conclusions doit tenir compte des saisons. La séparation entre saison sèche et saison humide n'est pas nette, il est plus judicieux de parler de saison fraîche et de saison chaude et de toujours se référer à la pluviométrie.

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

Mission AOUT 2015 (Saison fraîche. Semestre n°2/ 2015)

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



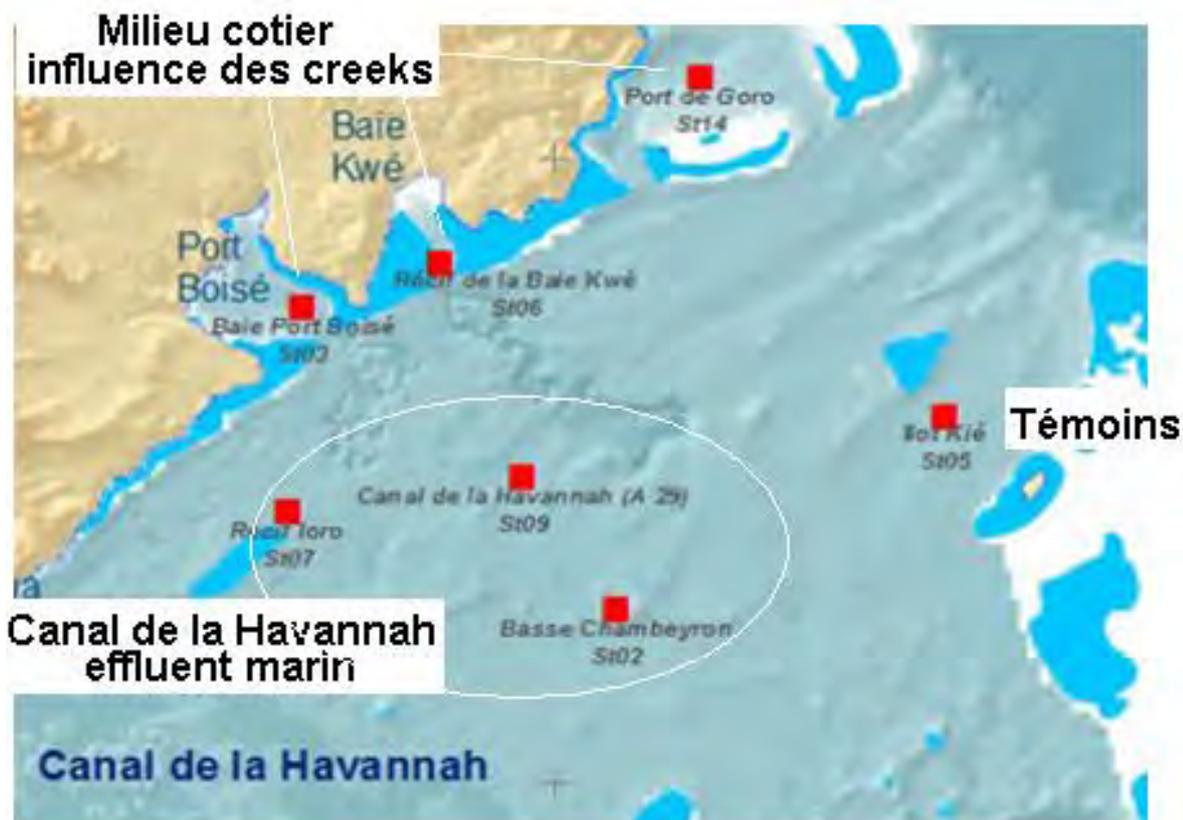
Stations en baie du Prony : St 15, St 16, St 18 et St 19

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

3.2.2.1. Contrôle QUALITE

Environ 10 % des échantillons ont été prélevés en triplicatas afin de vérifier la fidélité des mesures des métaux dissous (As, Cd, Co, Cr VI, Cr-total, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn).

Un duplicata a également été effectué sur ces échantillons afin de vérifier l'écart relatif de la mesure. Ces duplicatas ont été envoyés dans différents laboratoires, en fonction de la mesure à effectuer.

Pour l'As, Cd, Cr-total, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn, les échantillons ont été envoyés au laboratoire d'HydroScience (GPTR AETE) de l'Université de Montpellier, France.

Les analyses du Cr VI sont effectuées par le laboratoire du PPME (Pôle Pluridisciplinaire de la Matière et de l'Environnement) de l'Université de Nouvelle-Calédonie.

3.2.2.2. RESULTATS S2 /2015:

 ➤ **Éléments majeurs et le pH**

Comme lors des campagnes précédentes, les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) et le pH de l'eau de mer restent dans le même ordre de grandeur que lors de l'état des lieux et des campagnes précédentes (pH compris entre 8,21 et 8,25)

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

Tableau 12: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse. Campagne du second semestre 2015

Zone d'étude	Statistique	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	pH
Canal de la Havannah	Minimum	440	508	1344	11235	17120	2570	8,22
	Maximum	455	526	1391	11599	18782	3520	8,25
	Moyenne	450	520	1375	11436	17996	2986	8,24
	Ecart-type	4	5	12	86	473	240	0,01
	CV (%)	1	1	1	1	3	8	0
Baies Canal	Minimum	440	508	1347	11222	16632	2588	8,21
	Maximum	459	534	1403	11651	19669	2890	8,24
	Moyenne	450	521	1374	11431	18247	2676	8,23
	Ecart-type	7	10	22	172	1102	108	0,01
	CV (%)	2	2	2	2	6	4	0
Baie du Prony	Minimum	440	514	1360	11231	17196	2909	8,21
	Maximum	456	529	1400	11585	19920	3267	8,23
	Moyenne	450	520	1382	11437	18992	3145	8,22
	Ecart-type	5	5	13	110	717	115	0,01
	CV (%)	1	1	1	1	4	4	0
Ile Ouen	Minimum	446	518	1374	11328	18163	2965	8,22
	Maximum	456	526	1397	11546	20123	3292	8,23
	Moyenne	453	524	1390	11499	19000	3111	8,23
	Ecart-type	4	3	8	85	746	138	0,01
	CV (%)	1	1	1	1	4	4	0

CV : Coefficient de variation en pourcentage

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

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

Les données brutes sont communiquées en annexe de ce bilan .

 ➤ **Hydrocarbures:**

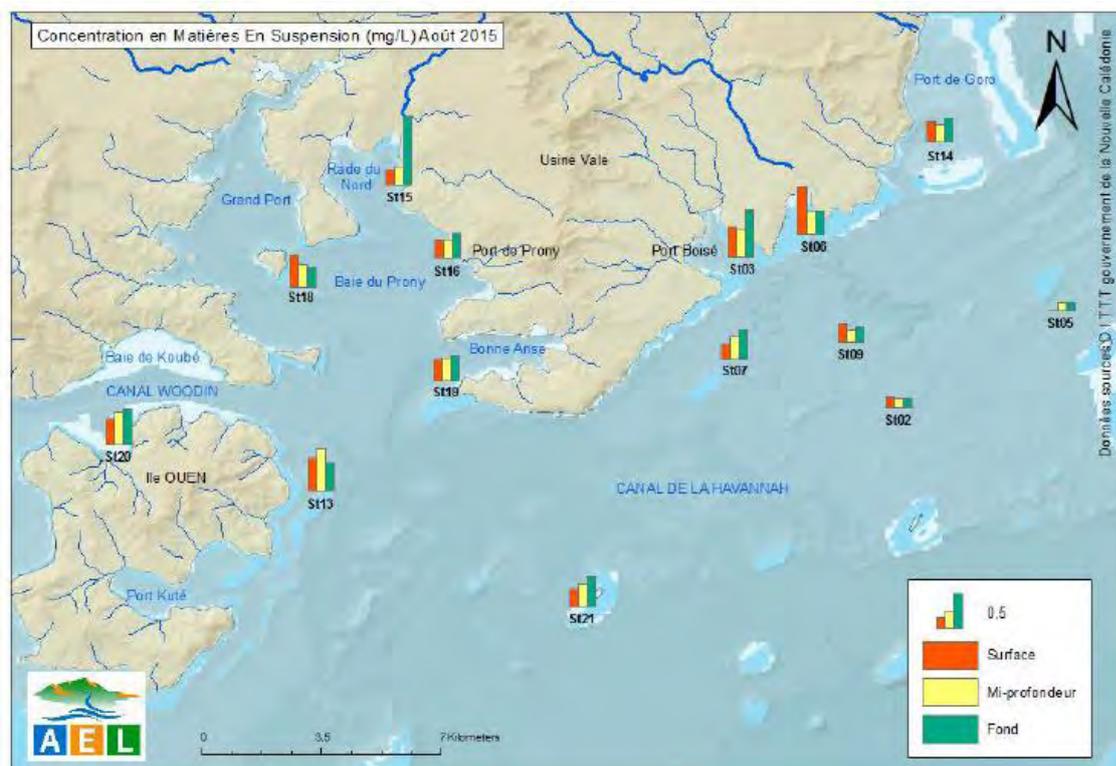
L'analyse des prélèvements des stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de quantification de la méthode (<0,09 mg/L)..

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

Les matières en suspension (MES) sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minéral ou organique, carbonatées ou non...). L'ensemble des concentrations en MES sur toutes les stations lors de la mission d'août 2015 est synthétisé sur la figure suivante et les données brutes sont en annexe.

- Remarquer la faible concentration en MES au port de Prony.
- Les concentrations de MES diffèrent entre les zones en fonction des apports terrigènes provenant des creeks permanents. En Baie Nord la forte concentration observée dans les eaux de fond de la station St15 correspond au creek baie Nord (MES : 1,00 mg/L)
- Les apports des baies de Port Boisé et de la Kwé sont également décelables avec les concentrations de MES dont les valeurs sont nettement corrélées aux profils de turbidité enregistrés à ces stations (St03 et St06) comme le montrent les courbes de turbidités en figure 22.
- Dans le Canal de la Havannah, influencé par les apports océaniques, la concentration moyenne est la plus faible. Les concentrations de MES mesurées dans cette zone corréleront également aux profils de turbidité enregistrés.

Figure 20 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en AOÛT 2015



Pour rappel les analyses de MARS 2015 sont présentées ci-dessous et montrent la variabilité des concentrations ponctuelles en MES. Les interprétations des relevés ponctuels en MES sont complexes, le suivi intégrateur des flux est privilégié par les experts.

Figure 21 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en MARS 2015

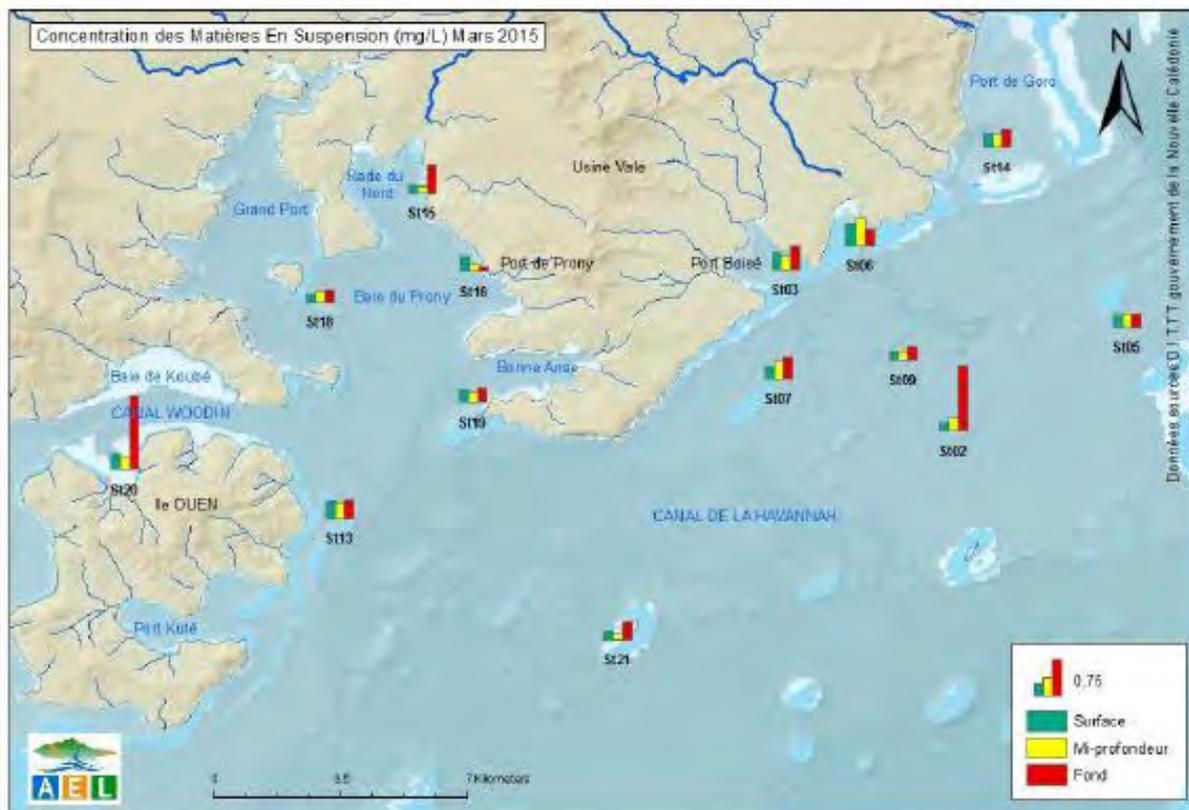
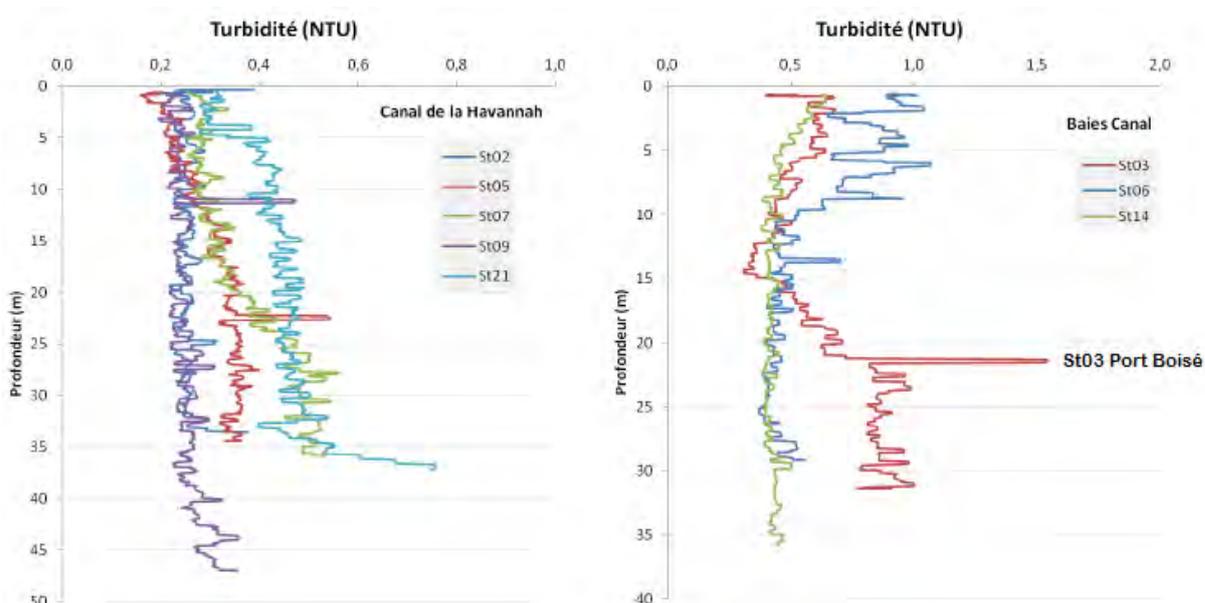
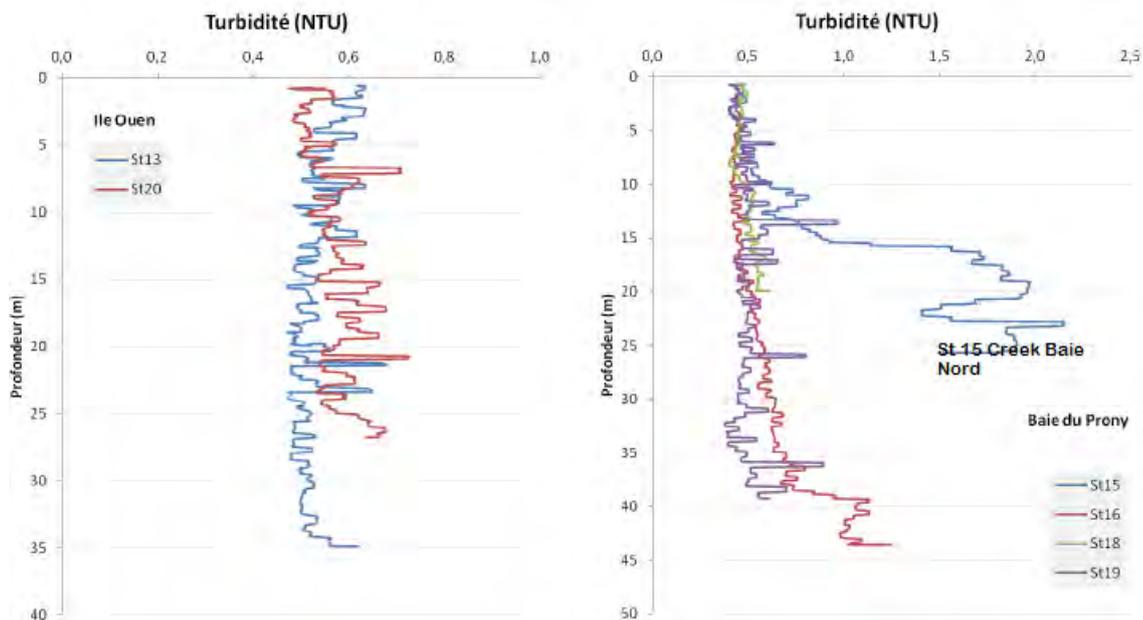


Figure 22 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle AOUT 2015





➤ **Structure de la masse d'eau : Profils de température, salinité, fluorescence et turbidité en fonction de la profondeur :**

Les résultats sont conformes aux valeurs attendues, sur toutes les stations. La caractérisation des stations sous influence terrigène et sous influence marine confirme les analyses des années précédentes et les études en courantologie et modélisation.



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

Tableau 13 : Température, salinité turbidité et fluorescence Aout 2015

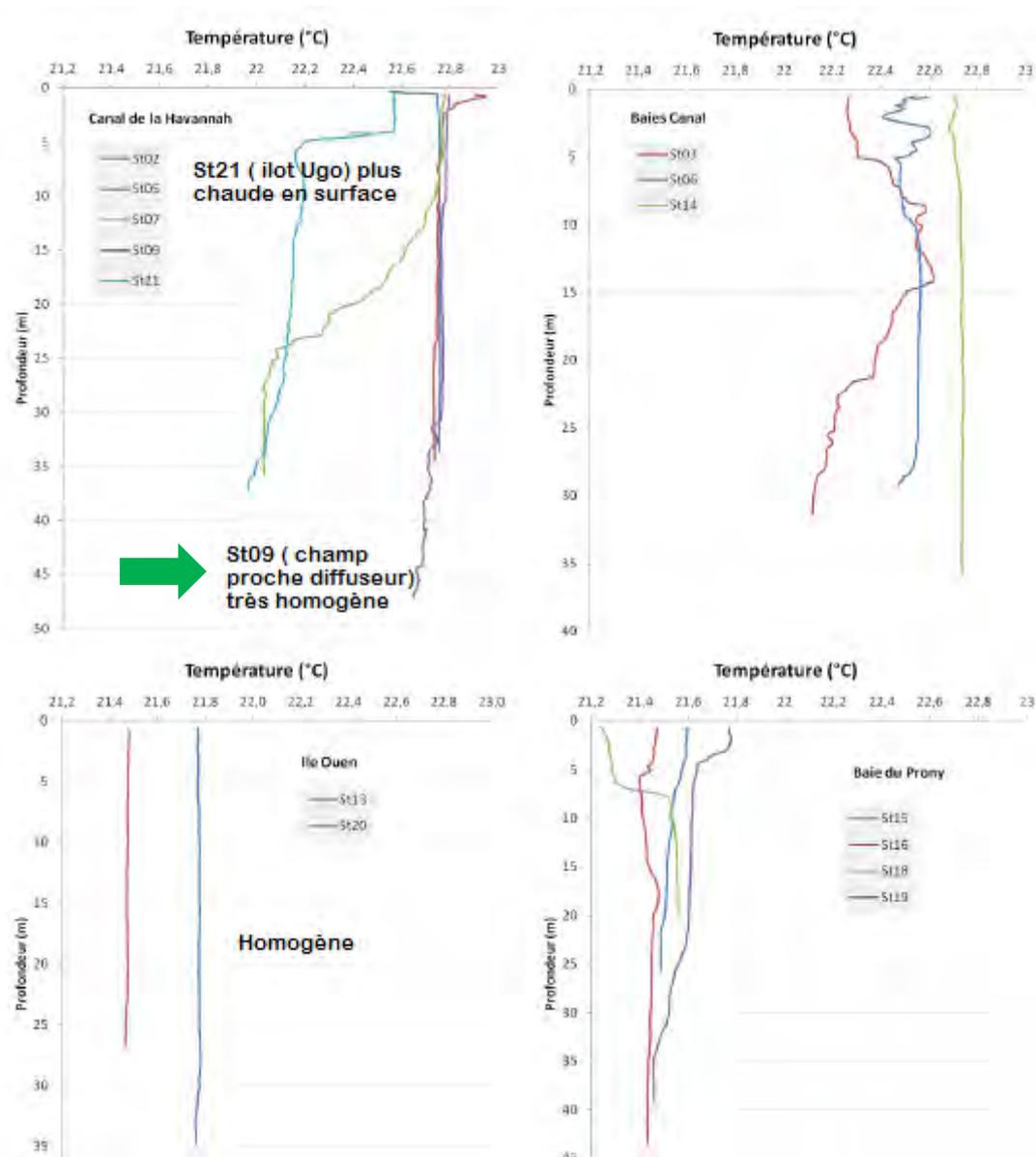
Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)
Canal de la Havannah	Minimum	21,96	35,35	0,16	0,19
	Maximum	22,95	35,65	0,54	0,76
	Moyenne	22,57	35,53	0,35	0,31
	Ecart-type	0,26	0,03	0,04	0,09
	CV (%)	1	0	12	29
Baies Canal	Minimum	22,12	35,04	0,03	0,30
	Maximum	22,74	35,58	0,85	1,54
	Moyenne	22,54	35,43	0,36	0,57
	Ecart-type	0,19	0,01	0,10	0,10
	CV (%)	1	0	27	17
Baie du Prony	Minimum	21,23	35,29	0,07	0,37
	Maximum	21,78	35,64	0,67	2,15
	Moyenne	21,50	35,58	0,37	0,63
	Ecart-type	0,07	0,05	0,07	0,23
	CV (%)	0	0	19	36
Ile Ouen	Minimum	21,46	35,60	0,24	0,47
	Maximum	21,78	35,66	0,45	0,73
	Moyenne	21,62	35,64	0,36	0,55
	Ecart-type	0,21	0,02	0,03	0,02
	CV (%)	1	0	8	4

CV : Coefficient de variation en pourcentage.

○ **La température :**

Les profils obtenus par les sondes sont présentés ci-dessous

Figure 23 : Profils de température en AOÛT 2014



Les moyennes mesurées dans le Canal de la Havannah et ses baies lors de cette campagne sont légèrement plus élevées que celles obtenues l'année précédente (Août 2014 = $22,16 \pm 0,21$ et $21,81 \pm 0,07$ °C, respectivement) alors que celles mesurées dans la Baie du Prony et aux stations de l'île Ouen entre les deux campagnes sont quasiment similaires (Août 2014 = $21,67 \pm 0,19$ et $21,73 \pm 0,29$ °C, respectivement).

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

○ **La salinité :**

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

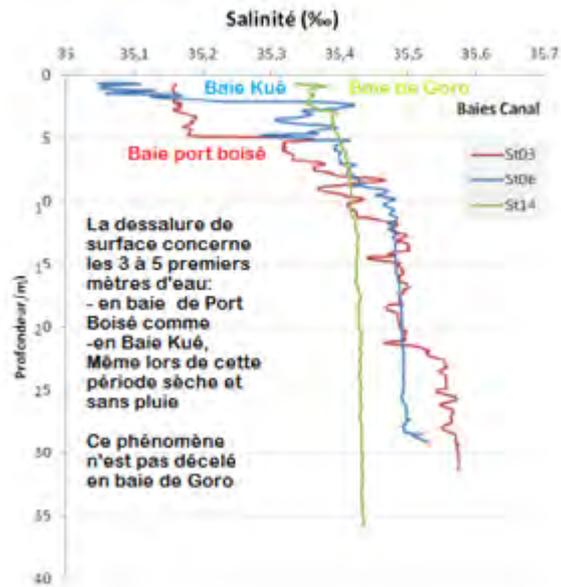
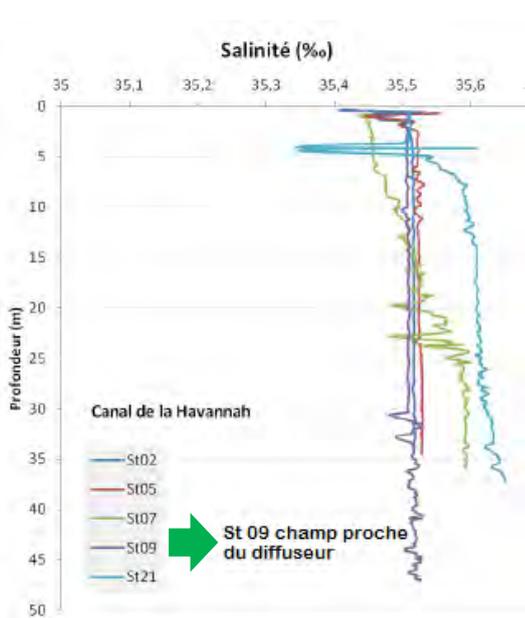
Le rejet d'effluent traité n'est aucunement perceptible sur la salinité, comme prévu. (Cf. courbe St 09)



Figure 24 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de AOUT 2015.

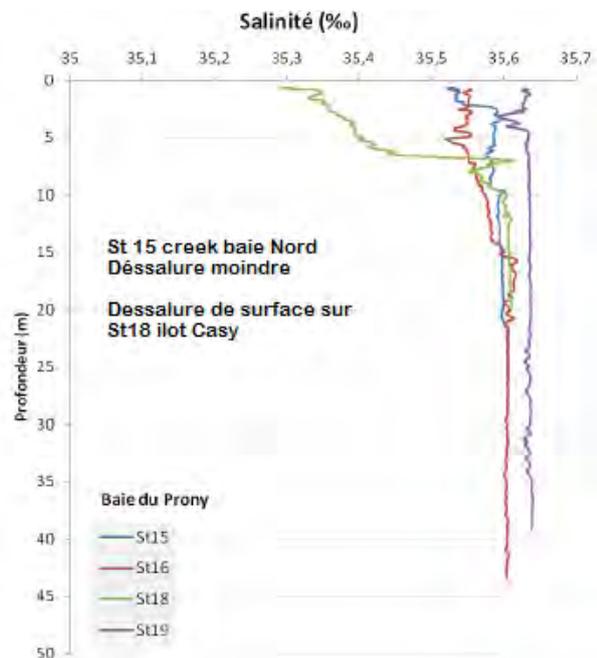
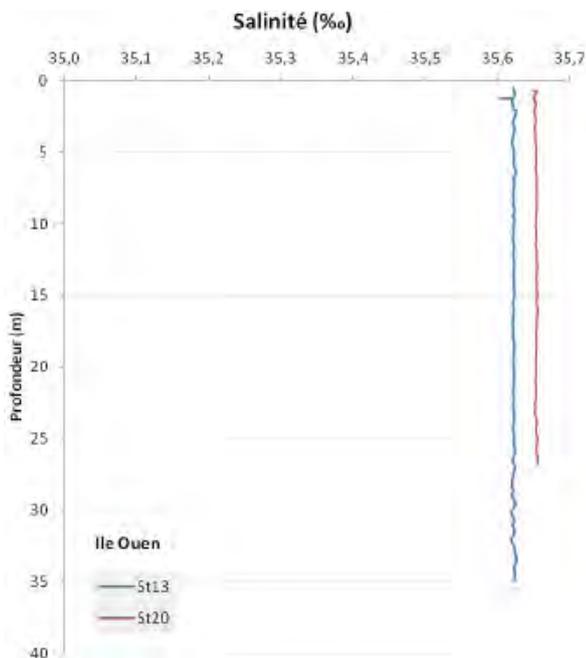
Stations sous influence océanique

Station des baies Nord du canal



Ile Ouen

Stations Baie du Prony



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

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 cohérente avec l'état initial du milieu. L'utilisation simple de disque de SECCHI est envisagée.

○ **La fluorescence :**

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

(Résultats intégraux en annexe de ce document)

○ **L'Oxygène dissous**

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

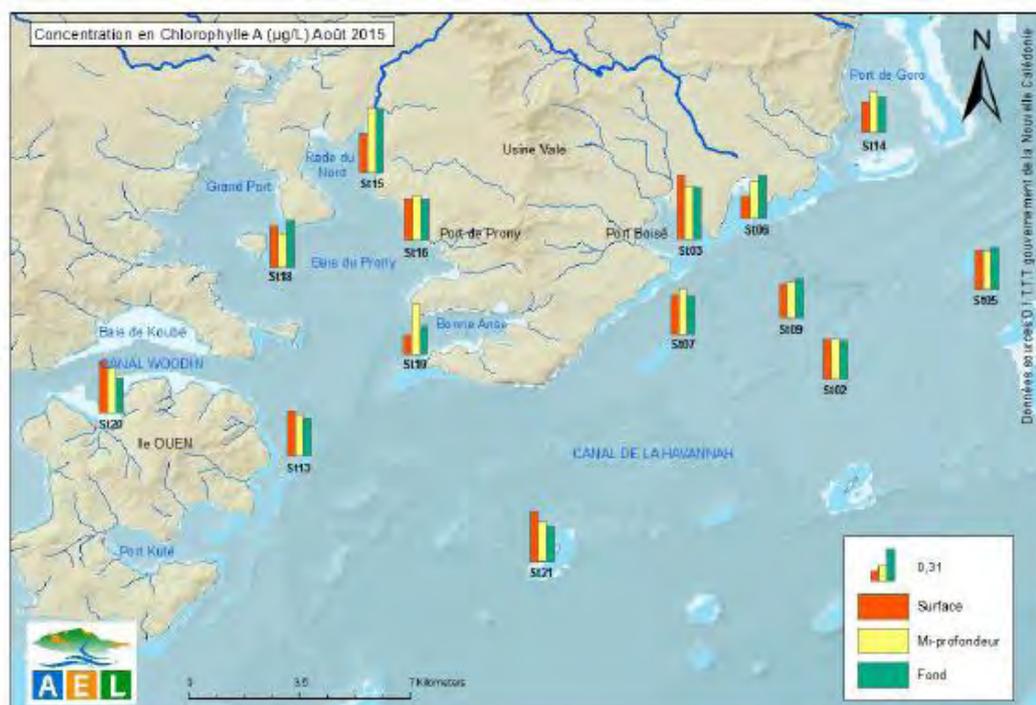
➤ **Chlorophylle « a » et phéo-pigments :**

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

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

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

Figure 25 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de AOÛT 2015 .



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

Les sels minéraux sont suivis avec attention, aucune eutrophisation n'a été 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).



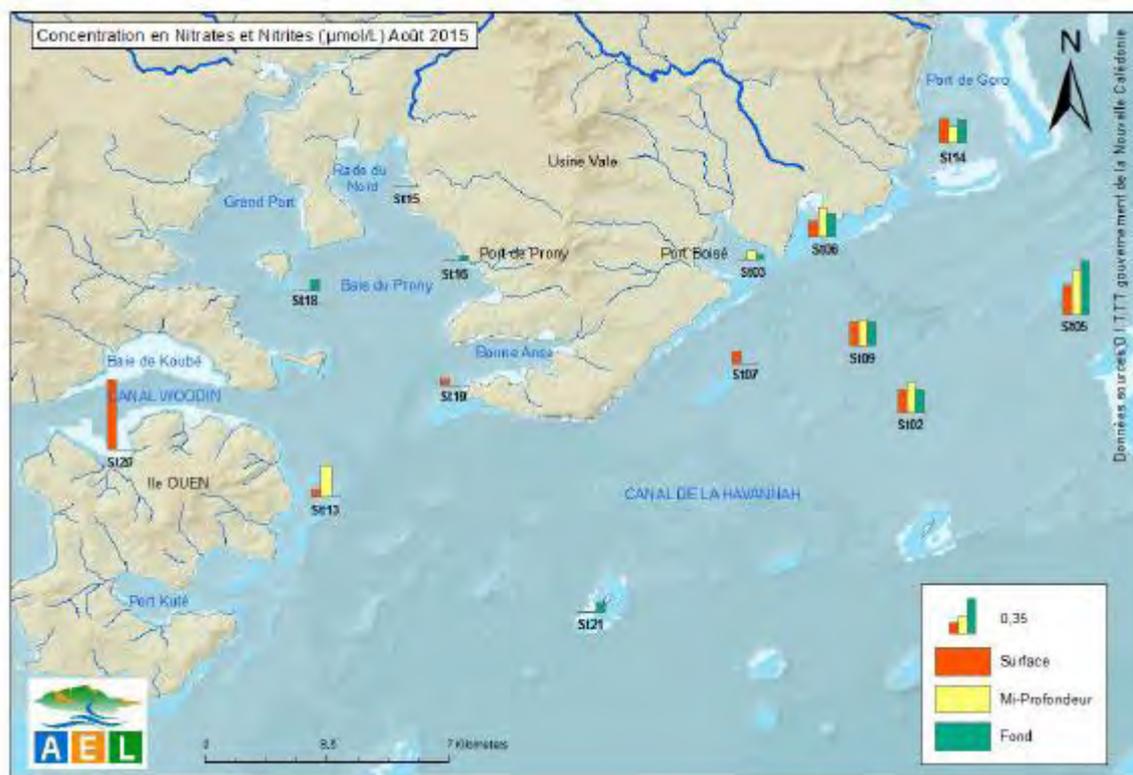
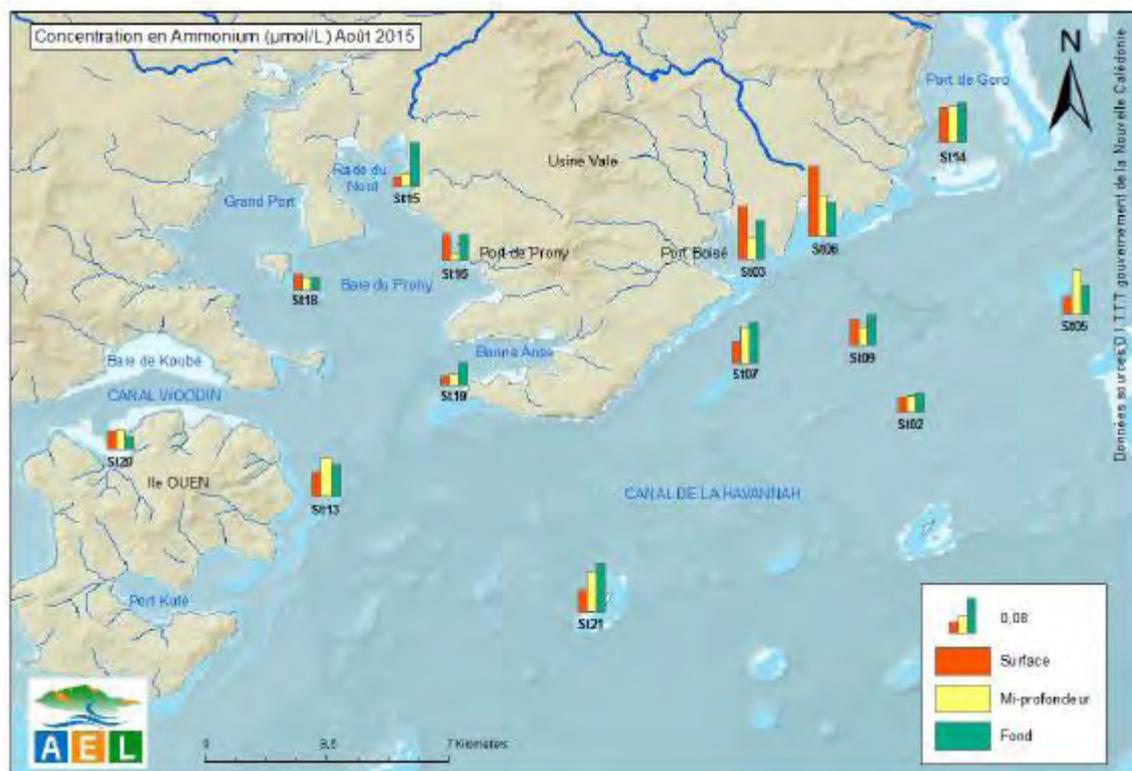
La valeur maximale de NO₃+NO₂ a été obtenue dans les eaux de surface de la station St20 (Nord île Ouen, hors zone d'influence de Vale NC) et s'élève à 0,691 µmol/L

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

Tableau 14 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en AOUT 2015

Zone d'étude	Statistique	NO ₃ +NO ₂ (µmol/L)	NH ₄ (µmol/L)	PO ₄ (µmol/L)	SiO ₄ (µmol/L)
Canal de la Havannah	Minimum	<0,050	0,036	0,051	0,99
	Maximum	0,529	0,111	0,112	1,67
	Moyenne	0,205	0,065	0,071	1,20
	Ecart-type	0,154	0,025	0,020	0,19
	CV (%)	75	39	28	16
Baie Canal	Minimum	<0,050	0,051	0,038	1,31
	Maximum	0,296	0,161	0,096	4,13
	Moyenne	0,159	0,095	0,069	2,08
	Ecart-type	0,097	0,031	0,018	1,02
	CV (%)	61	33	26	49
Baie du Prony	Minimum	<0,050	0,018	0,074	1,88
	Maximum	0,105	0,099	0,156	4,46
	Moyenne	0,027	0,040	0,106	2,89
	Ecart-type	0,035	0,024	0,021	0,71
	CV (%)	130	60	20	25
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,031	0,102	1,55
	Maximum	0,691	0,089	0,139	2,10
	Moyenne	0,183	0,055	0,116	1,82
	Ecart-type	0,274	0,022	0,013	0,24
	CV (%)	150	40	11	13

CV : Coefficient de variation en pourcentage.

Figure 26 : Répartition spatiale des concentrations en nitrates + nitrites. AOÛT 2015

Figure 27 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. AOÛT 2015


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

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

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

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

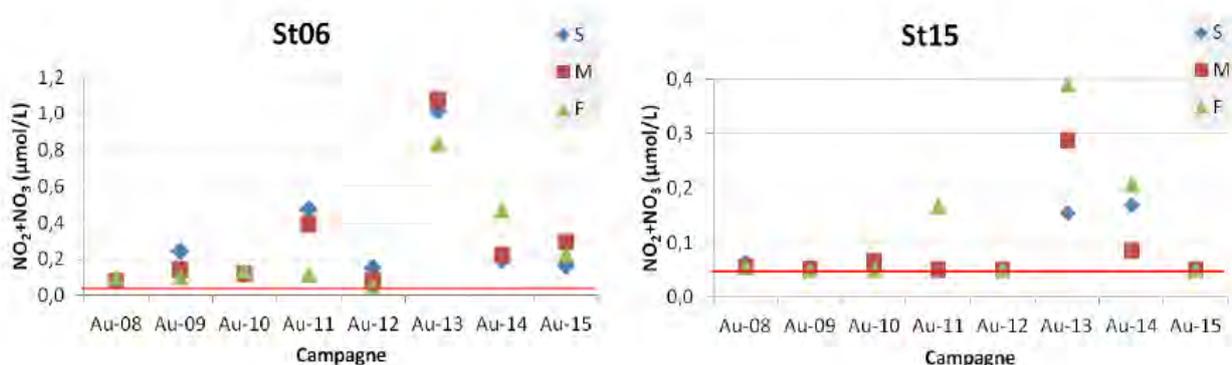


➤ **Carbone, azote et phosphore organiques : NOD, POD, NOP, POP et COP** (selon s'ils sont dissous ou particulaires, la distinction entre la matière dissoute et la matière particulaire étant généralement située à la limite de 0,45 µm.)

Aucune distribution ni anomalie particulières ne sont observées au cours de cette mission d'août 2015, l'évolution temporelle en sels minéraux sur les stations cibles les plus sensibles est présentée ci-dessous.

Figure 28 : Evolution temporelle des concentration en sels minéraux (nitrates et nitrites) au fil des campagnes de prélèvements sur 2 stations où il est important de les surveiller : St15 (baie du Prony, Creek baie Nord) et St06 (dans la baie Kué).

En surface, en couche intermédiaire et au fond.



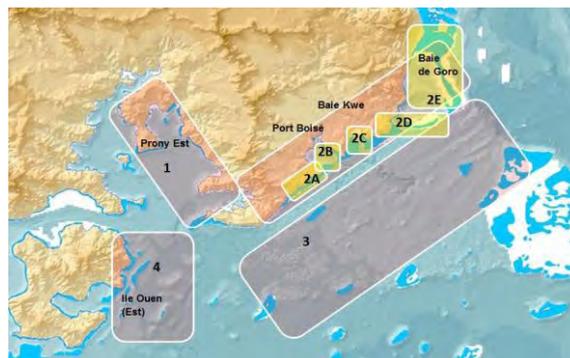
La ligne rouge est la limite de quantification (0,050 µMole/L)

Les fortes précipitations de la saison fraiche d'août 2013 sont nettement discernables, elles ont enrichie les eaux côtières en composés organiques minéralisables en sels nutritifs.

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

➤ Concentration en métaux :

Tel qu'observé lors des campagnes précédentes et lors des états initiaux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient 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 définir des hydro régions depuis 2009, elles sont rappelées ici dessus et les analyses semestrielles de la qualité de l'eau concordent avec ces domaines respectifs.

AOÛT 2015

Au niveau du cuivre et du zinc

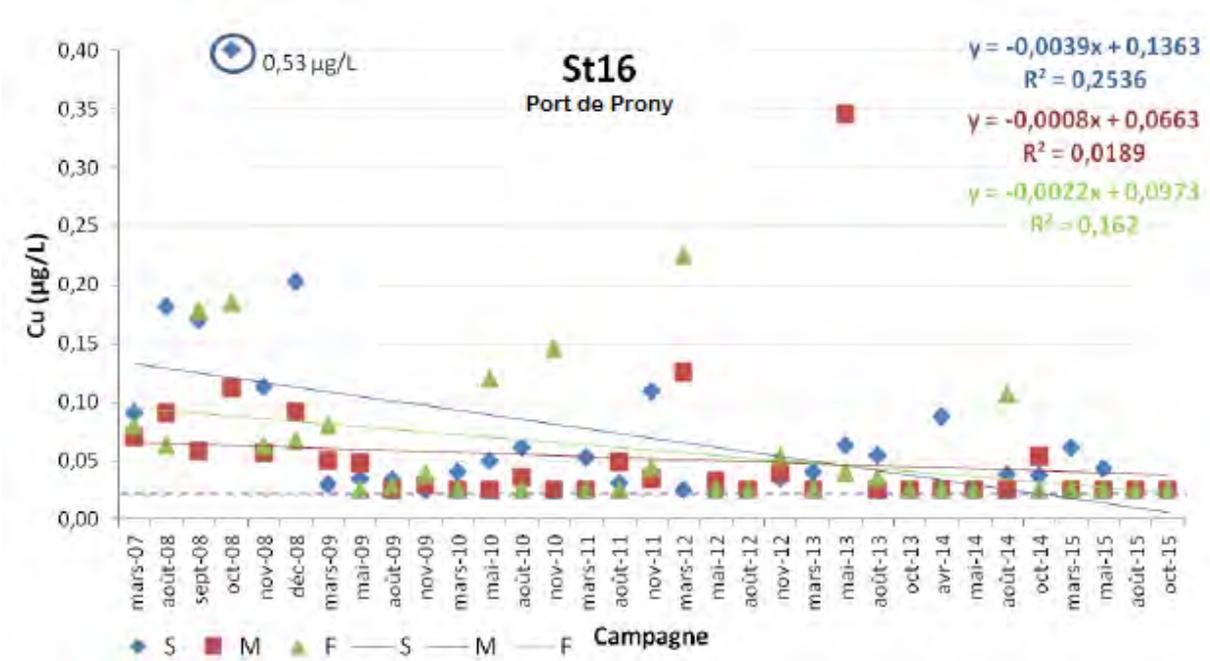
Ce sont des marqueurs d'activités urbaines (ou portuaires), au port de Prony leur évolution spatiale est suivie avec attention.

Tableau 15 : Concentration en Cu et Zn au port de Prony lors des échantillonnages 2015

Campagne	Station St16		
	Niveau	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)
Mars 2015	S	0,061	<1,000
	M	<0,025	<1,000
	F	<0,025	<1,000
Mai 2015	S	0,043	<1,000
	M	<0,025	<1,000
	F	<0,025	<1,000
Août 2015	S	<0,025	<1,000
	M	<0,025	<1,000
	F	<0,025	<1,000
Octobre 2015	S	<0,025	<1,000
	M	<0,025	<1,000
	F	<0,025	<1,000

L'analyse temporelle des concentrations en Cu et en Zn au niveau de la station St16 du port de Prony, toutes saisons confondues depuis août 2007, donne le graphe suivant.

Figure 29 : Concentration en Cu mesurées à 3 profondeurs (station St 16 du port) depuis 2007
Le trait pointillé indique la limite de quantification



Le Zn est en dessous de la limite de quantification (< 1µg/L)

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



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

Les concentrations aux stations influencées par les apports terrigènes mettent en évidence une distribution verticale prononcée dues aux eaux douces de surface. Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexa-valent (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 (mais pas le Fer) qui sont des indicateurs terrigènes du contexte géologique de la région.

Les stations du canal de la Havannah sous influence océanique (St02, St05, St07, St09 et St21) se différencient nettement des stations de baies influencées par les apports terrigènes (St03, St06, St15, St16, St18 et St19).

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

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

Tableau 16 : Concentration en métaux dissous en microgrammes/L. AOUT 2015.

Zone d'étude	Statistique	As (µg/L)	Cr ^{VI} (µg/L)	Cr-total (µg/L)	Co (µg/L)
août 2015,	Minimum	<1,00	0,058	0,130	<0,027
	Maximum	2,60	0,129	0,230	<0,027
Canal de la Havannah	Moyenne	2,06	0,098	0,155	<0,027
	Ecart-type	0,33	0,022	0,026	NA
	CV (%)	16	23	17	NA
Baie Canal	Minimum	1,45	0,100	0,144	<0,027
	Maximum	3,60	0,227	0,263	0,069
	Moyenne	2,24	0,148	0,179	<0,027
	Ecart-type	0,65	0,038	0,042	NA
	CV (%)	29	26	23	NA
Baie du Prony	Minimum	1,40	0,102	0,136	<0,027
	Maximum	3,00	0,217	0,226	0,045
	Moyenne	2,34	0,146	0,175	<0,027
	Ecart-type	0,54	0,029	0,023	NA
	CV (%)	23	20	13	NA
Ile Ouen	Minimum	1,50	0,104	0,134	<0,027
	Maximum	2,80	0,137	0,165	<0,027
	Moyenne	1,63	0,120	0,153	<0,027
	Ecart-type	0,53	0,013	0,013	NA
	CV (%)	29	11	8	NA

CV : Coefficient de variation en pourcentage ; NA : valeur non attribuée.

Zone d'étude	Statistique	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	-0,068	-0,028	0,045
	Maximum	0,106	0,067	0,363
	Moyenne	-0,068	0,028	0,099
	Ecart-type	NA	0,022	0,081
	CV (%)	NA	80	82
Baie Canal	Minimum	-0,068	0,038	0,091
	Maximum	0,110	0,352	0,458
	Moyenne	-0,068	0,126	0,213
	Ecart-type	NA	0,102	0,140
	CV (%)	NA	81	66
Baie du Prony	Minimum	-0,068	-0,028	0,105
	Maximum	-0,068	0,190	0,321
	Moyenne	-0,068	0,113	0,219
	Ecart-type	NA	0,044	0,060
	CV (%)	NA	39	27
Ile Ouen	Minimum	-0,068	0,054	0,114
	Maximum	0,095	0,151	0,215
	Moyenne	-0,068	0,097	0,173
	Ecart-type	NA	0,035	0,045
	CV (%)	NA	36	26

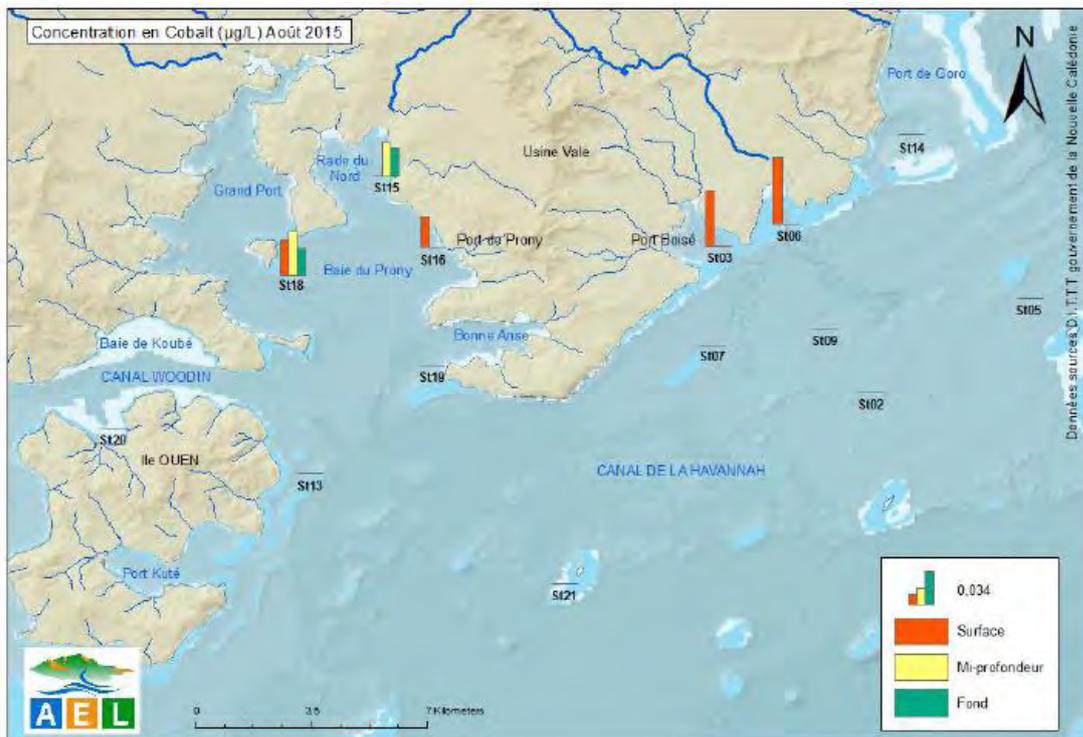
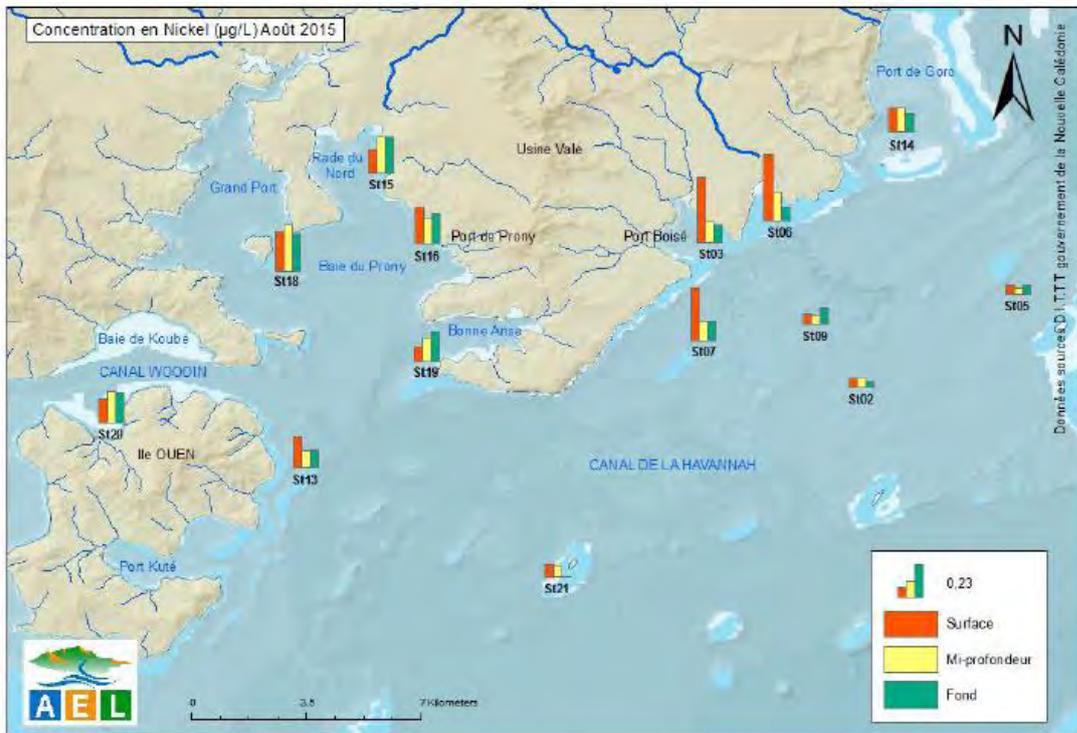
CV : Coefficient de variation en pourcentage ; NA : valeur non attribuée.

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



Figure 30 : Concentrations en Ni et Co en sur toutes les stations en AOÛT 2015

Remarquer le « parallélisme des deux stations : Baie Kué (St 06) et Port Boisé (St03), la station à suivre et son homologue)

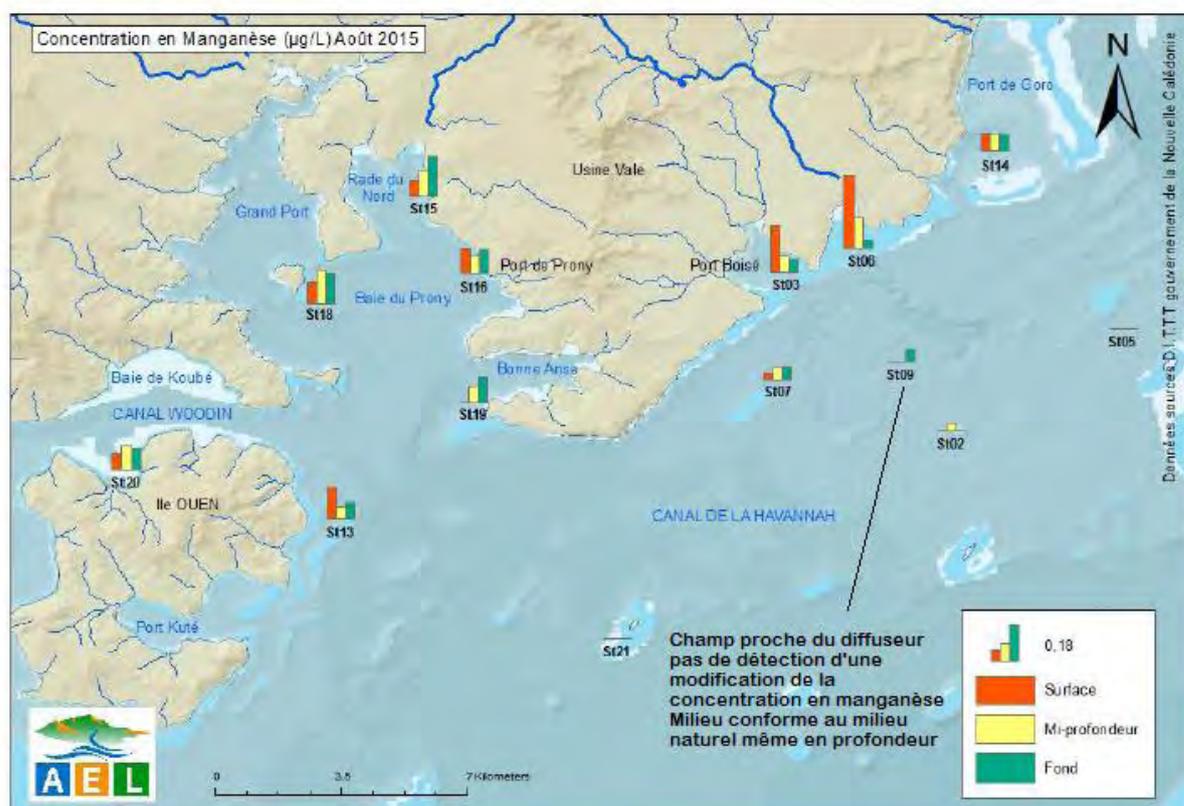


Co et Ni sont des marqueurs qui signent les apports en eaux de surface, en baie de Port boisé (qui n' est pas sous l'influence de la mine VNC) comme en baie Kué (sous influence de la mine VNC) tout comme en baie du Prony. Les concentrations en Ni et Co dans le canal sont très faibles, comme attendu en raison de l'influence marine qui domine dans le canal et du rabattement des eaux côtières par la barrière hydrodynamique du canal.

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

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

Figure 31 : Concentrations en Mn sur toutes les stations AOUT 2015



Les stations St03 et St 06 de Port Boisé et de la baie Kué ont des caractéristiques très similaires à l'égard de la composition et de la structure de leurs masses d' eau, la couche d'eau dessalée de surface identifiée par la sonde (sur 3 à 5 m d'épaisseur) est due aux creeks et rivières permanents qui coulent même en saison sèche, cette couche présente les concentrations maximales en métaux indicateurs terrigènes (Ni, Co, Cr, Mn). De même en baie du Prony mais le débit moindre du creek de la Baie Nord montre une eau de surface moins caractéristique (station St15).

Par contre, à l'îlot Casy (St18) ou une veine d'eau dessalée a été captée par la sonde, celle-ci présente bien le cortège des mêmes indicateurs terrigènes Ni, Co, Cr et Mn.

Les concentrations en Fer, quant à elles, sont souvent en dessous de la limite de quantification (0,068µg/L) (saison peu pluvieuse)

Figure 32 : Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en AOUT 2015

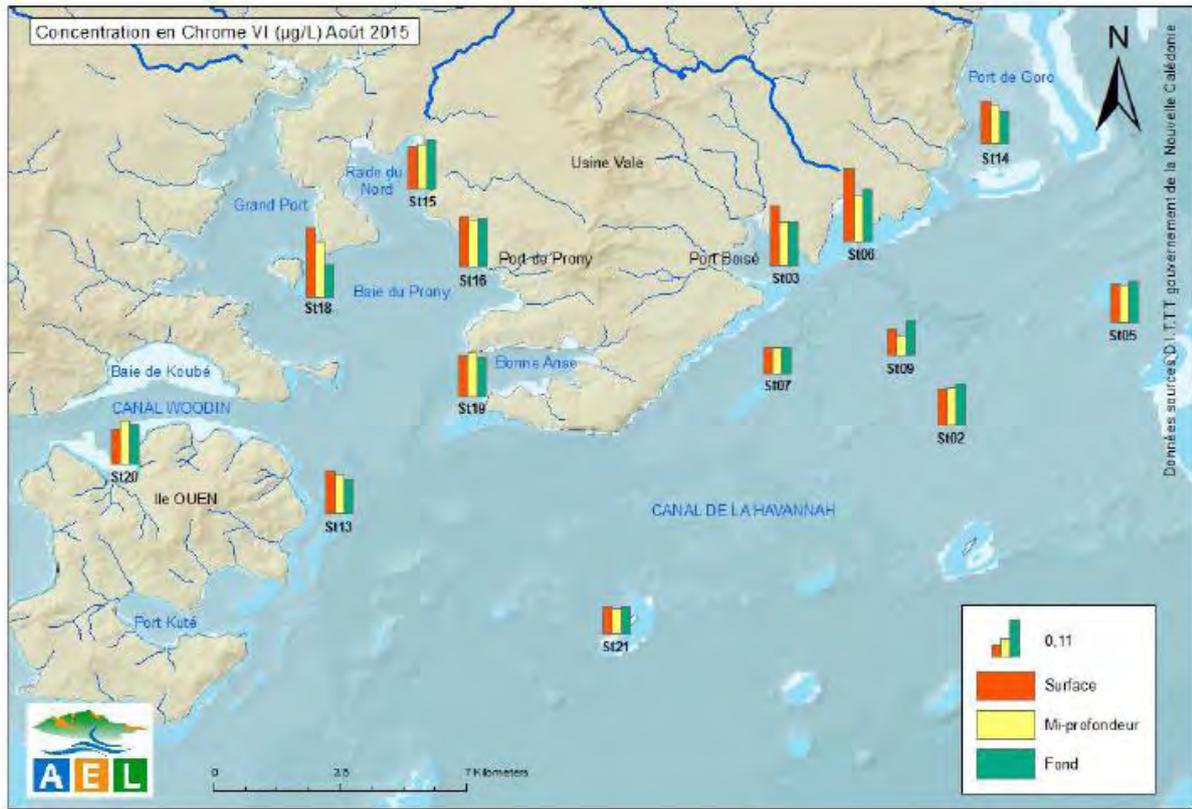


Figure 33 : Concentrations en Cr Total sur tous les stations en AOUT 2015

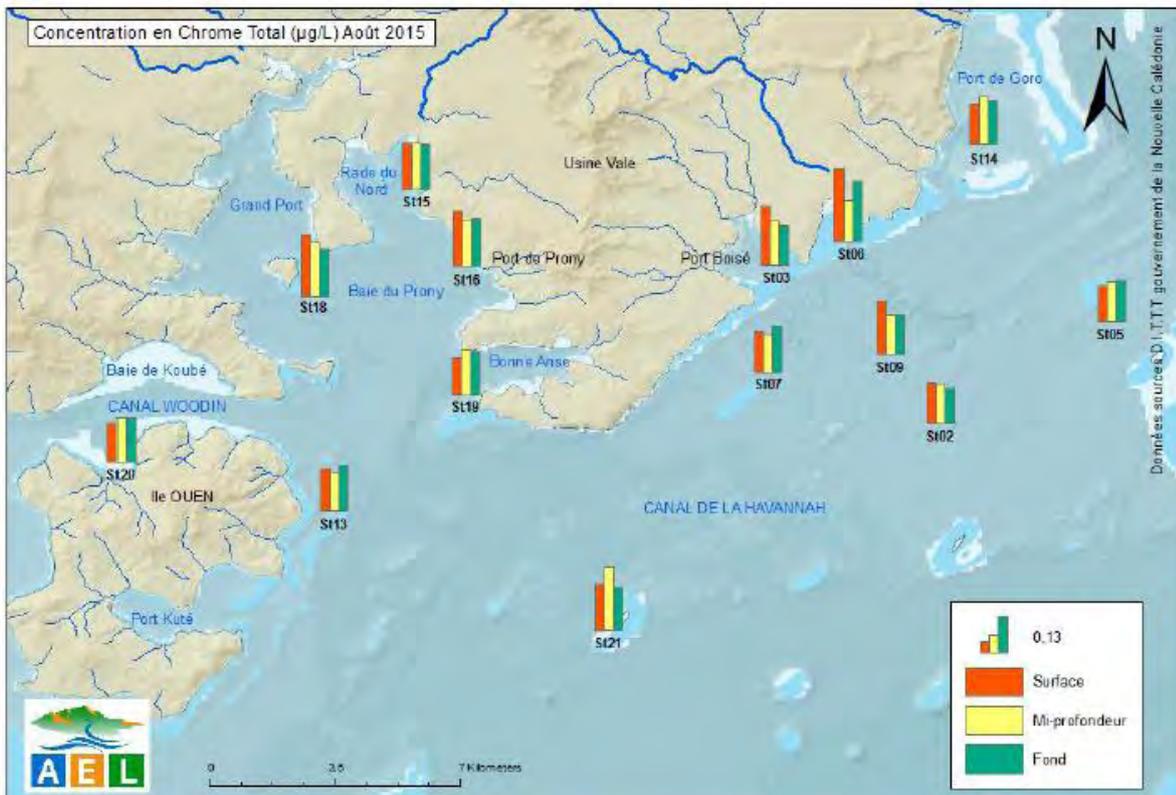
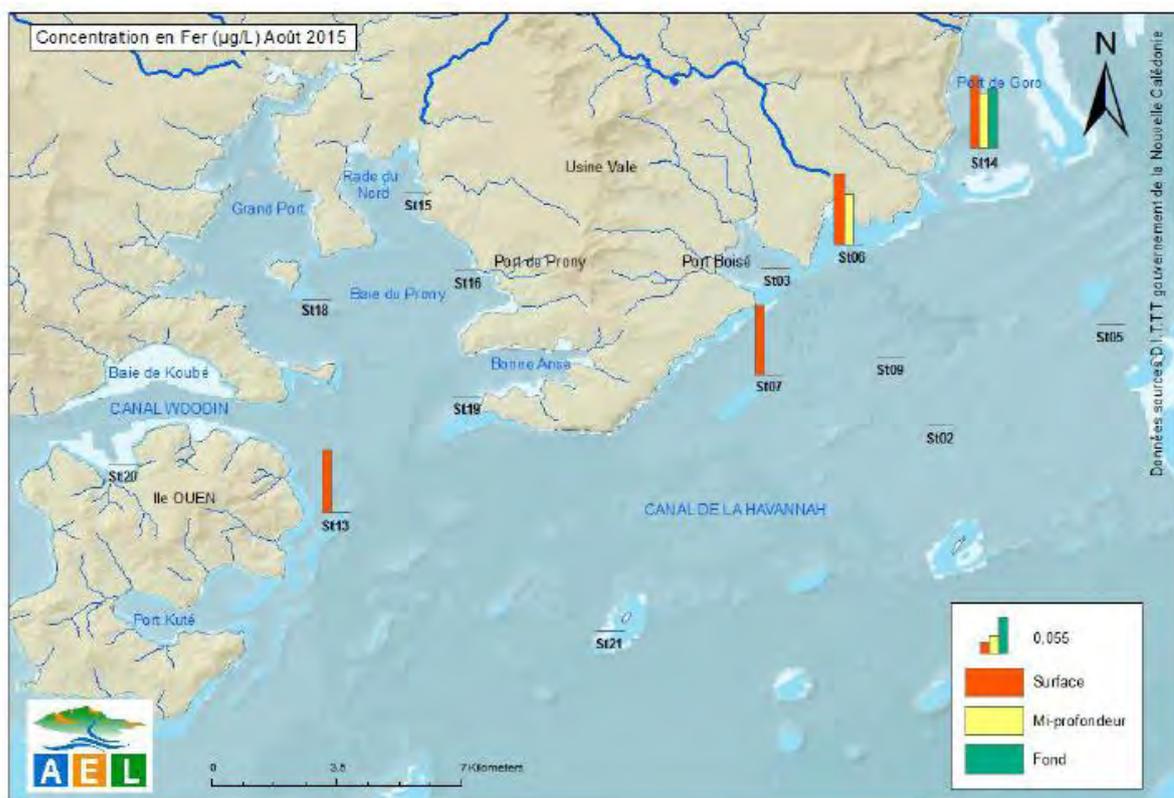


Figure 31 : Concentrations en Fer sur toutes les stations AOÛT 2015



Remarque : Les suivis avec des indicateurs intégrateurs sont à coupler avec ces données ponctuelles, ←

Le chapitre suivant est important 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 qui peuvent être très intenses sous les tropiques.

3.2.2.3. Analyse temporelle des fluctuations des paramètres

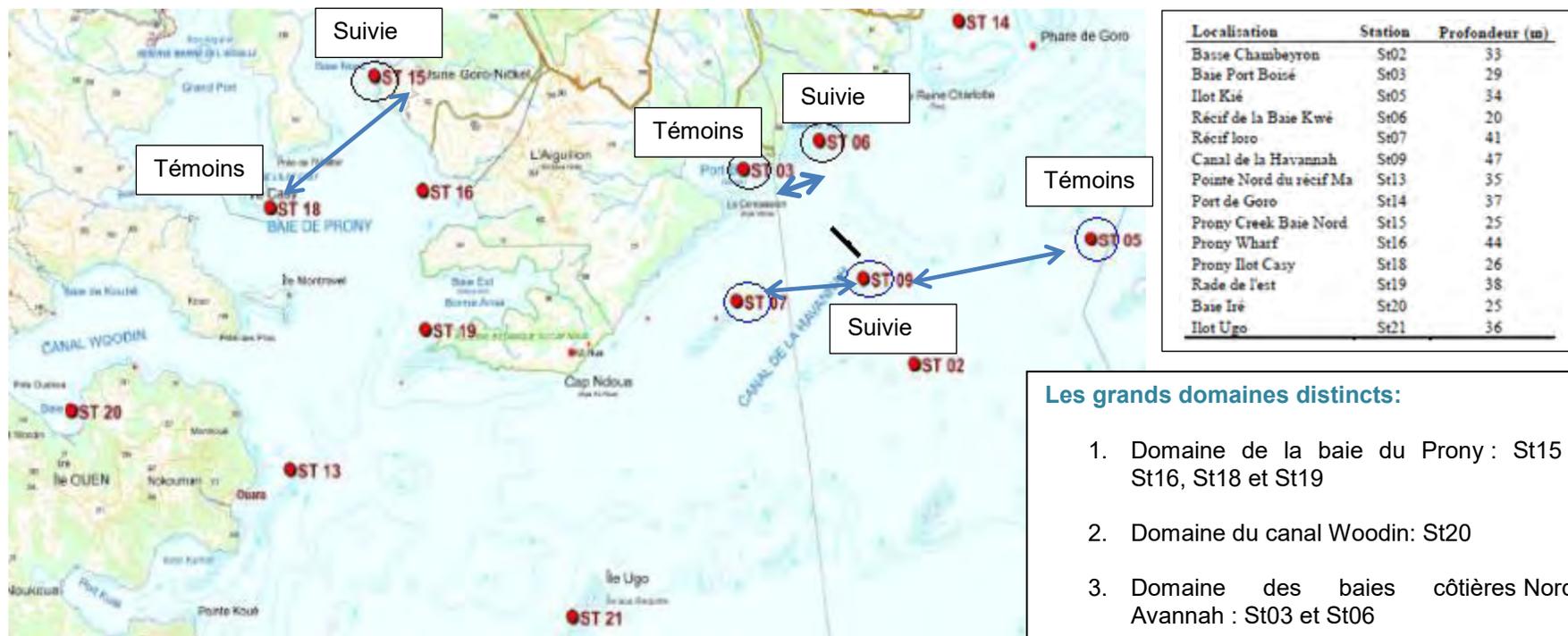
Les stations sentinelles présentées ici pour cette analyse temporelles sont :

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



Si possible allant par paires avec 1 station sous influence VNC et son homologue hors influence
Méthode BACI (B2fore/After & Impact /Control)

Figure 34: Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies



- Les grands domaines distincts:**
1. Domaine de la baie du Prony : St15 ; St16, St18 et St19
 2. Domaine du canal Woodin: St20
 3. Domaine des baies côtières 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 2015

Sur des stations selectionnées comme sentinelles et si possible allant de pair : station sous influence Vale NC et son homologue hors influence (Méthode de suivi : *Impact/Control* qui, couplée au suivi temporel de la station sentinelle surveillée : *Before/After*, conduit à une **stratégie BACI**)

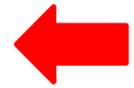
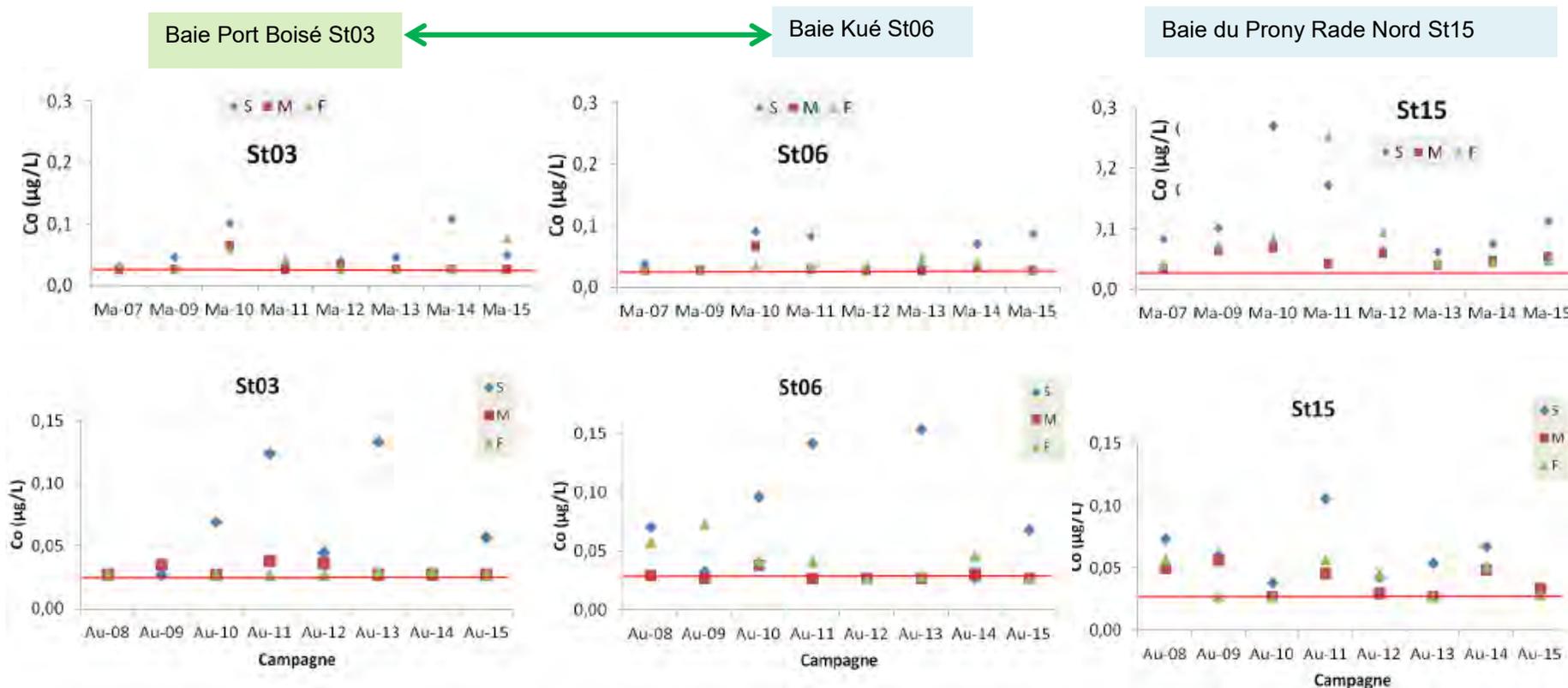


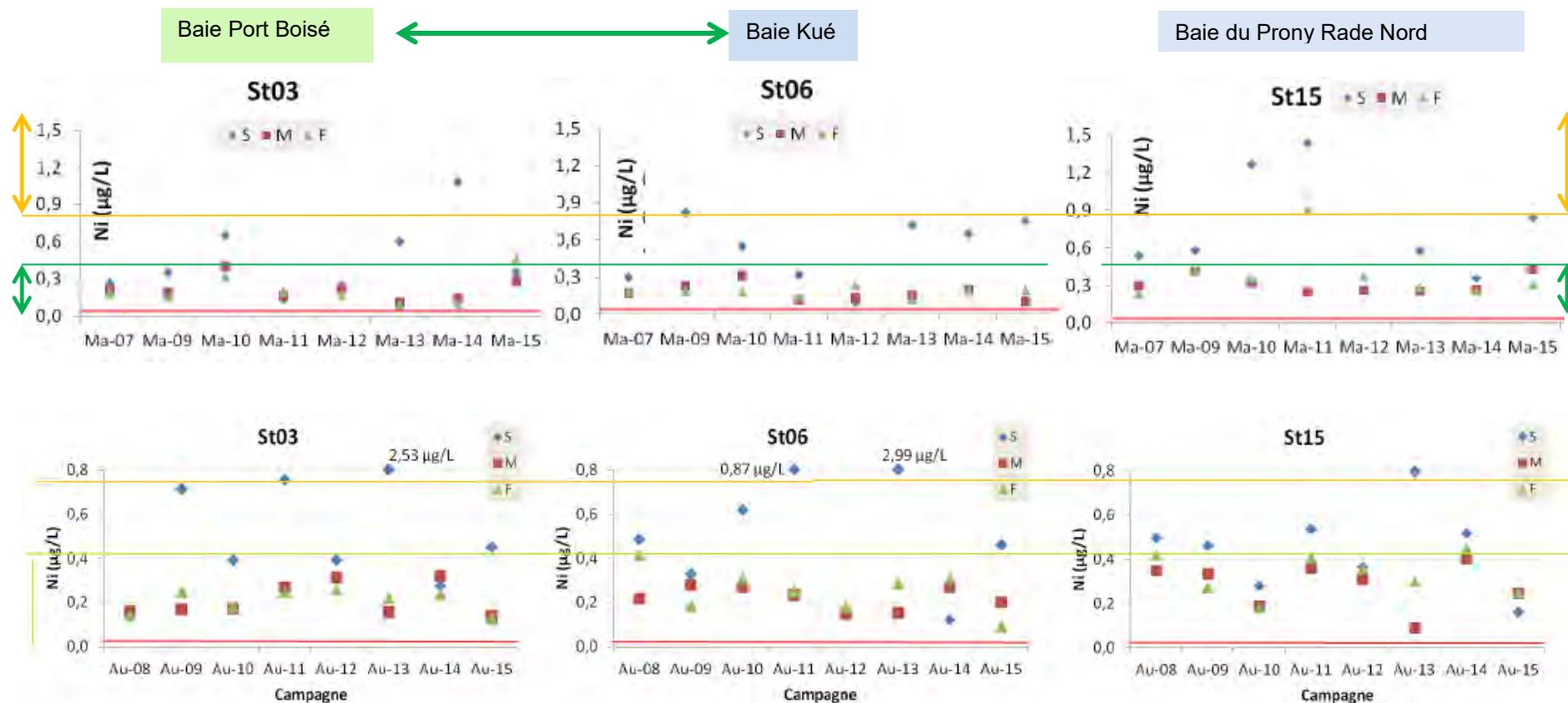
Figure 35 : Evolution des concentrations en Cobalt (Co) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)

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



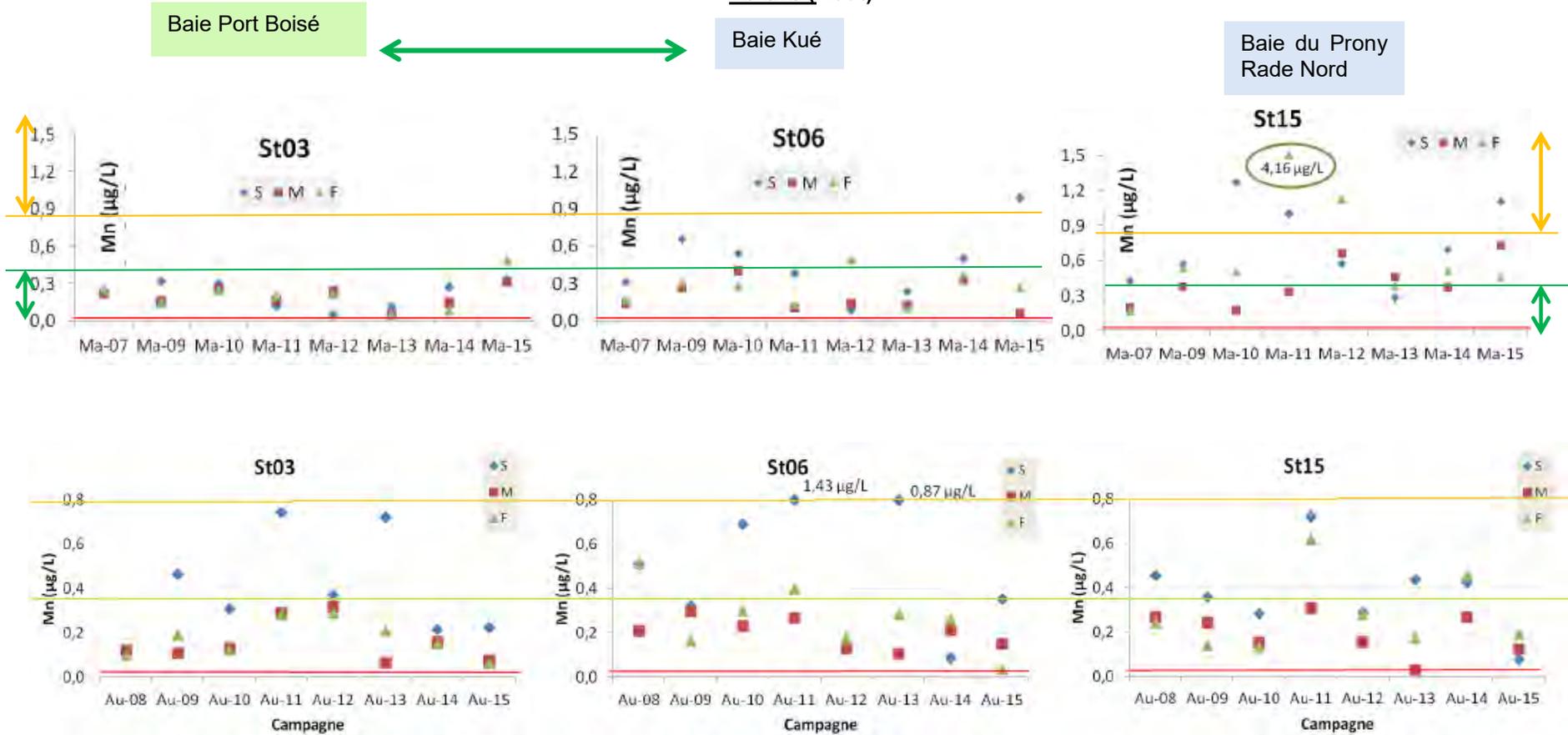
Le trait rouge représente la limite de quantification de cet élément.

Figure 36 : Evolution des concentrations en Nickel (Ni) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)



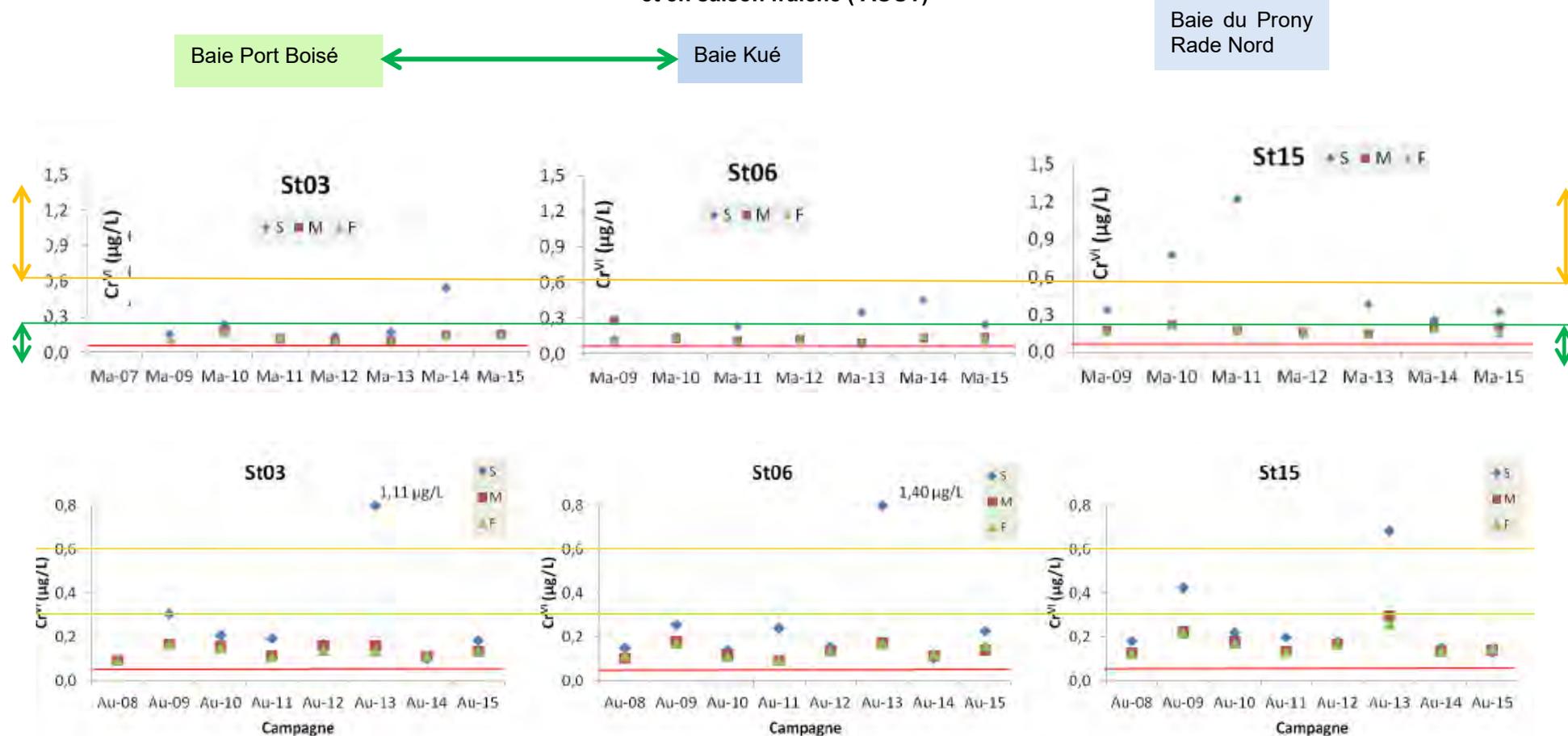
Le trait rouge représente la limite de quantification pour cet élément. A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité de milieu non perturbé et en orange la concentration indiquant une perturbation si valeur supérieure (anthropique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

Figure 37 : Evolution des concentrations en **Manganèse (Mn)** aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS) et en saison fraîche (Aout)



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

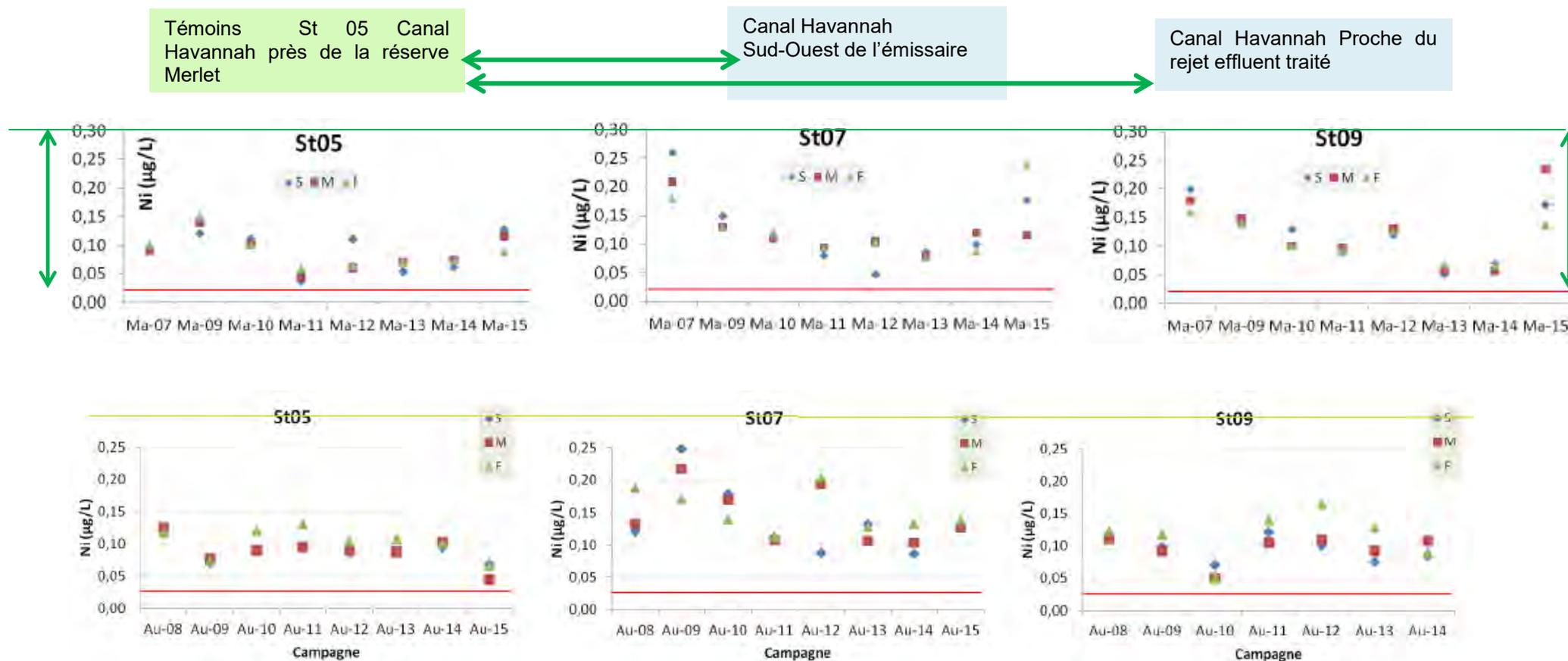
Figure 38 : Evolution des concentrations en Chrome hexavalent (Cr VI) aux stations sentinelles entre 2008 et 2015 en saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)



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

Figure 39 : Evolution des concentration en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2015 – Saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)

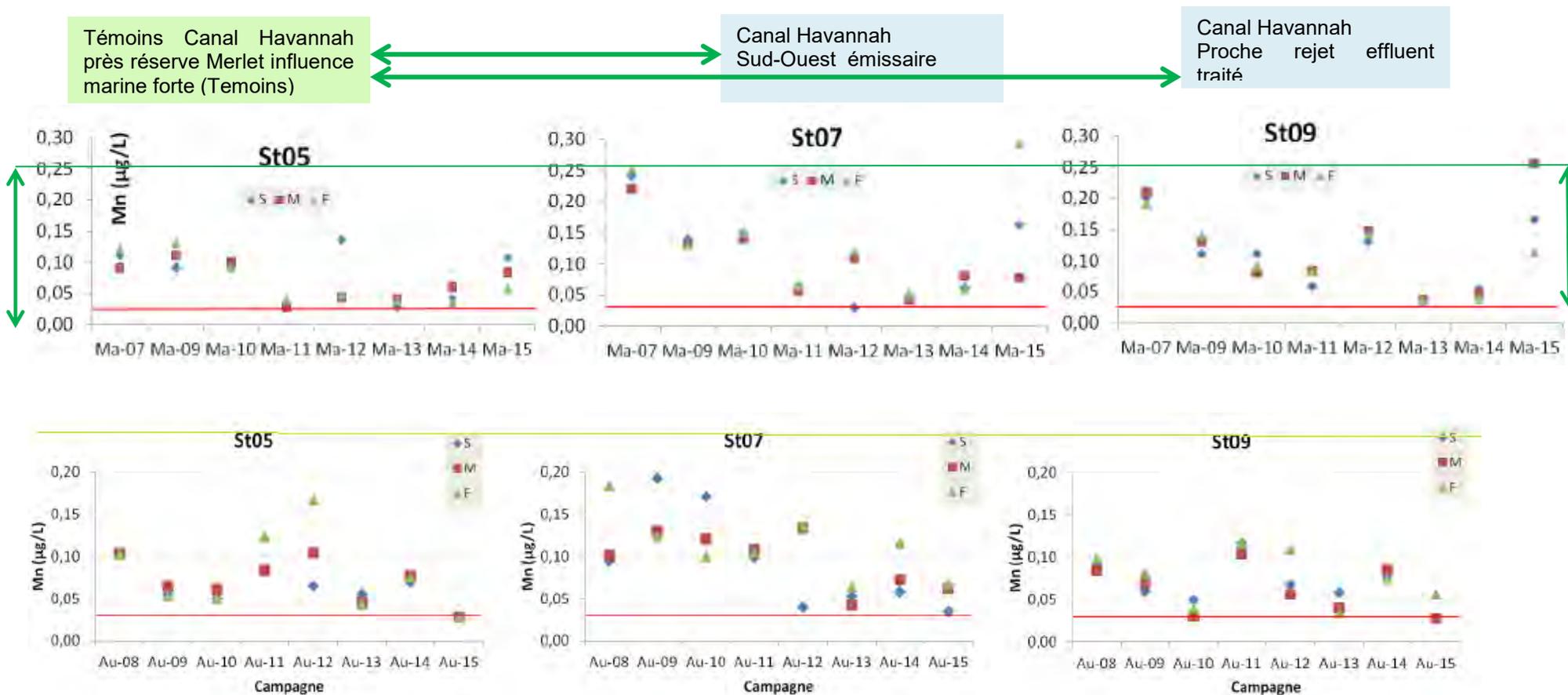
En Nickel (Ni)



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

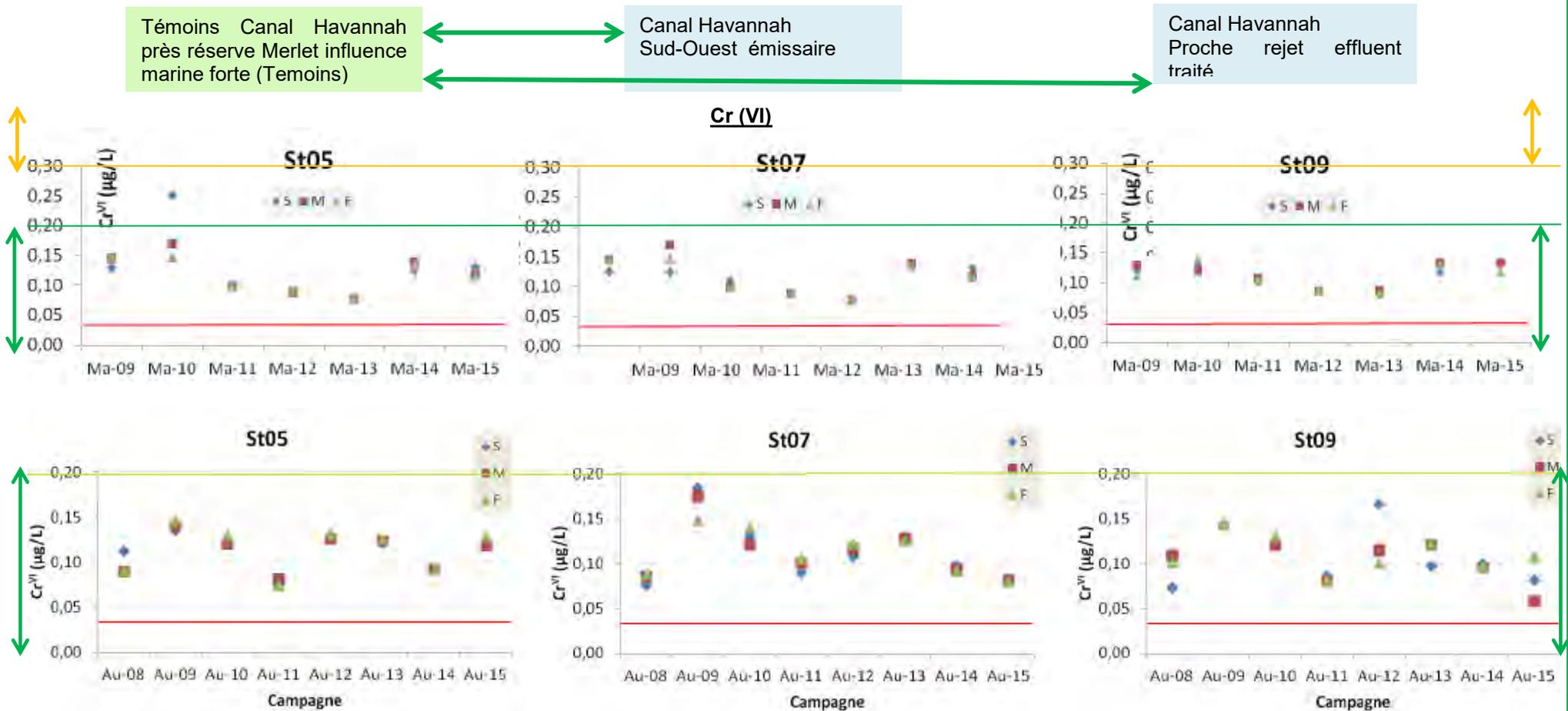
Figure 40: Evolution en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2014 – Saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)

Manganèse (Mn)



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

Figure 41: Evolution en métaux dissous dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2014 – Saison chaude (MARS) et en saison fraiche (AOUT)



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

CONCLUSION : (SUIVI QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DE L'EAU DE MER S2 / 2015)

Au cours de la campagne du second semestre 2015, il n'apparaît aucune non-conformité aux valeurs attendues :

- **par rapport aux valeurs des états de référence**
- **et des campagnes précédentes,**
- **ni par comparaison avec des stations homologues hors zone d'influence**



Le rapport intégral et les données brutes sont disponibles en intégralité à l'annexe 2 de ce document.

3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

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

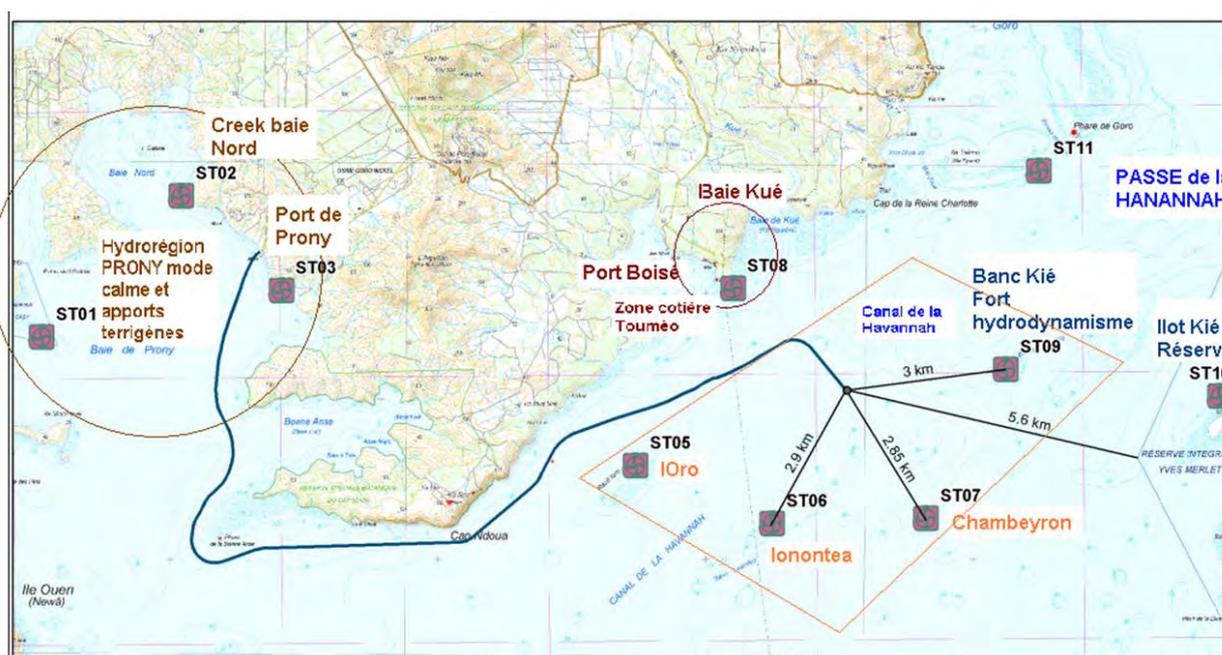
Les missions de suivi du second semestre 2015 se sont déroulées en octobre et novembre 2015, une interruption a eu lieu en raison des contraintes météorologiques et de l'exigence de conditions environnementales relativement similaires pour chaque mission, afin d'éviter des biais. Les phases lunaires de mortes eaux sont aussi choisies. (Cf. annexe 1 sur la méthodologie)

Tableau 17 : 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 Iononatea	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 écosystémiques et de leur distance au diffuseur d'effluent traité (la station Ugo n'est pas indiquée, comme la station très éloignée dans le canal Woodin)



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

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

- **En mars 2011** : Après **Vania et Zélia**, il a été observé des modifications dans la composition des biocénoses benthiques. Des dégradations mécaniques dues au fort hydrodynamisme étaient observées et particulièrement marquées pour les niveaux bathymétriques supérieurs du canal de la Havannah, les plus soumis aux agents dynamiques. L'indicateur corallien (fixe et sensible) avait montré une variation par le taux de blanchissement pour les *transects* supérieurs situés à proximité des creeks et des rivières (baie de Prony) et pour les *transects* supérieurs les plus soumis aux agents hydrodynamiques du canal de la Havannah et du canal Woodin. Dans la baie de Prony (milieu protégé), les principales dégradations avaient pour cause une dessalure des eaux de surface causée par les forts apports d'eau douce des épisodes dépressionnaires, notamment dans la baie du carénage qui est une zone témoins. Les populations de poissons quant à elles n'indiquaient pas un effet du passage de ces dépressions ; densité, biomasse et diversité étaient en augmentation.

8 mois après Zélia, le blanchissement avait nettement diminué, laissant derrière lui une mortalité réduite et de nombreuses colonies avaient réintégré leurs zooxanthelles. Ce phénomène de résilience rapide est analysé et quantifié dans le rapport 2011. L'étude de sa cinétique va au-delà d'un suivi industriel mais ces missions donnent de bonnes indications.

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

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

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

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

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

3.2.3.2. Bilan des observations par station suivie (au second semestre 2015)

La baie du Prony

► La station ST01 (Casy Sud)

- Biodiversité corallienne importante (**110 espèces dont 101 espèces scléactiniaires**)
- Recouvrement corallien stable de **13,5 %** sur le transect A et de 4, 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 et encore en diminution 03 /101 espèces de scléactiniaires et il ne se manifeste que sur des rares colonies isolées.
- Croissance des *Pocillopora damicornis* : croissance moyenne : de 2 cm cm / 6.5 mois
- Absence des *Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*.
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis* (ciblée comme éventuellement envahissante)
- Poissons : Densité **1,5 poissons/m²** pour une biomasse de **5, 17 g/m²**.
- Cette station qui était jusqu'à la fin de 2013 assez « pauvre », présente depuis mars 2014 des valeurs en hausse. Placée comme station témoins hors zone d'influence, sujette à transplantation de coraux en 2005, cette station a toujours été relativement stable sans foisonnement particulier de biodiversité.

► La station ST02 (Creek Baie Nord)

- Cette station a la richesse spécifique corallienne la plus importante des stations de la baie de Prony (**126 espèces coralliennes dont 119 espèces de scléactiniaires**).
- La sédimentation est importante mais les espèces sont adaptées à ce milieu, surtout en profondeur sur le transect B
- **Le recouvrement corallien en hausse est exceptionnel avec de 47 % (le plus élevé pour cette mission) en A et 24,5 % en B. Plus élevé qu'en réserve Merlet .**
- **Blanchissement corallien très faible et encore en diminution** (2/119 espèces de scléactiniaires soit seulement 0,23% de la surface)
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*
- Peu de cyanobactéries
- Algues brunes Lobophora : le recouvrement est important mais reste stable, elle est surveillée pour son éventuel caractère envahissant
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité de **1,03 poissons/m²** pour une biomasse de **20,65 g /m²**. La biomasse élevée lors de la mission 2014 était due à un banc de *Caesio cunning*, La biomasse et la densité ont repris des valeurs habituelles. Il y a toujours beaucoup de poissons juvéniles.
- Cette station est foisonnante de vie et la sédimentation n'affecte pas son adaptation à ce type d'écosystème de « fond de baie », absence d'indicateurs de stress.

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

- Biodiversité corallienne importante (**121 espèces dont 116 de scléactiniaires**)
- Recouvrement corallien en légère hausse avec **6 %** en A, **28,5 %** en B et **13 %** en C
- Aucun blanchissement corallien (fait extrêmement rare en zone cotière).
- Dépôt sédimentaire sur quelques colonies coralliennes mais pas de maladie corallienne.
- Absence d'*Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*
- Algues brunes *Lobophora* : le recouvrement est important mais reste stable
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité de **0,99 poisson/m²** pour une biomasse de **7,54g/m²**. Tous les indicateurs sont au-dessus de la moyenne

Les Stations en baie du Prony sont en excellente santé sur l'ensemble de leurs indicateurs, le taux de blanchissement corallien extrêmement faible est dû à la relative sécheresse 2015, il n'y pas d'indication de stress, au contraire, pas d'impact par pollution ou exogènes ou espèces corallivores, pas de blooms algal ou de cynaophycées

Stations du canal de la Havannah

Les dégradations sont importantes pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques, elles se propagent en profondeur par éboulis consécutifs (Ex : sur Iononatea). Si les récifs sont régulièrement soumis à un fort ressac 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 une station exceptionnelle au niveau des poissons, cependant étant située dans une réserve intégrale elle ne peut pas être une station-témoins de comparaison. **Elle incite aussi à relativiser un trop prompt avis sur la santé globale d'un écosystème en fonction de 1 ou 2 indicateurs négatifs, par exemple ST10 montre la maladie du corail de la bande blanche, un taux de blanchissement corallien persistant, des cyanophycées et des algues, la présence de *Drupella* (corallivore)... qui sont considérés comme des indicateurs « de mauvaise santé », mais, en fonction de leur intensité de développement et tout en considérant que leur présence est globale, tel un bruit de fond des récifs. Elle permet de relativiser.**

- La biodiversité corallienne est la plus importante (**148 espèces dont 139 espèces scléactiniaires**) de l'ensemble du réseau de suivi biologique
- Le recouvrement corallien est de 44 % en A, 41,5 % en B (pour ces 2 transects, parmi les taux les plus élevés de cette mission) et de 7 % en C, cependant de nombreux indicateurs indiquant des stress coralliens persistent, sans pour autant nuire au récif, **ils font partie « du bruit de fond » d'un récif en bonne santé**
- Le blanchissement corallien a diminué mais il reste observable (alors qu'il a disparu en baie du Prony et sur Puka)
- Maladie de la bande blanche toujours présente
- Présence de *Drupella cornus* (Gastéropode corallivore en abondance importante)
- Le recouvrement des cyanobactéries reste modéré. Elles colonisent les colonies coralliennes mortes
- Développement modéré de l'algue brune *Lobophora variegata*
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Poissons : Richesse remarquable d'un point de vue ichtyofaune : densité 3,61 **poissons/m²** pour une biomasse 435,32 g/m². Même si pour cette mission elle n'est plus en tête des stations.

► La station côtière ST08 (Puka)

Elle était dégradée depuis la mission de mars 2011 (tempête tropicale Vania) puis suite aux très fortes dépressions de 2013 (> 400mm/24h pluie en juillet 2013). En 2014 la résilience était bien amorcée et elle se poursuit en 2015.

- La biodiversité corallienne est importante et en légère augmentation (104 espèces dont 97 espèces scléactiniaires) Présence de nombreuses colonies coralliennes juvéniles
- Recouvrement corallien stable avec **26 %** en A et **3,5 %** en B
- Le blanchissement est quasi absent, fait exceptionnel
- Absence de *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*. Présence de *Drupella cornus*
- Cyanobactéries, tuff algal et Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* + Algue brune *Lobophora* mais sans bloom
- Sédimentation toujours observée ;
- Poissons: densité **0,99 poisson/m²** pour une biomasse de **20,37g/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 suivis précédents.

- Pas d'attaque d'étoiles de mer dévoreuses du corail
- *Transects* inférieures souvent peu représentatifs
- Bonne santé et richesse en ichtyofaune,

► La station ST06 d'Iononatea (la plus proche du diffuseur):

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 excellents indices « poissons ». Des indications montrant que c'est une zone de pêche sont notables.

- Très forte courantologie, pas de maladie de la bande blanche et quasi pas de blanchissement corallien, pas de corallivores.
- Densité des poissons : **2,27 poisson/m²** et Biomasse : **210,72 g/m²**. **Au niveau des indicateurs poissons les stations sur loro, Iononatea et Chambeyron rivalisent avec la réserve Merlet.**

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

Autres stations et stations témoins

► La station Toémo (ST11)

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

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

- La biodiversité corallienne est importante (138 espèces dont 129 espèces scléactiniaires)
- Le recouvrement corallien est de 34,5 % en A, 30 % en B et 5 % en C
- Le blanchissement corallien est toujours présent mais en faible surface
- Maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Présence de *Drupella cornus*
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis*, tuff algal et cyanobactéries présents
- Poissons : Sur l'ensemble des transects de la station, densité de 1,78 **poissons/m²** pour une biomasse de **57.17 g/m²**.

► La station du canal Woodin (ST04)

- La biodiversité corallienne est importante (110 espèces dont 100 espèces scléactiniaires)
- Le recouvrement corallien a augmenté avec 41 % en A, 25 % en B et 9 % en C
- Le blanchissement faible, maladie de la bande blanche sur quelques colonies mais les deux sont en nette diminution.
- Absence d'*Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae* (il y avait une *Acanthaster* au dernier suivi)
- Absence de *Drupella cornus*.
- Poissons : densité de 4,64 **poissons/m²** et Biomasse de 609,65 **g/m²**. La biodiversité en poissons est très au-dessus de la moyenne pour cette mission, elle surpasse la réserve Merlet

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 en poissons et hors zone d'influence de Vale NC ou même d'un creek, présentent cependant 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.

De façon générale le second semestre 2015 montre un niveau de blanchissement corallien très faible du corail ; même sur les stations côtières proches d'une creek, certainement en raison de la sécheresse qui marque cette saison. 

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

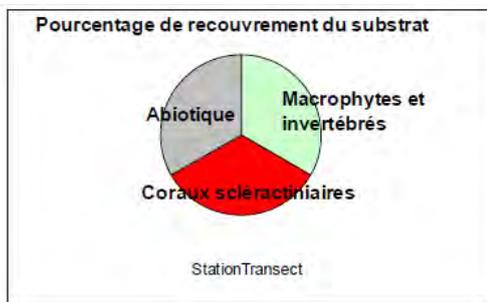
Les 12 stations sont décrites transect par transect dans le rapport intégral en annexe de ce bilan semestriel, ainsi que les données brutes.

3.2.3.3. Comparaisons spatiales entre stations

De façon synthétique, il est possible de présenter les résultats de la mission de suivi du second semestre 2015 sur des cartes à vocation de **présentation synoptique** (sujettes à évoluer selon les besoins). Un exemple est donné ci-après.

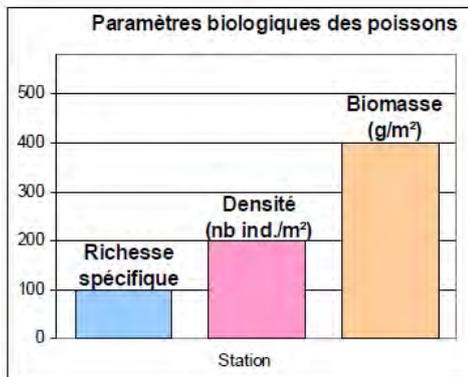
Ces représentations sont données dans le rapport intégral

Figure 43: Représentation cartographique – légende
(Carte intégrale sous forme de poster dans le rapport intégral)



La légende de cette carte indique :

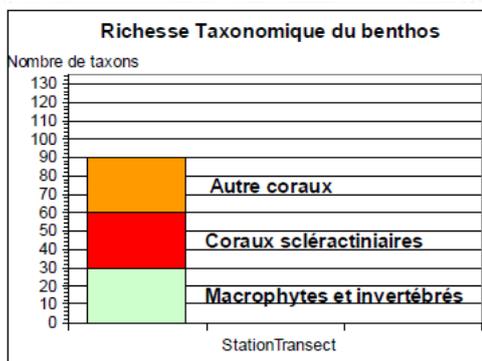
- Le SUBSTRAT : camembert présentant le pourcentage
- Abiotique (en gris) du LIT sur chaque *transect* et à chaque station ;
 - le pourcentage de coraux durs (Scléactiniaires) en rouge
 - et les Macrophytes (algues) et Invertébrés.



Les POISSONS : histogramme présentant :

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

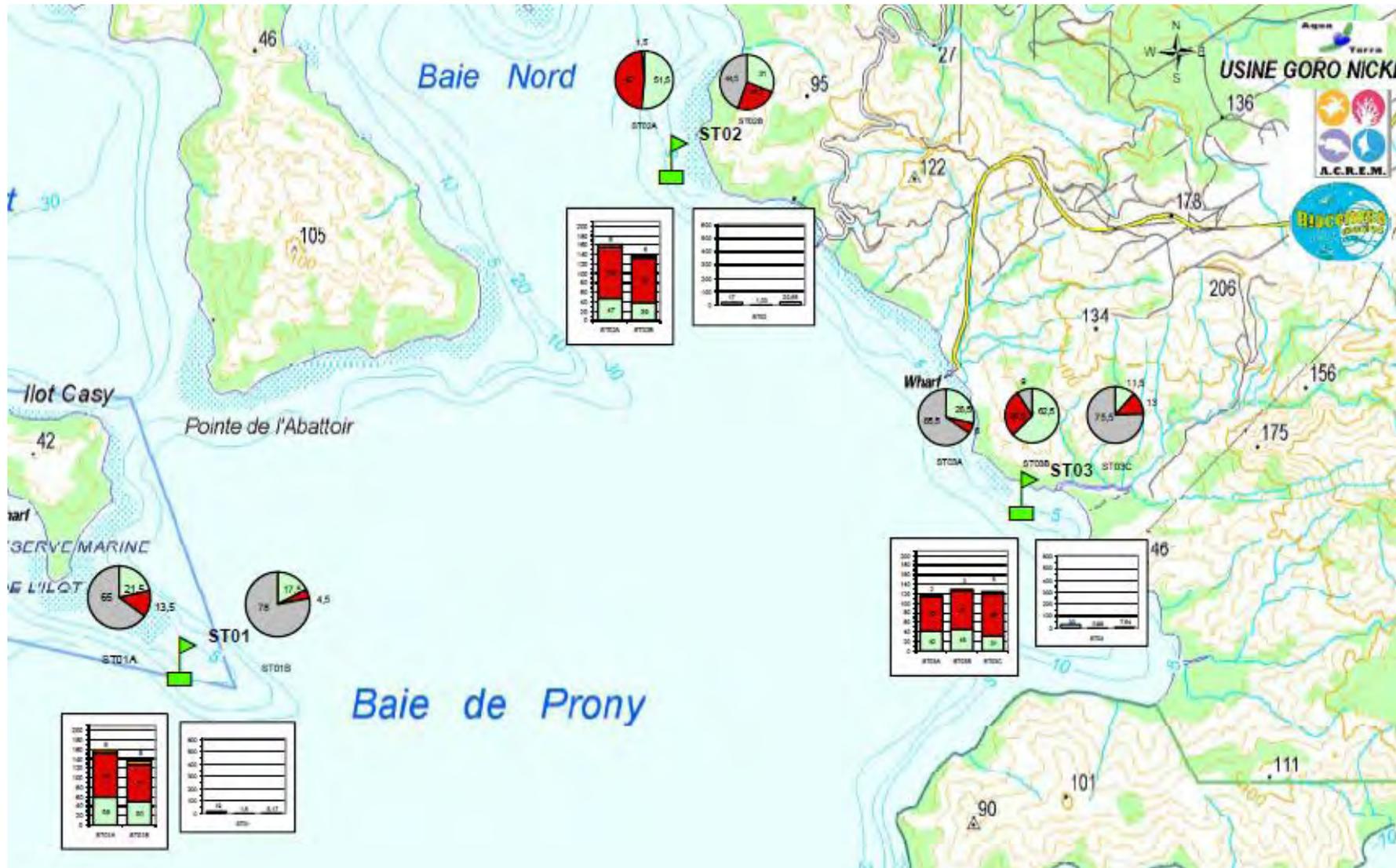
Sur liste restreintes réglementaires et par station.



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

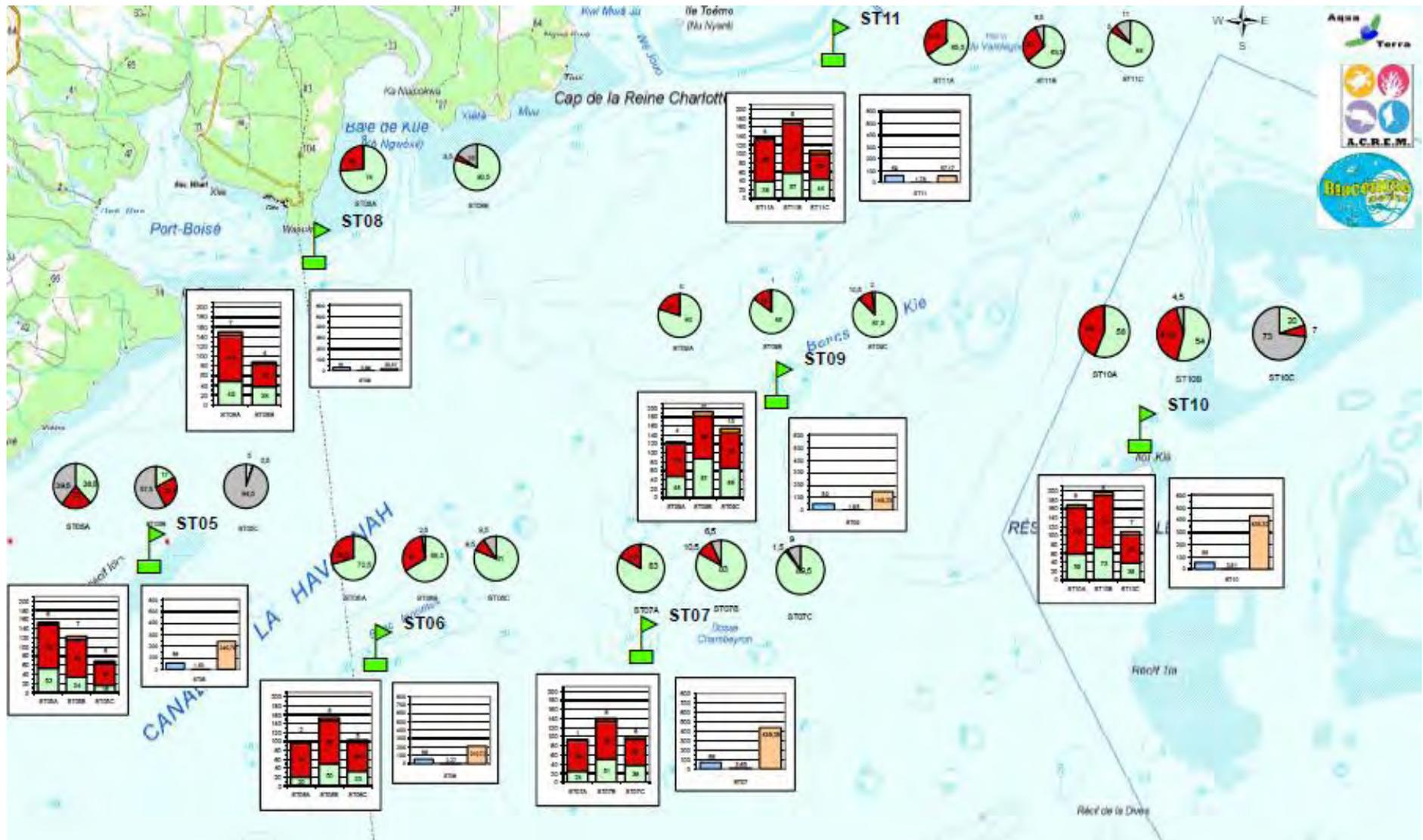
- les coraux durs (Scléactiniaires) en rouge,
- les autres coraux et les
- Macrophytes (algues) + autres invertébrés.

Figure 44 : Résultats de la campagne de suivi, AOÛT 2015 . Baie du Prony : Ilot Casy ST01, baie Nord /Creek baie Nord ST02 et Port de Prony ST03



(Carte intégrale sous forme de poster facilement lisible dans le rapport intégral, pages 250/251)

Figure 45: Résultats de la campagne de suivi, AOUT 2015 (canal de la Havannah)



(Carte intégrale facilement lisible pour une comparaison spatiale de stations entre elles, sous forme de poster, dans le rapport intégral, page 251)

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

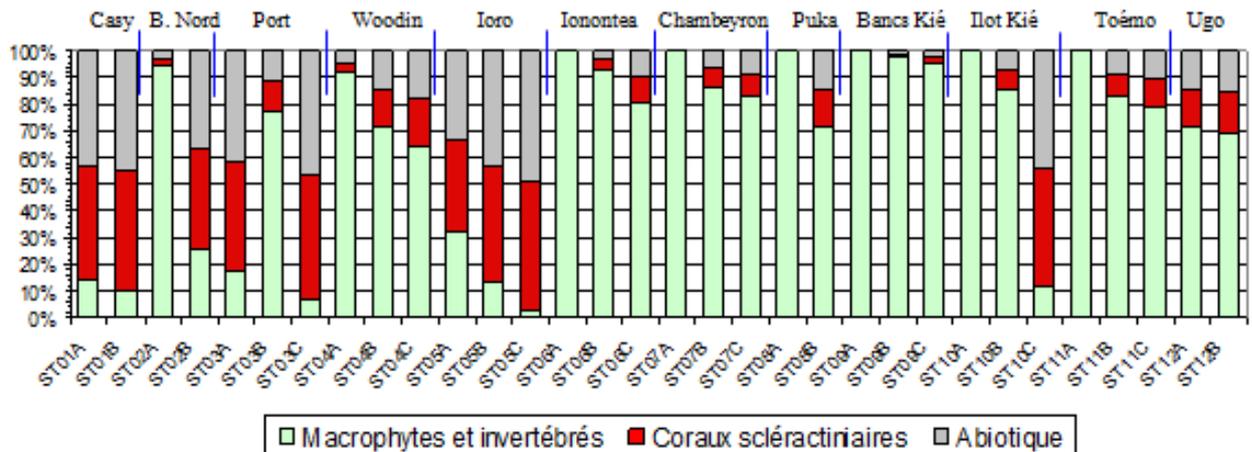
- 1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)
- 2)-Le benthos (sur couloirs fixes)
- 3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)

Figure 46 : **SUBSTRAT** (sous le cordon fixe de 20m de long)

Comparaison entre stations pour le substrat, OCTOBRE 2015

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

► **SUBSTRAT** : La partie biotique est divisée en deux groupes : les **coraux scléactiniaires** et le reste (c'est-à-dire, les **macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »**)



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

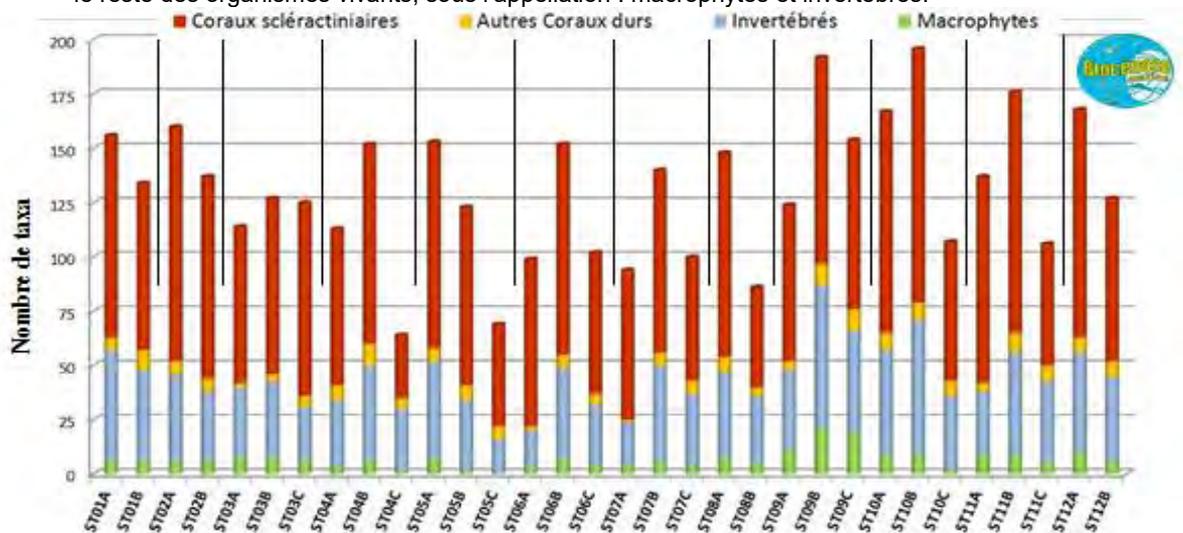
Figure 47: **BENTHOS** sur couloir de 100m²

Richesse taxonomique du benthos dans 4 groupes clés

Comparaisons entre stations pour le benthos, OCTOBRE 2015

► **BENTHOS** : 3 grands groupes benthiques sont à distinguer :

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



► **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*

► **POISSONS :**

Ichtyologie

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

**Tableau 18 : Relevés ichtyologiques (poissons sur liste restreinte imposée)
Semestre 2 (Mission de octobre 2015 : 2015b)**

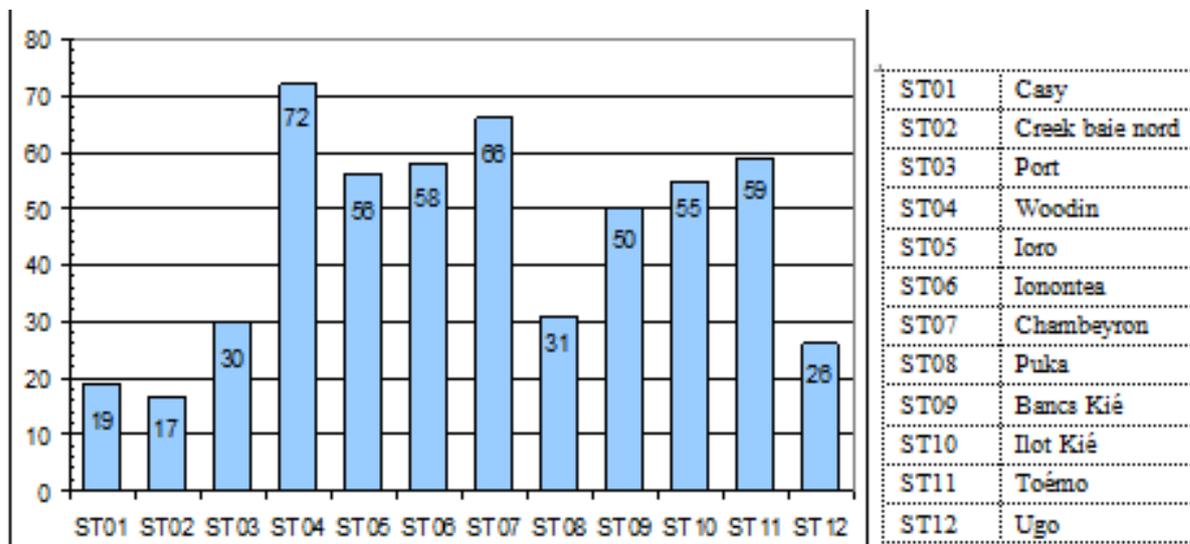
Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune Octobre 2015

		Liste restreinte DENV							
2015 b	Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	116,50	1,50	5,17	19,00	50,00	73,00	3,061	0,721
	ST02 CREEK BAIÉ NORD	88,00	1,03	20,65	17	45	70	3,216	0,787
	ST03 PORT	77,33	0,99	7,54	30	56	74	3,734	0,761
	Variances (σ^2)	410,0	0,1	69,6	49,0	30,3	4,3	0,124	0,001
	Ecart types (σ)	20,2	0,3	8,3	7,0	5,5	2,1	0,352	0,033
	Moyennes (μ)	93,9	1,2	11,1	22,0	50,3	72,3	3,337	0,756
Canal de la HAVANNAH	Coef. de Var(σ/μ)	0,2	0,2	0,8	0,3	0,1	0,0	0,106	0,044
	Int. de Conf. 95%	23,4	0,3	9,6	8,1	6,4	2,4	0,407	0,038
	ST04 WOODIN	586,67	4,64	609,65	72	90	120	3,588	0,582
	ST05 BANC IORO	143,00	1,53	240,79	56	81	109	4,875	0,840
	ST06 BANC IONONTEA	187,00	2,27	210,72	58	87	112	4,758	0,812
	ST07 B. CHAMBEYRON	337,00	3,65	439,38	66	83	111	4,475	0,740
	ST08 POINTE PUKA	99,00	0,99	20,37	31	60	79	3,951	0,798
	ST09 BANC KIE	183,33	1,95	149,23	50	84	113	4,651	0,824
	ST10 ILOT KIE	350,00	3,61	435,32	55	108	149	4,099	0,709
	ST11 TOEMO	183,00	1,78	57,17	59	81	109	4,662	0,792
	ST12 HUGO	538,00	4,65	382,89	26	57	87	2,975	0,633
	Variances (σ^2)	30856,1	1,9	38650,5	228,0	234,4	390,9	0,400	0,008
Ecart types (σ)	175,7	1,4	196,6	15,1	15,3	19,8	0,632	0,090	
Moyennes (μ)	289,7	2,8	282,8	52,6	81,2	109,9	4,226	0,748	
Coef. de Var(σ/μ)	0,6	0,5	0,7	0,3	0,2	0,2	0,150	0,121	
Int. de Conf. 95%	117,1	0,9	131,1	10,1	10,2	13,2	0,422	0,060	

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

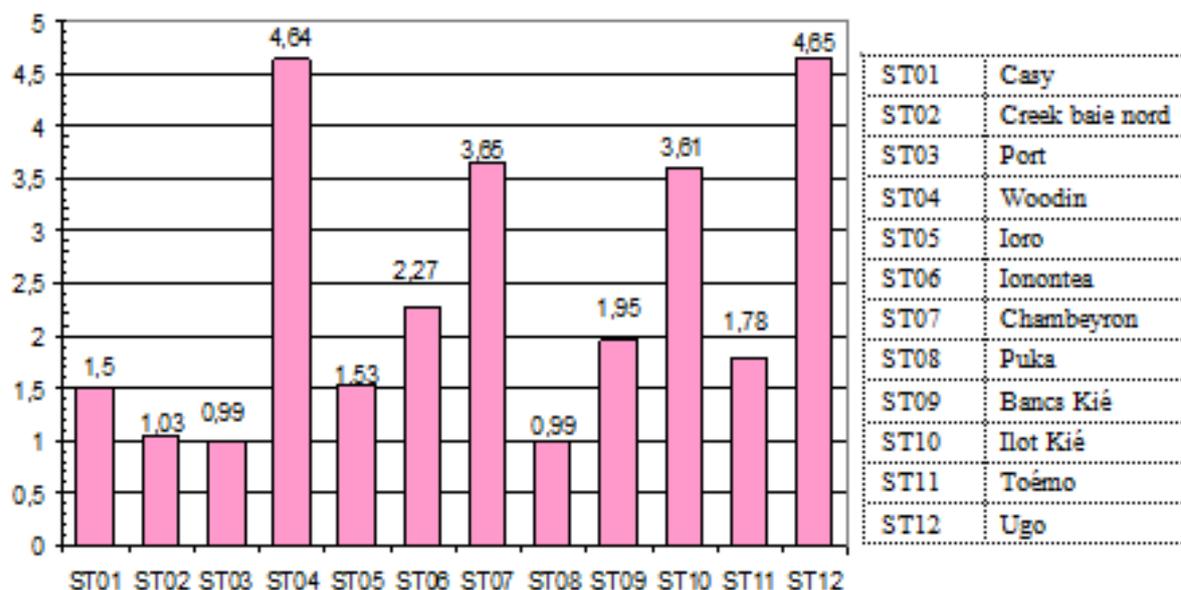
RICHESSSE SPECIFIQUE

**Figure 48: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station (liste restreinte)
 OCTOBRE 2015**

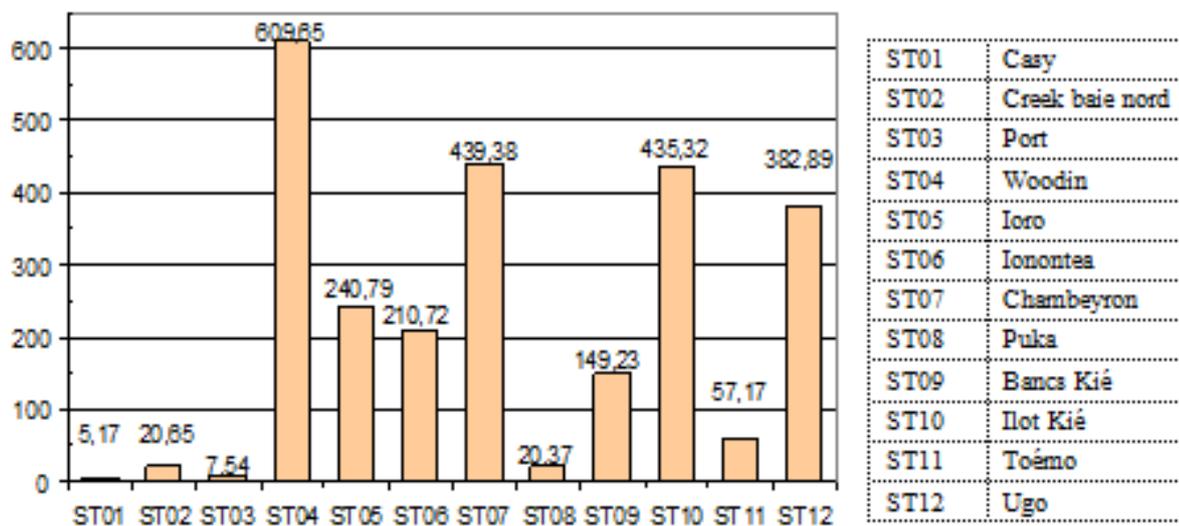


Les stations situées en baie du Prony ont toujours une moindre richesse spécifique que celles situées sur des récifs du canal de la Havannah, il est en de même dans les états initiaux, il s'agit de deux biotopes très différents .Les espèces juvéniles représentent la majorité des poissons sue ST02 et ST03.
 Le station ST04 dans le canal de la Havannah est exceptionnelle d'un point de vue ichtyologie lors de cette mission.

**Figure 49 : Densité de l'ichtyo faune par station
 OCTOBRE 2015**



**Figure 50 : Biomasse de l'ichtyo faune par station
OCTOBRE 2015**



La station du canal Woodin ST04 présente des indicateurs « poissons » exceptionnellement bons lors de cette mission. Elle surpasse la réserve Merlet (ST10). Son retour probable vers un niveau « moyen » lors de la prochaine mission ne devra pas être considéré comme un impact. Elle est située hors influence Vale NC.



La présence du diffuseur n'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 (ST05, ST06, ST07). Aucune formation corallienne plus proche de la zone de rejet n'est présente dans le canal de la Havannah (choix de la zone de rejet à cet egard) et une station comparable en indicateurs « poissons » ne peut donc pas être placée plus proche du diffuseur.



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 systèmes (ou hydro-régions) :

- 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
- celui de la baie de Goro étant à part en une hydro- région en soit.

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 indicateurs physico chimiques.

Des réunions fréquentes avec les spécialistes dédiés à chaque type de suivis physiques, chimiques et biologiques 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 fil des ans

L'ichtyologue qui a effectué ces missions de surveillance sous-marines depuis 2008 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 2015 comparées à celles de 2014 avec un rappel des missions antérieures.

Tableau 19 : Classement des stations (A) et des années (B) à partir des paramètres « poissons » évalués (Mars 2015 : 2015a et Octobre 2015 : 2015b)

A - Stations	Classement des Stations					
	Densité	Biomasse	Biodiv1	note	Rangs	
					2015b	2015a
Ilot CASY	4,5	1	2	2,4	11	11
CREEK	3	3,5	1	2,1	12	12
Le PORT	1,5	2	4,5	3,1	10	10
WOODIN	11,5	12	12	11,9	1	2
Banc IORO	4,5	8	7,5	6,9	6	5
IONONTEA	8	7	9,5	8,5	4	7
B. CHBEY	10	10,5	11	10,6	2	3
Pte PUKA	1,5	3,5	4,5	3,5	9	9
Banc KIE	7	6	6	6,3	8	6
Ilot KIE	9	10,5	7,5	8,6	3	1
TOEMO	6	5	9,5	7,5	5	4
UGO	11,5	9	3	6,6	7	8

Rappel : Note = (Densité + Biomasse + 2 * Biodiv1) / 4

Groupes	Stations	Notes
1 ^o Groupe	Creek ; Casy ; Le Port ; Puka	de 2 à 3,5
2 ^o Groupe	Banc Kié ; Ugo ; Ioro	de 6 à 7
3 ^o Groupe	Toemo ; Ionontea ; Ilot Kié	de 7,5 à 8,5
4 ^o Groupe	Basse Chambeyron ; Woodin	de 10,5 à 12

L'Ilot Kié (St10) recule et quitte le groupe de tête, les indicateurs « poissons » étant excellents lors de cette mission sur la station Chambeyron et dans le canal Woodin.

Le groupe de queue, toujours le même d'un point de vue ichtyologique (baie du Prony et pointe Puka) garde la même composition mais peut être scindé en deux : Le Port (St03) et Puka (St08) avec une note proche de 3, puis Casy (St01) et le Creek baie Nord (St02) avec une note proche de 2.

B - Missions	Classement des Missions					
	Densité	Biomasse	Biodiv.1	note	Rangs	
					2015b	2015a
2007	13	14	3	8,3	7	6
2008	14	8	4	7,5	9	8
2009	15	6	2	6,3	11	10
2010 a	9	9	6	7,5	8	7
2010 b	3	3	1	2,0	15	14
2011 a	7	15	10	10,5	4	3
2011 b	1	2	7	4,3	14	13
2012 a	6	4	5	5,0	12	11
2012 b	5	5	9	7,0	10	9
2013 a	8	7	11	9,3	6	5
2013 b	4	10	12	9,5	5	4
2014 a	2	1	8	4,8	13	12
2014 b	11	13	13	12,5	2	2
2015 a	12	12	15	13,5	1	1
2015 b	10	11	14	12,3	3	

La mission 2015b, du second semestre 2015, est classée comme 3^{me} « meilleure » mission d'un point de vue des indicateurs « poissons », depuis 2007. La mission précédente (2015a) du premier semestre 2015 étant en tête. **L'année 2015 et le second semestre 2014 présentent de très bons scores quant aux indicateurs « poissons »**, les pires des missions étant celles de 2012 et 2010. L'année 2013 très pluvieuse et présentant des dégradations coralliennes, n'est pas une « mauvaise » année d'un point de vue ichtyologique.



Tableau 20 : Cotation des 12 stations évaluées d'un point de vue ichthyologique (Poissons) selon un Indice IAS


Stations	Cotations			IAS							
	Dens.	Biom.	Bα.1	Rappels des IAS précédents							
				2015 b	2015 a	2014 b	2014 a	2013 b	2013 a	2012 b	2012 a
Ilot CASY	3	1	4	2,50	3,75	2,75	3,25	1,75	3,25	1,75	1,50
CREEK	2	3	3	2,25	3,50	3,50	1,25	3,50	3,00	2,75	3,00
Le PORT	2	1	4	2,25	3,00	2,50	2,75	2,75	2,00	2,50	1,95
WOODIN	4	4	4	4,00	4,00	3,50	2,75	3,50	3,00	3,50	3,50
IORO	2	3	4	3,25	3,00	4,00	2,75	2,75	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	3	3	4	3,50	4,00	3,75	2,75	3,00	3,75	3,50	3,50
B. CHB	4	4	4	4,00	3,75	4,00	3,00	3,75	3,25	3,25	3,00
PUKA	1	1	3	2,00	2,25	3,00	1,50	1,50	1,50	1,75	1,75
Banc KIE	2	2	4	3,00	3,00	3,75	2,50	2,75	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE	4	4	4	4,00	4,00	3,50	3,50	4,00	3,75	4,00	4,00
TOEMO	2	1	4	2,75	3,00	2,75	2,75	2,25	2,75	3,00	3,00
Ilot UGO	4	3	2	2,75	2,00	2,00	1,75	2,50	2,25	1,75	2,00

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

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

3.2.3.4. 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 biais méthodologiques est systématiquement approfondie par les experts et elle est notifiée dans leur rapport. (De façon claire, en conclusion encadrée).

Une corrélation avec les résultats du suivi physico-chimique de la qualité de l'eau et des sédiments est effectuée et en cas d'une incohérence une analyse approfondie est conduite par les experts.

L'externalisation des missions de suivi du milieu marin permet aux experts de conclure selon leurs analyses raisonnées et Vale Nouvelle-Calédonie ne fait que relever leurs conclusions dans le présent rapport. Plusieurs bureaux d'études sont impliqués (cinq en 2015).

Si une variation significative apparaît lors d'une mission d'évaluation, une nouvelle mission supplémentaire est conduite afin d'effectuer un suivi approfondi des paramètres suspectés

d'avoir variés, dans le but de confirmer ou infirmer la modification et d'en rechercher les causes. (Exemple ; Station PUKA en 2013 et 2014)

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

➤ Le substrat (LIT fixes)

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

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

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

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

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



Il n'y a pas à relever de grandes variations temporelles : les pourcentages des différentes composantes sont globalement très stables par rapport à la mission précédente. Les variations sont dues à des fluctuations du recouvrement par le sable qui a diminué pour cette mission au profit du « corail mort avec algues » (ST04C, ST08B). Ces mouvements des sédiments (sable, vase) sont cycliques et parfois opposés d'une mission à l'autre.

- Le taux de recouvrement des coraux scléactiniaires continue à croître (+ 0.84% en tout en moyenne sur les 12 stations, soit 32 transects) ;
- Pour cette mission le recouvrement en cyanobactéries est parmi les plus bas depuis le début du suivi (2007)
- Le niveau de blanchissement corallien est des plus faibles



Les variations transect par transect sont indiquées dans le rapport intégral en annexe 3

Le LIT est une méthode présentant des variations y compris pour un même opérateur. Vale NC insiste sur la fidélisation des opérateurs et sur la bonne tension du ruban LIT. Selon les références bibliographiques, ne sont retenues comme fluctuation significative que la marge supérieure à 20%. Cf annexe 1 sur les méthodologies.

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

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

Les variations de recouvrement, liées aux algues sont cycliques et ne semblent 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 d'épuration de la base vie de Vale NC ne sont pas rejetées dans une creek ni dans le lagon côtier, mais envoyées avec l'effluent au niveau du diffuseur marin).

➤ **Le benthos (couloirs fixes)**

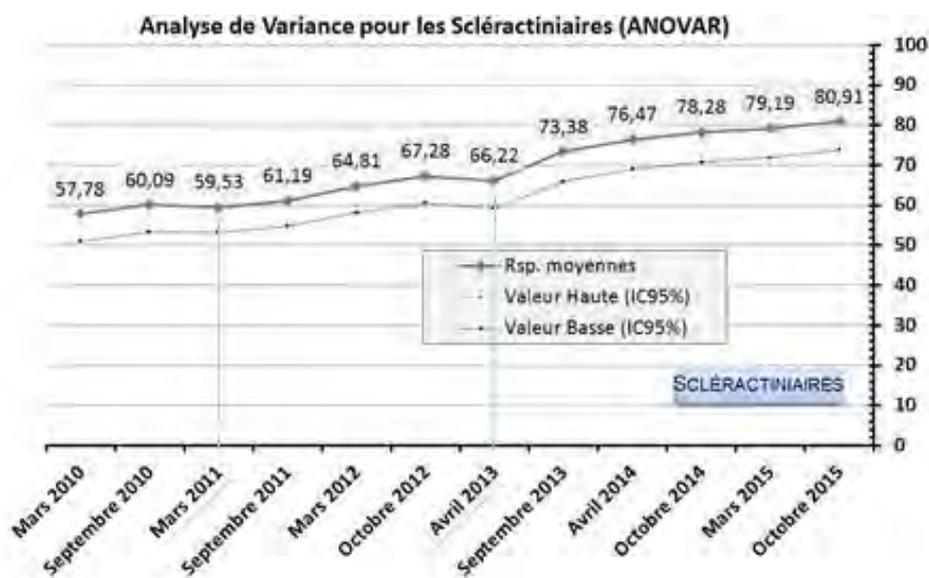
La présence de nombreuses espèces mobiles est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème mais il est important de noter que l'absence ou la diminution d'abondance des espèces mobiles, d'une mission à une autre, n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer hors du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri.

➤ **Pour les coraux :**

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

Données intégrées dans le rapport en annexe 3

Figure 51: Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléactiniaires) depuis 2010 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



La croissance apparente de 2009 à 2015 est réelle, avec des perturbations enregistrées d'ordre cyclonique en 2011 et 2013. Les récifs ayant subi en début d'année 2015 des perturbations mécaniques (fragmentation et mobilisation de matériels coralliens) présentent en octobre 2015 le plus grand nombre d'espèces nouvellement recensées.

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

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

Le même travail d'analyse a été conduit avec les Invertébrés mobiles (excepté les coraux durs). Les organismes mobiles (mollusques, astéries, holothuries, échinides, ophiures et crinoïdes) sont

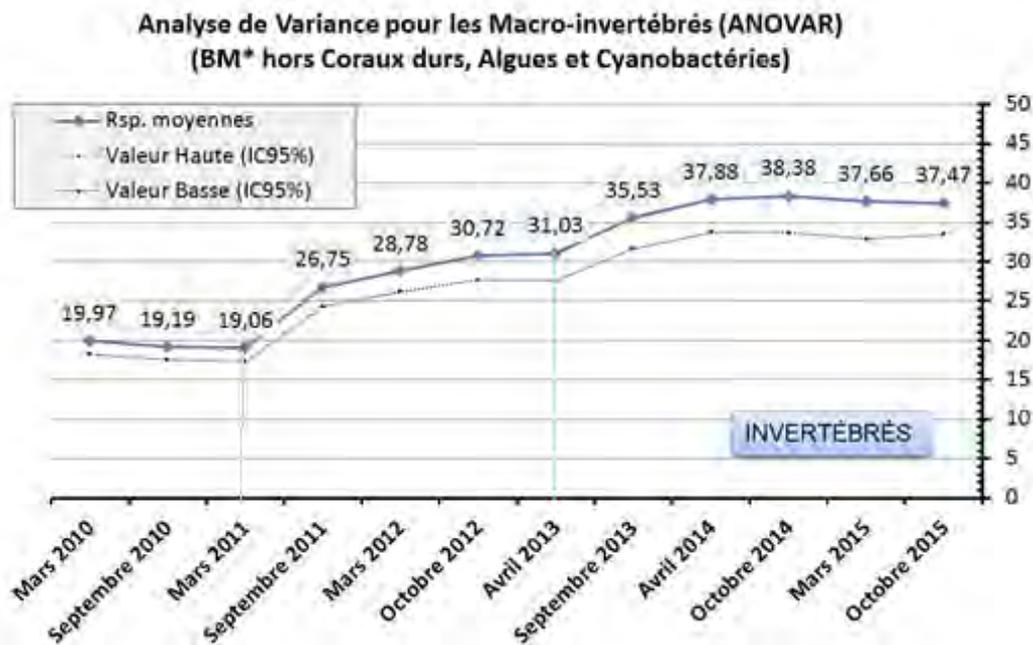
constamment en train de se déplacer à la recherche de nourriture. D'autre part, si des événements exceptionnels les perturbent, ils ont la possibilité de se déplacer dans un milieu plus calme (variations des niveaux bathymétriques, en cas de stress en surface ils vont se déplacer sur les transects de niveaux inférieurs).

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

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



Figure 52: Valeur de la richesse spécifique moyenne des macro-invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



Données intégrale en annexe 3

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

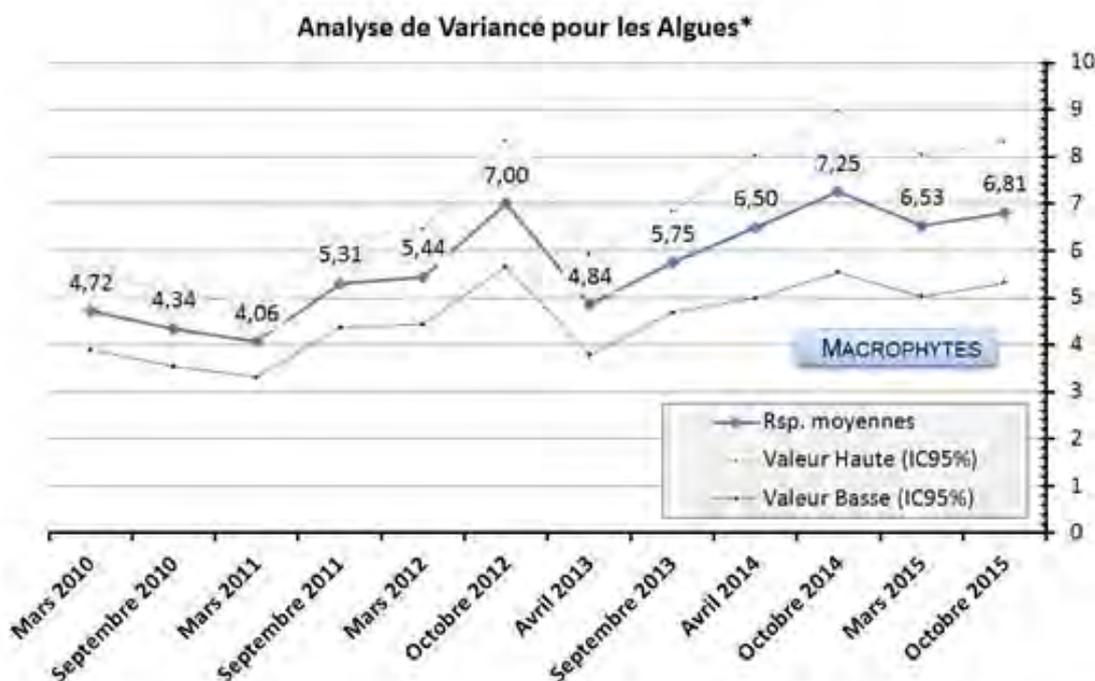
► Au contraire lorsque l'habitat (représenté principalement par les coraux) subit des dégradations (ici mécaniques), les échinodermes (astéries, échinides, ophiures et holothuries) et les mollusques (gastéropodes et nudibranches) viennent rapidement coloniser la zone afin de se nourrir dans les débris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

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

➤ Pour les Macrophytes

Le même travail d'analyse a été réalisé avec les algues dont un bloom pourrait être un indicateur de perturbation (il ne s'est jamais produit à ce jour depuis 2007)



Figure 53: Valeur de la richesse spécifique moyenne des Macrophytes depuis 201

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

A surveiller : les algues d'un point de vue « pr(oblématique des EEE -Exogènes et espèces invasives ». A ce jour : pas de perturbation notée. Une synthèse de leur tendance évolutivité a été réalisée en 2013)

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), lors de cette mission elles sont en net recul.

La valeur la plus basse de diversité des algues coïncide avec les phases dépressionnaires (mars 2011, avril 2013 et dans une moindre mesure mars 2015). Les algues sont balayées des récifs exposés, particulièrement pour les niveaux supérieurs et médians, durant les événements hydrodynamiques intenses.

➤ Les Indicateurs de la santé des coraux

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

- **Le recrutement corallien.** Il comprend les nouvelles espèces recensées sur le couloir d'étude et l'augmentation d'une espèce déjà présente grâce à des juvéniles nouvellement installés.
- **La mortalité,** elle est détectée par les exosquelettes restés en place et la connaissance du milieu par un évaluateur qui le connaît depuis de nombreuses missions notamment en baie du Prony.
- **Le blanchissement corallien.** Il est potentiellement réversible et différemment ressentis par les espèces. Il est à prendre en compte car il donne des indications sur l'affaiblissement des récifs. En 2015 il est extrêmement faible. Une augmentation de celui-ci en 2016 ne vaudra pas pour autant signifier un impact, ses variations sont cycliques et liée à la pluviométrie en

première cause, le réchauffement climatique, à date de cette mission, n' a pas montré son influence.

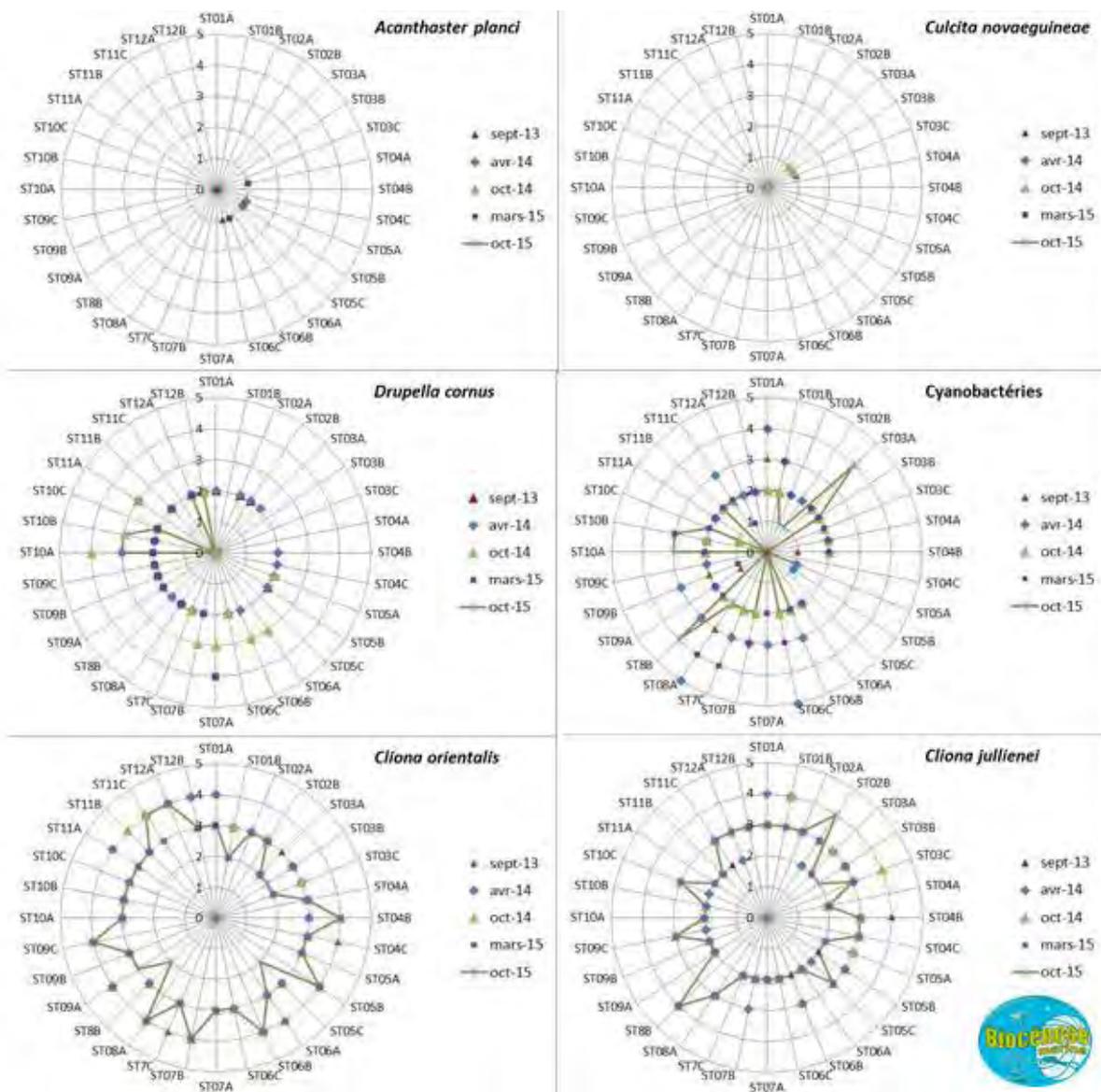
- L'abondance des espèces concurrentes
- Les espèces qui se nourrissent du corail
- Les maladies coralliennes

Cf. rapport intégral en annexe 3 pour plus de détails sur ces domaines benthiques (Par Biocénose).

➤ Les espèces concurrentes des coraux

Aucun phénomène de prolifération permanente n'a été constaté

Figure 54 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013

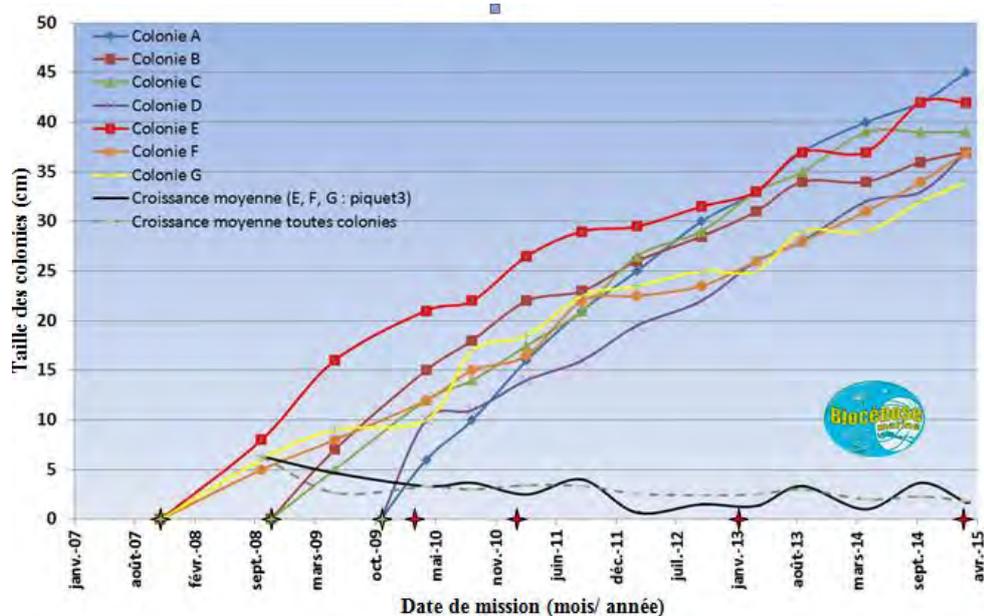


➤ La croissance du corail

Des planulas de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets (posés lors de la mission du 31/08/07) du transect A de la station 01 (Casy), aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Ce sont des indicateurs suivis par les plongeurs biologistes dont les missions d'évaluation vont au-delà des suivis réglementaires dès que leur expertise est stimulée par une observation,

attitude soutenue par Vale NC. L'édification corallienne est plus importante durant le stade juvénile, puis elle diminue progressivement au fur et à mesure du temps avec des fluctuations saisonnières. Durant l'année la croissance de *Pocillopora damicornis* n'est pas linéaire, la période hivernale (saison sèche et fraîche) est plus favorable à la construction de l'exosquelette carbonaté. La période estivale (saison humide et chaude) induit des « variations » de salinité, de température et de turbidité dans l'environnement ce qui va stresser les colonies coralliennes qui grandissent moins rapidement ou sont en attente.

Figure 55: Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur piquets ST 01A
 Les trois croix vertes indiquent les phases de ponte. Les rouges indiquent les grandes phases dépressionnaires



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

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

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

➤ Les espèces exogènes

Le chapitre 5.4 du rapport intégral (en annexe n°3) 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.

Le manque de méthodologie validée ne peut exclure une attention volontariste des biologistes et océanographes qui connaissent parfaitement les stations suivies depuis 8 ans, ils s'aligneront sur cette méthodologie dès que les autorités compétentes en proposeront une.

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

Les EEE marins sont pris en compte par Vale NC depuis le début du projet dans la limite des connaissances calédoniennes sur ce sujet.

➤ **Les poissons : ichtyo faune**

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe 3 de ce document) est consacré à une étude approfondie des populations de poissons 2015 comparés aux années précédentes. Elle est due au professeur universitaire Claude Chauvet (ACREM), ichtyologue.

Il assure en supplément des exigences réglementaires une analyse statistique, notamment sur la biodiversité des poissons sur inventaire exhaustif 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 m²

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

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

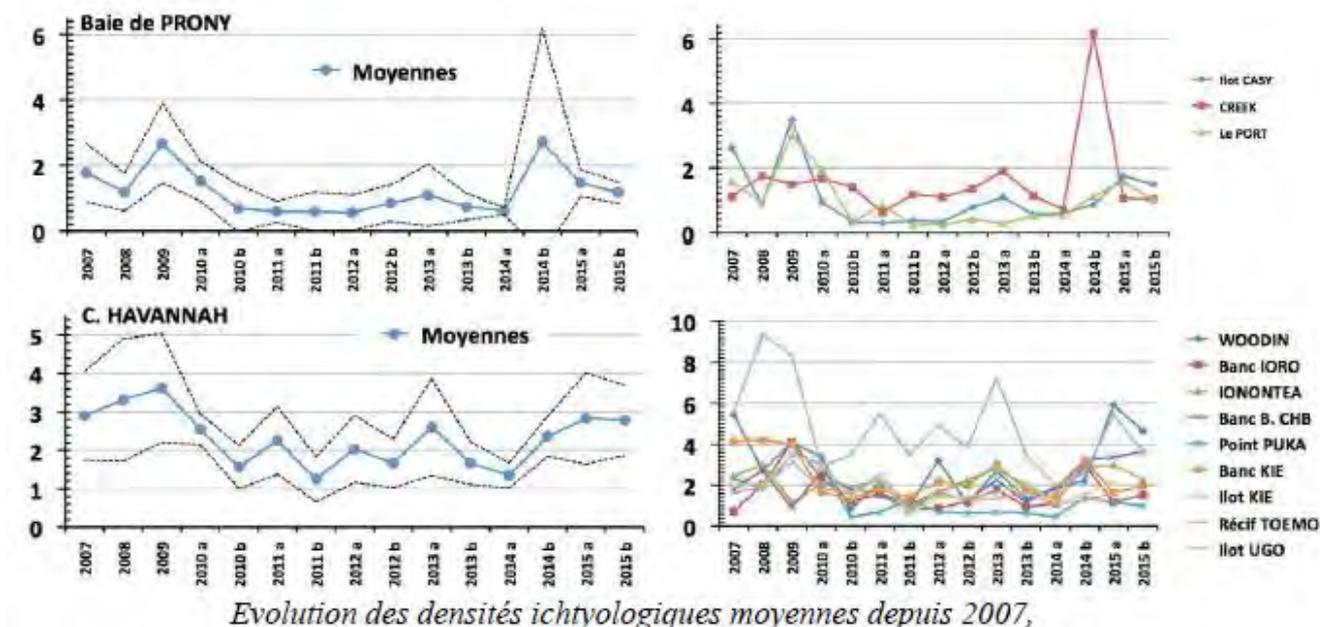
BIOMASSE en gramme de poissons listés sur la liste restreinte par m²

Rappel : la Biomasse s'exprime en en grammes de poissons /m² par transect et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie réglementaire 2006 et CCB).

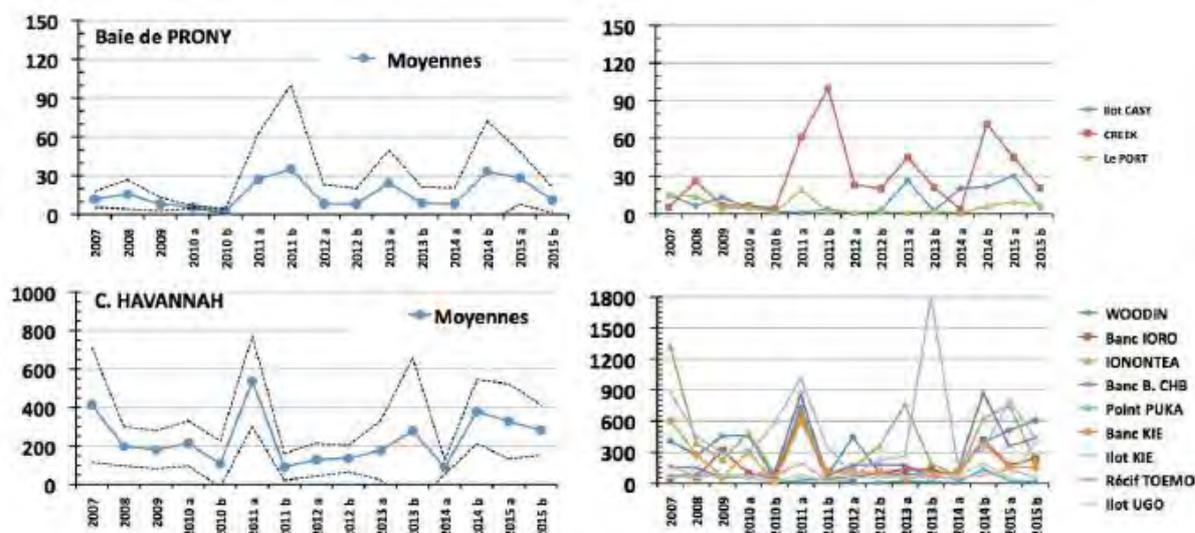
Les données et traitement statistiques sont indiqués dans le rapport intégral en annexe 3

Figure 57 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations par année, mission après mission depuis 2007)

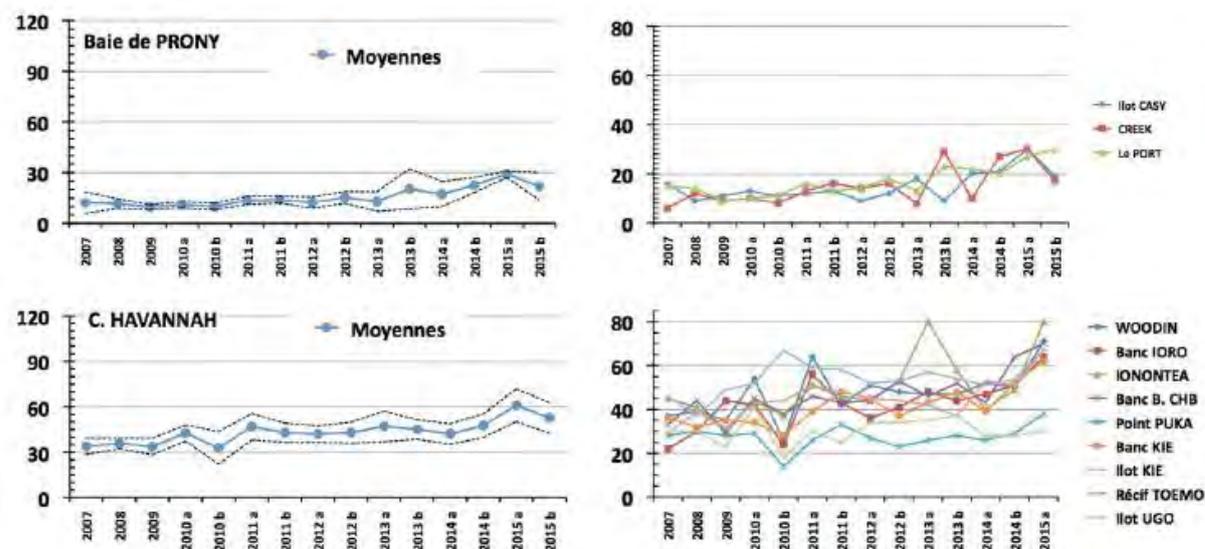
DENSITE (selon exigences du plan de suivi et donc sur liste restreinte)



BIOMASSE (selon exigences du plan de suivi)



BIODIVERSITE 1 (Selon exigences du plan de suivi)

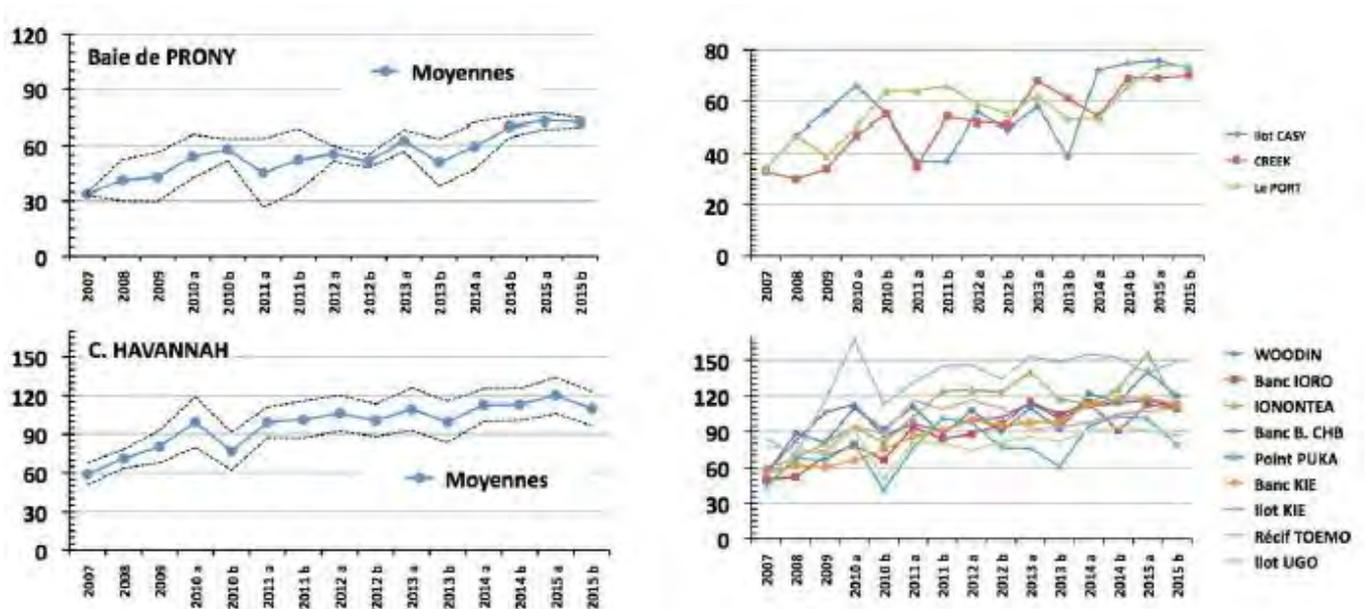


Commentaires de l'expert :

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

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

Figure 58 : Biodiversité n°3 depuis 2007 sur l'ensemble des stations suivies et par domaines

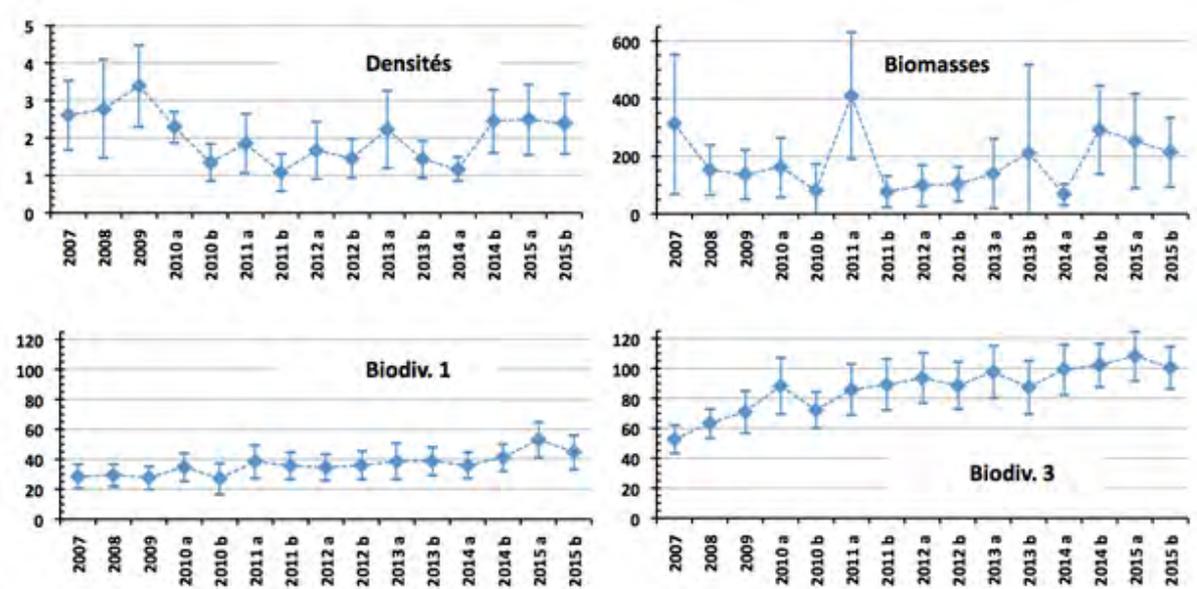


Méthodes de calculs et analyses complètes dans le rapport intégral en annexe 3

Conclusion sur le domaine ichtyologique :

- La Densité est globalement 2 fois plus forte dans le Canal de la Havannah qu'en Baie de Prony et ce rapport peut atteindre un facteur 10 avec certaines stations du canal comme Woodin et l'Ilot Kié.
- Bien que le cahier des charges n'en fasse pas mention, les stations de Prony sont peuplées de nombreux juvéniles et la station du Port (St03) ne comporte que des juvéniles. Ce caractère ajoute encore au contraste entre les stations de Prony et celles du Canal de la Havannah.
- Les Biomasses entre les stations du Canal varient d'un facteur 1 à 12 et de 1 à 4 dans la Baie.
- La Biodiversité est en moyenne 3 fois plus faible en baie du Prony que dans le canal de la Havannah.
- Les stations de Prony sont homogènes (biomasse exceptée) ; celles du Canal sont hétérogènes
- Les Biodiversités varient peu au fil des missions et assez unanimement sur l'ensemble de la zone. Elles tendent à augmenter sensiblement depuis le début des observations et cette augmentation porte essentiellement sur des espèces non commerciales.

Figure 59 : Evolution des moyennes annuelles des indicateurs « poissons »



Compte tenu de l'importance des intervalles de confiance ces résultats quantitatifs sur les suivis des poissons depuis 2007 sont à considérer comme stables avec une tendance à l'augmentation de la biodiversité due, d'une part au travail de l'expert qui connaît parfaitement les stations au fil des missions (biais) et d'autres par à une augmentation avérée des espèces non commerciales.

Cependant : Les résultats de 2015 sont quasiment pour toutes les stations (très largement) au-dessus de la moyenne des campagnes précédentes, pour les 4 paramètres suivis. L'état du peuplement de poissons lors de cette mission est à un très bon niveau.

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

La campagne 2015 fait suite à l'étude de synthèse établissant le bilan des 5 années précédentes (2009, 2010, 2011, 2012 et 2013) de suivi de la qualité des eaux par l'utilisation de bio-indicateurs dans le périmètre d'influence de Vale-NC (Gilbert et Fernandez, 2014). Basée sur les recommandations faites dans ce rapport critique, la présente campagne (comme la campagne de 2014) a fait l'objet de modifications, notamment l'augmentation de la durée d'immersion qui est portée à 5 mois au lieu de 3 mois initialement pour mettre clairement en évidence des phases d'accumulation ou d'élimination significatives des métaux.

Station	Typologie
St03	Baie
St06	Baie
St15	Baie
St16P	Baie
St31	Océanique

Figure 60 : emplacement des cages pour la transplantation des bivalves bio- indicateurs 2015



► **Les conditions météorologiques** régnant dans la zone pendant les 5 mois d'immersion des cages sont susceptibles d'influer d'une part, sur la nature et la quantité des apports en métaux dans le milieu marin (lixiviation des sols en fonction des taux de précipitations) et d'autre part, sur leur dispersion en mer (force et direction des vents).

- La pluviométrie et les données de vent (vitesse et direction) sont mesurées par la station météorologique de Vale-NC (98817104 – Goro Usine), située sur l'ancienne usine pilote, en bordure de la Baie du Prony.
- La température de l'eau peut également influencer sur le métabolisme des organismes transplantés, donc potentiellement sur la croissance et, par conséquent, sur le taux de transfert des composés chimiques en général.

Lors de cette campagne, les cages aux stations ont été équipées d'un capteur miniaturisé qui a permis l'acquisition de la température de l'eau à une fréquence de 4 fois par jour, soit toutes les 6 heures, à partir de 29 avril 2015 jusqu'au 01 octobre 2015.



Figure 61 : Température de l' eau de mer et pluviométrie entre le 28 avril 2015 et le 01 octobre 2015/ La température est enregistrée sur les cages elles mêmes



La méthodologie de ce suivi est explicitée en annexe 1 de ce rapport ainsi que dans le rapport intégral délivré par le laboratoire ayant la charge de ces missions. (En annexe 5 de ce rapport).

► **Huitres *Isognomon isognomon Linnaeus***, récoltées en baie de Maa qui a été identifiée comme baie de référence lors d'études antérieures.

180 bivalves sélectionnés

Immersion des cages le 23 avril 2015, 30 bivalves par cages, récupération des cages le 02 octobre 2015 soit après 156 jours (avec, entre temps, des missions de contrôle, brossage et entretien des cages en juin, en juillet et en août 2015).

► Facteur de Concentration FC

Le facteur de concentration FC est égal à la concentration en élément x dans les bivalves suivis / la concentration en élément X dans les bivalves témoins du lot initial de référence

$$FC = [\text{métal}] / [\text{métal du lot initial}]$$

- **Un FC > 1 correspond à une réponse d'accumulation** de l'élément analysé dans les bivalves durant les 156 jours de vie imposée en cage sur le lieu de la station.
- **Un FC < 1 correspond à une réponse d'élimination** de l'élément analysé dans les bivalves, durant les 156 jours de transplantation, cela signifie que le lot de bivalves a éliminé cet élément par rapport au lot témoins initial.

Le calcul des FC permet de s'affranchir des concentrations initiales

► Cette campagne 2015 est exceptionnelle afin d'affiner la méthodologie de suivi par bio indicateurs intégrateurs élevés en cages, méthode standardisée sur les côtes européennes et recommandée par l'INERIS/IFREMER avec encore des ajustements spécifiques au lagon et aux espèces calédoniennes, en complément des travaux du CNRT.

- La durée de 5 mois d'immersion (avec entretien des cages toutes les 4 ou 5 semaines) est nécessaire (et non pas 3 mois comme précédemment) et déterminante, elle sera conservée les prochaines années.
- L'augmentation de la fréquence des brossages des cages a permis de diminuer la mortalité à 1 seul coquillage (contre 9 précédemment) et des lots de 30 individus par cages sont un nombre optimisé.

► Résultats

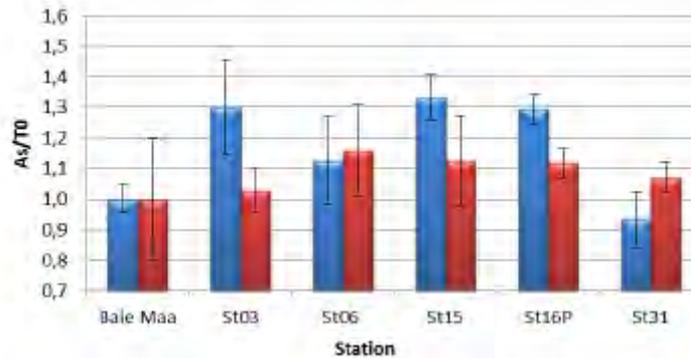
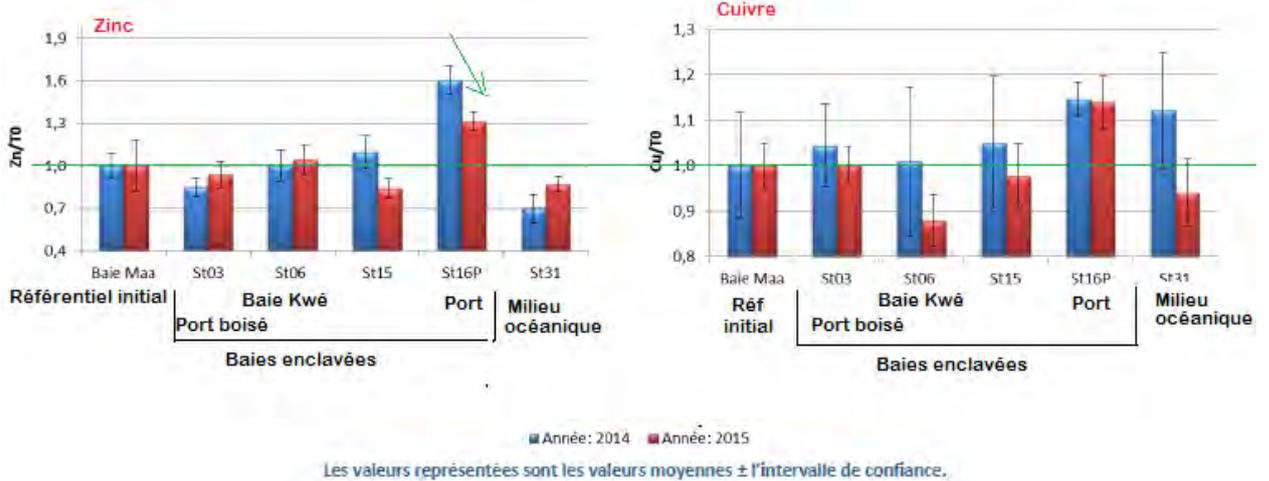
- Les métaux qui sont des indicateurs terrigènes de la géologie des sols miniers (Ni, Co, Cr, Mn, et Fe) sont des meilleurs indicateurs suivis que les autres (As, Cu et Zn). Et, en toute logique, les Facteurs de Concentrations FC sur ces métaux terrigènes sont supérieurs dans les stations des baies (Prony, Port boisé et Baie Kué) que sur la station océanique du canal (St 31 Nouaré).
- Dans les baies encavées (Prony, Port Boisé et Baie Kué) seuls 3 métaux : Co, Mn et Cr montrent que les bivalves immergés 5 mois les accumulent significativement, cela n'est pas le cas pour les autres métaux.
- Co et Cr se dégagent comme les métaux les plus pertinents en temps qu'indicateurs avec ce type de suivi.
- La Baie du Prony présente des réponses par bio accumulations supérieures à celles des baies de Port Boisé et baie Kué.
- En milieu océanique : seul le Cr montre une bio accumulation, tandis qu'il y a élimination du Fe et du Ni par rapport au lot témoins.
- Pour les métaux non -miniers aucune tendance significative : ni accumulation, ni élimination. Seule la station du port (sous les quai St16P) montre une réponse au Cu et au Zn.

- L'année 2015 montre une augmentation des FC de certains métaux par rapport à 2014. Cependant les modifications de la méthode rendent celles-ci non significatives au niveau d'éventuelles tendances évolutives.

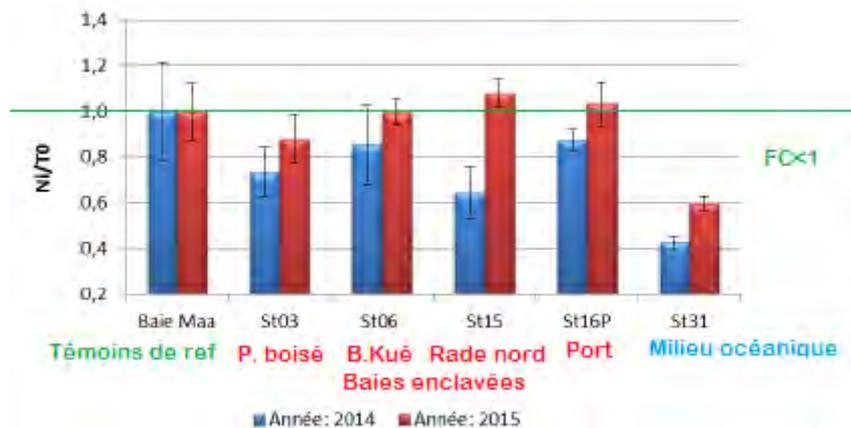
Le travail de 2015 est surtout une confirmation méthodologique de la technique du « caging »

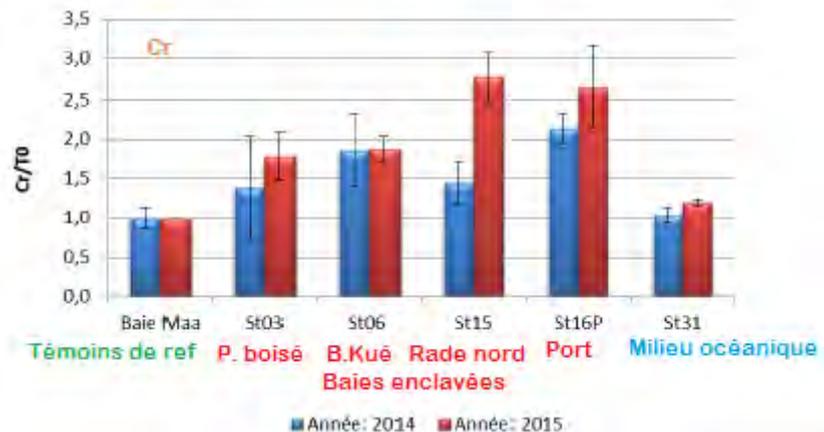
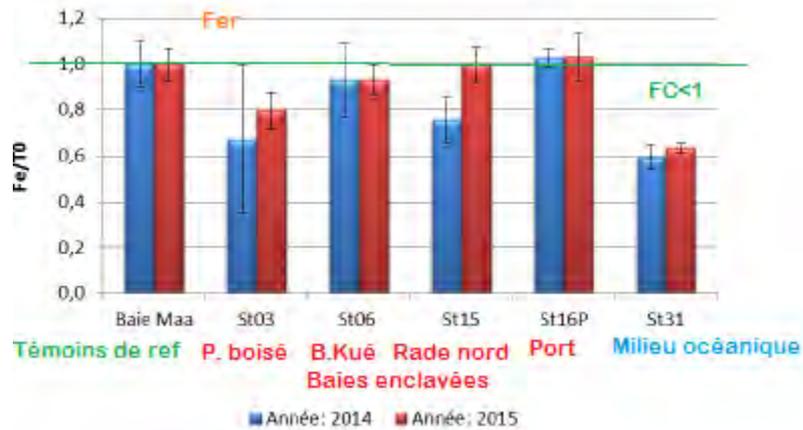
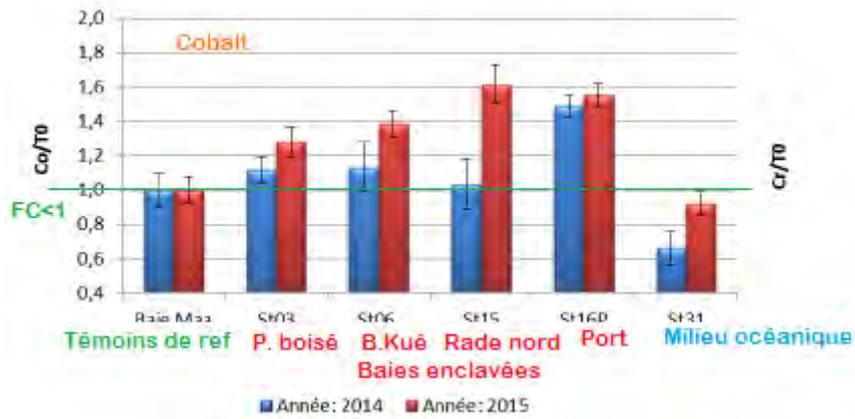
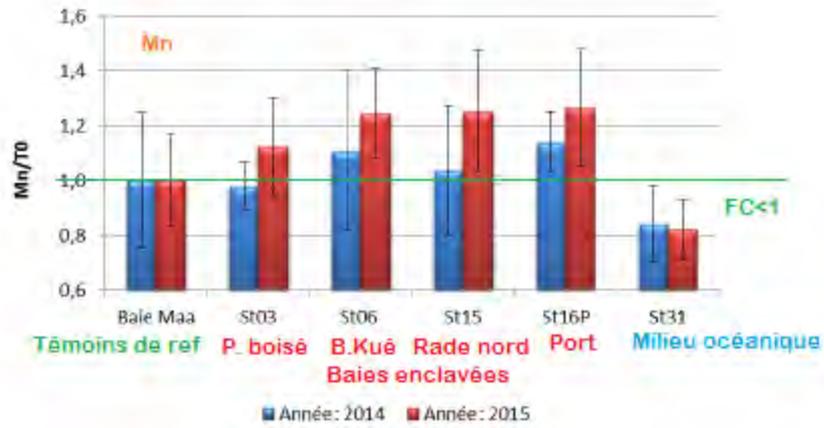
Figure 62 : Facteurs de concentrations en métaux (FC) en 2014 et en 2015

Rappel : FC < 1 indique une diminution, une perte de l'élément considéré en zone suivie, par rapport au témoin initial qui « dégorge » plus qu'il n'accumule



Et pour les métaux indicateurs terrigènes Ni, Mn, Co, Cr et Fe





3.2.5. Suivi des flux sédimentaires

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. Des mouillages de lignes équipées de pièges à sédiments séquentiels (automatisation) 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

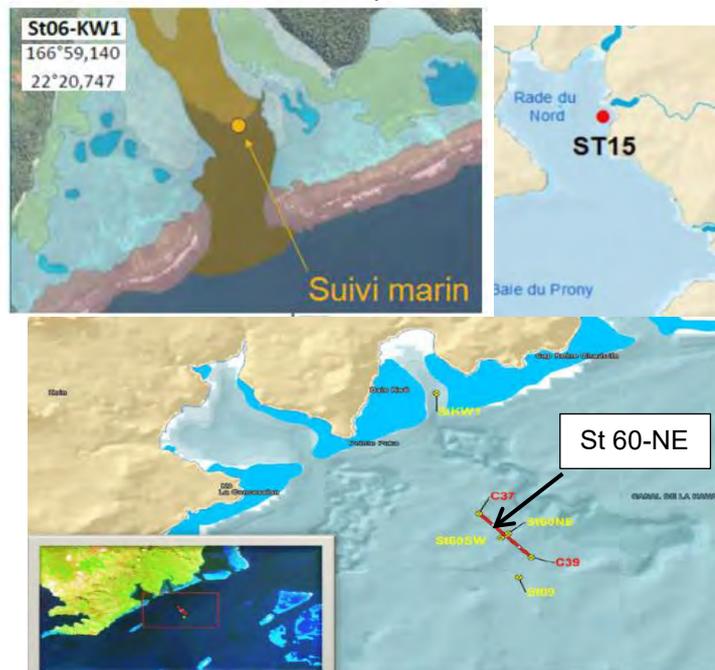
L'importance des vents avait été sous-estimée mais la synthèse des suivis en a démontré l'ampleur.

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.

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 corrélés 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 2015**

La collecte des particules a été conduite entre juillet 2015 et Novembre 2015.

- Creek baie Nord et Emissaire : 17 JUILLET 2015 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 3 SEPTEMBRE 2015 à 00h00.
- Baie Kué : 03 OCTOBRE au 20 NOVEMBRE 2015

Météo associée :

-Juillet/Septembre :

Pas des pluies conséquentes, le principal évènement pluvieux enregistré entre le 28 juillet et le 4 août

2015 n'a cumulé que 22,9 mm de précipitations. L'ensemble des précipitations cumulées pour la période ne représente que 96,0 mm, ce qui reste environ trois fois moins important que lors de la campagne de saison fraîche précédente (septembre-octobre 2014), qui avait enregistré 297 mm.

-Octobre /Novembre :

Pour l'ensemble de la période, il a été enregistré 148,9 mm de précipitations cumulées soit deux fois moins que lors de la précédente campagne de saison fraîche de septembre-octobre 2014 où 297 mm de précipitations cumulées avaient été observées.

Plus de détails dans le rapport intégral en annexe de ce bilan

BAIE KWE (Station St06-KW1)

Pour rappel, en 2014 la masse moyenne de MES collectées (12,14 g +/- 6,82) était en baisse significative par rapport à 2013, les précipitations plus faibles et les régimes des vents expliquant en partie ce constat.

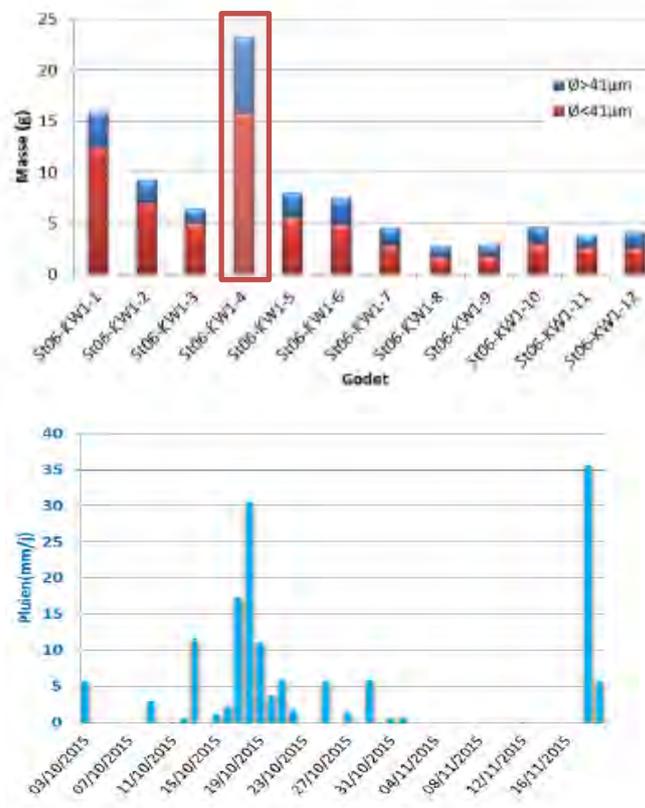
Au premier semestre 2015 la masse de MES récoltées ont légèrement augmenté avec une masse moyenne collectée de 13, 25 g +/- 7,21. Ce sont les précipitations et les vents de secteurs Sud qui font augmenter les masses de MES récoltées.

► Au second semestre 2015, la masse moyenne collectée en baie Kué est de **7,77 ± 6,10 g**.

La plus forte quantité de MES (23,26 g) a été collectée entre le 15 et le 18 octobre (Godet n°4) , elle correspond à une période où 50,8 mm de précipitations cumulées sont tombées, accompagnées de vents forts (17,2 ± 3,1 m/s), cependant les sédiments récoltés durant cette période sont carbonatés d'origine marine à 46%.

Le pourcentage de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) est de $68,4 \pm 6,3 \%$ ce qui est plus faible qu'en septembre-octobre 2014 (dont la valeur était de $83,8 \pm 1,9 \%$)

Figure 64 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel à particules mouillé du 3 octobre au 19 novembre 2015 en Baie Kwé (St06-KW1). et pluviométrie.



► Pour l'ensemble des godets capteurs intégrateurs, les MES récoltées sur la station St06 KW (au centre du chenal de la baie Kué, Cf. carte ci-dessus) sont constituées majoritairement d'une fraction carbonatée ce calcite et aragonite qui varie de 85 % à 89 % des pérites récoltées, cette fraction carbonatée est due à des sédiments d'origine marine remis en suspension.

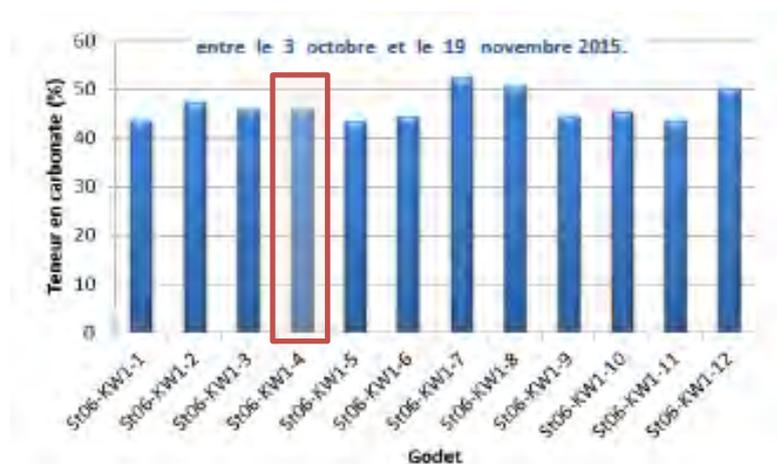
Elle augmente lors des vents de secteurs Sud et elle diminue lors des épisodes pluvieux. En effet lors des épisodes pluvieux, ce sont les fractions terrigènes qui augmentent, mais sans devenir majoritaire comme le montre la figure suivante. Ce fait ne change pas depuis le début des suivis.

Tableau 21 : Teneurs en calcite, aragonite et goethite des MES récoltés en baie Kué

ECHANTILLON	% Calcite	% Aragonite	% Goethite
St06-KW1-1	46	38	15
St06-KW1-4	59	26	15
St06-KW1-9	59	30	11
St06-KW1-11	64	26	11

St06-KW1) **Influence marine dominante** **Influence terrigène < 15%**

Figure 65 : Teneur en carbonates dans la partie fine pélique des MES récoltées dans les 12 godets en baie Kué (Station 06-KW) du 03 octobre au 9 novembre 2015



CANAL DE LA HAVANNAH (Station St60- NE)

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

► La fraction fine est constituée de calcite et d'aragonite qui indiquent une influence exclusivement marine.

► Les précipitations ne font pas varier les MES récoltées au niveau du canal,

La plus forte quantité prélevée (6,86 g) concorde avec une période de faibles précipitations cumulées (11,6 mm) et un régime de secteur NE qui a basculé au secteur SW à S ($10,4 \pm 2,6$ m/s).

Moyenne : $1,94 \pm 1,84$ g,

RADE NORD DE LA BAIE DU PRONY (Station St15)

A la station St15, (Creek baie Nord) la masse moyenne de MES collectées est faible : $0,26 \pm 0,27$ g,

Comme attendu, les MES sont composées de minéraux d'origine marine et terrigène, l'influence marine est faible au niveau de cette station de type « fond de baie »; cependant et contrairement aux missions précédentes : au premier semestre 2015 l'influence marine est bien perceptible.

Tableau 22 : Teneurs en calcite, aragonite et goethite dans les MES -Rade Nord

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

Influence marine Influence terrigène

Au second semestre cette influence marine reste influente, autour de 20% à 29% de la fraction pélique, même en fond de baie les flux sédimentaires fins sont influencés par des fractions carbonatées dues au corail et coquillages donc une influence non terrigène.

La variabilité des masses collectées dépend très étroitement des précipitations ainsi que de l'orientation et de la force des vents qui conditionnent la dispersion ou le confinement des panaches turbides.

➤ **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 , (ces éléments montrent des valeurs corrélées entre elles) et Fe; et aussi des sédiments d'origine marine (Ca) ; ces derniers sont sujets à un apport et une remise en suspension de sédiments marins en fonction de l'orientation des vents (de secteur Sud à Sud Est qui s'engouffrent dans la Baie Kwé). En baie Kwé, au niveau du chenal où est située la station St06, les MES récoltées sont majoritairement constitués de calcite et d'aragonite.

Les récoltes en périodes de pluie montrent logiquement d'avantage de MES d'origine terrigène, cependant un décalage temporel a déjà été noté entre la période pluvieuse et l'augmentation des flux de MES.

L'évolution du ratio Ca/Fer est un indicateur intéressant car son augmentation indique une moindre influence des apports d'origine terrigène. 

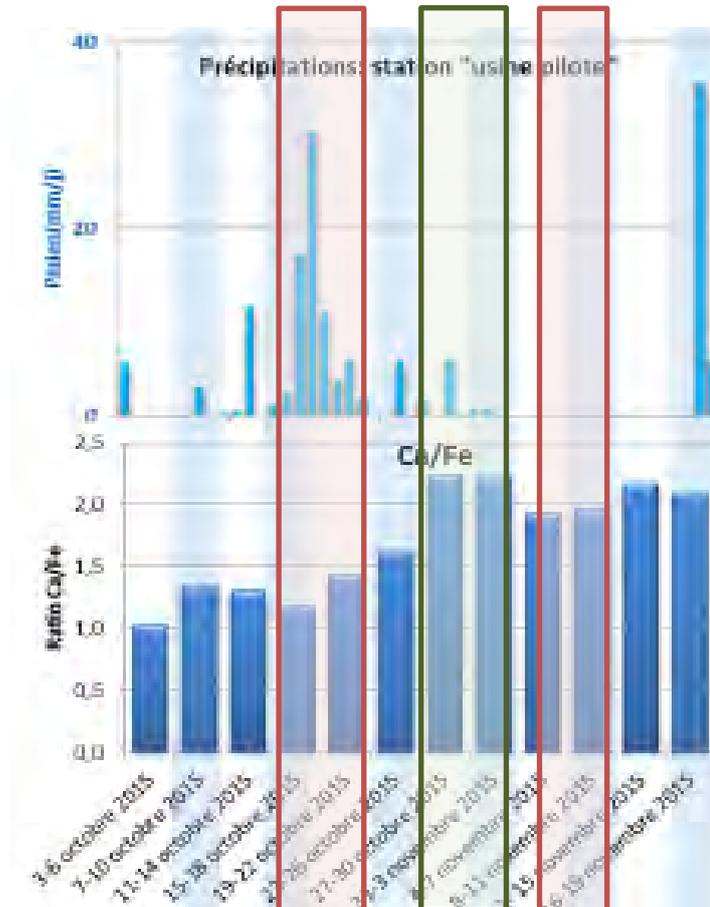
Après un fort épisode pluvieux le ratio Ca/Fer chute dans les flux de MES des hydro régions sous influence côtière. Cependant, en 2014, il était observé que lors de certains épisodes pluvieux, le ratio Ca/Fe restait stable en baie Kwé.

Pour ce second semestre 2015 (cf. figure suivante), le ratio Ca / Fe :

- diminue en période de pluies (première partie de la saison, pluies du 10 au 26 octobre) ce qui est son évolution classique et attendue ;
- remonte quand la période est sèche (seconde partie de la saison, en novembre, ce qui sont évolution normale)
- les faibles pluies ne l'influencent pas. (Travail des bassins de sédimentation).
- Et par contre il peut chuter (légèrement) alors que la période est sans pluie.

Cela montre la complexité de l'influence terrigène en baie Kué en fonction de la pluviométrie, de l'efficacité et du volume des bassins de sédimentation qui peuvent faire « tampon » ou « décalage » et des vents de secteurs Sud ou violents qui remettent en suspension des sédiments, ainsi que de la topologie/hydrologie de rivière et de ses berges (exportation).

Les résultats des suivis de flux sont à analyser en cohérence avec ceux de la qualité des sédiments, en 2015 ils se confortent.

Figure 66: Baie Kwé pluviométrique et ration Ca/Fe dans les MES récoltées dans les flux

Tableau 23 : Evolution du ration Ca/Fe dans les MES récoltés par pièges à sédiments séquentiels sur la station de la baie Kwé (St 06) Relevés des saisons chaudes

Ca/Fe	2007-2008*	Juil-août 2011	Sept-oct 2012	Juil-août 2013	Sept-oct 2014	Oct-nov 2015
Moyenne	3,85	3,17	2,40	0,98	1,85	1,7
Ecart-type	0,51	0,50	0,31	0,46	0,27	0,4

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

Ratio Ca/Fe
Indicateur d'une
influence terrigène
plus forte quand il
diminue

Tableau 24 : Concentration en calcium et en métaux indicateurs terrigènes des MES récoltées en baie Kué (St 06-KW01) au second semestre 2015 et comparaisons avec 2007, juillet /aout 2013 qui a subi des inondations et le premier semestre 2015.

	Élément analysé (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Etat de référence 2007	290 310	58	2 667	68 940	577	1 142
Campagne de juillet-août 2013	164 584	214	7 111	189 732	1 687	3 539
Campagne de septembre-octobre 2014	242 857	115	3 829	132 978	885	1 999
Campagne d'octobre-novembre 2015	165 560	108	4 126	101 619	940	1 882

L'influence terrigène est décelée par :

- les concentrations en métaux (Ni, Co, Cr et Mn principalement) dans les MES récoltées au centre de la baie Kué et
- la baisse du ratio Ca/ Fe

Elle reste dans une tendance progressive en baie Kué



(L'année 2013 faisant exception par la violence des pluies et inondations qui l'ont caractérisée). Les flux de MES dépendent principalement des précipitations sur un bassin versant de grande surface et des vents (secteur et force), ainsi que de l'hydrodynamisme et des exportations de la rivière, au centre de la baie Kué la majorité de MES récoltées est cependant constituée de calcite et d'aragonites (d'origine marine).

BAIE DU PRONY (Station creek baie Nord St15)

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



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

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



➤ **CALCULS DES FLUX DE MATIERES**

BAIE KWE

Entre juillet 2011 et février 2015 les flux de MES sont compris entre **11, 8 g/m3/ jour et 66,3 g/m3/ jour** (+/- 8,4 et 36) ; les apports sont plus importants en saison chaude qu'en saison fraîche.

En octobre et novembre 2015 le flux a été évalué à **38,8 g/m3/ jour**



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

▶ Une étude 2000 de Rescan, quant à elle, a donné en baie Kué une fourchette de **17, 5 g/m2/j à 38 g/m2/j**, elle ne sert pas de référence car les relevés IRD 2007 bien que plus faibles et plus contraignants, ont été choisis pour référentiels en raison de la méthodologie rigoureuse de ceux-ci.

Si l'on fait la moyenne des résultats obtenus au niveau des flux de MES en baie Kué durant toutes les années d'activités minières (2007 à 2015) on obtient **40,3 g/m2/j** .

Tableau 25 : Valeurs moyennes des densités particulières des flux entre 2006 et 2015 sur la station St06 de la baie Kwé

Baie Kwé (St06-KW1)											
Campagne	Campagne										
	nov-06	mars-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13	juil-13	janv-14	Sept-14	Janv-15	Oct-15
Moyenne (g/m ² /j)	14,6	28,3	27,1	39,5	26,4	46,5	58,1	60,7	11,8	66,3	38,8
Ecart-type	7,4	9,2	30,0	33,2	13,1	29,5	67,8	34,1	8,4	36,1	30,5
Masse sédimentée (g/m ²)	700	1132	1299	1084	1267	2231	2786	2914	569	3181	1864

Pluies exceptionnelles < état de réf. 2006
Dernière campagne : 38,8

BAIE DU PRONY

Le flux moyen mesuré au second semestre 2015 est très faible, il est de **1,3 g/m³/ jour** (+/- 1,3), proche de l'état de référence 2006.

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

CANAL HAVANNAH

Entre juillet 2011 et 2015 les flux moyens sont compris entre **3, 5 g/m³/ jour et 15,6 g/m³/ jour** (+/- 3 et 15). La tendance 2011- 2014 à l'augmentation des flux moyen est confirmée mais le flux caractérisé par le marqueur Nickel reste stable et **en 2007 des flux allant jusqu' à 26 g/m³/ jour** avaient été enregistrés.

Second semestre 2015 : **9,9 g/m³/ jour**

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

Intégralité du rapport sur les flux de MES et bases de données en annexe de ce document

Les flux de MES, indicateurs intégrateurs sur 48 jours de suivi en continu, ne présentent pas lors de cette missions des résultats élevés ou non conformes aux caractéristiques du milieu naturel

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

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

- **La structure et la qualité** (*pH, conc. en métaux dissous, hydrocarbures...*) **de l'eau** : 4 fois/ an
- **Les sédiments** : 1 fois/an.
- **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** (coquillages filtreurs) est surveillée annuellement par *le caging*). La cage St16P a été ajoutée en 2014 au plus près du quai vraquier et sans gêner les manœuvres. (Cf. schéma ici dessous)

Figure 67: Position des stations suivies au port de Prony



► Rappel : Les travaux de nettoyage et de récolte du Calcaire/charbon/soufre 2015

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

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

Ce travail de nettoyage du fond à l'aplomb du quasi vraquier a été conduit et achevé au premier semestre 2015. Les états des lieux d'un point de vue des écosystèmes (corail, benthos, poissons) et au niveau de la qualité de l'eau du port, à l'aplomb du quasi vraquier et alentours (cf. figure ci-dessous), ont été conduits au temps t_0 (avant les travaux), ils se sont poursuivis au temps t_1 pendant les travaux et par la suite un bilan t_2 (après les travaux) a été effectué.

Figure 68 : Mesures environnementales de surveillance et d'accompagnement lors du nettoyage du port de Prony à l'aplomb du quai vraquier. Points et zone de suivis.



Conclusion : Les valeurs de la turbidité, obtenues pendant la période de dragage sous le quai vraquier du port, sont confondues dans la variabilité observée pendant les campagnes de suivi réglementaire de la station portuaire St16. La zone de dragage entre 0 et 20m ne présente pas d'élévation anormale de la turbidité de l'eau pendant les périodes des travaux. (Cf. figures suivantes)
Les scientifiques qui ont effectué ces suivis concluent :

Dans le cadre des opérations de dragage, aucun impact n'a été mis en évidence, ni pendant les travaux de dragage, ni après. La turbidité qui a pu être observée pendant le dragage est la conséquence d'événements naturels (précipitations atmosphériques).

Rapport hors exigences réglementaires des suivis marins: OPERATION DE DRAGAGE PORTUAIRE : SUIVI DE LA TURBIDITE AU VOISINAGE IMMEDIAT DU « QUAI DES VRAQUIERS » (BAIE DU PRONY).AEL. OCTOBRE 2015.

Figure 69 : Profils de turbidité (NTU) obtenus lors des campagnes T0 à T3 et comparaison avec les profils obtenus à la station St16 lors des campagnes trimestrielles de 2014 du suivi réglementaire.

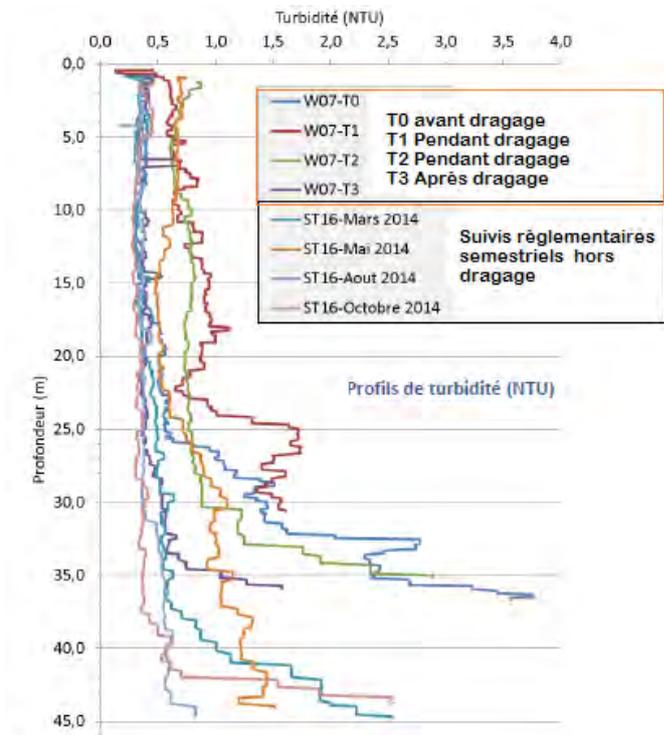
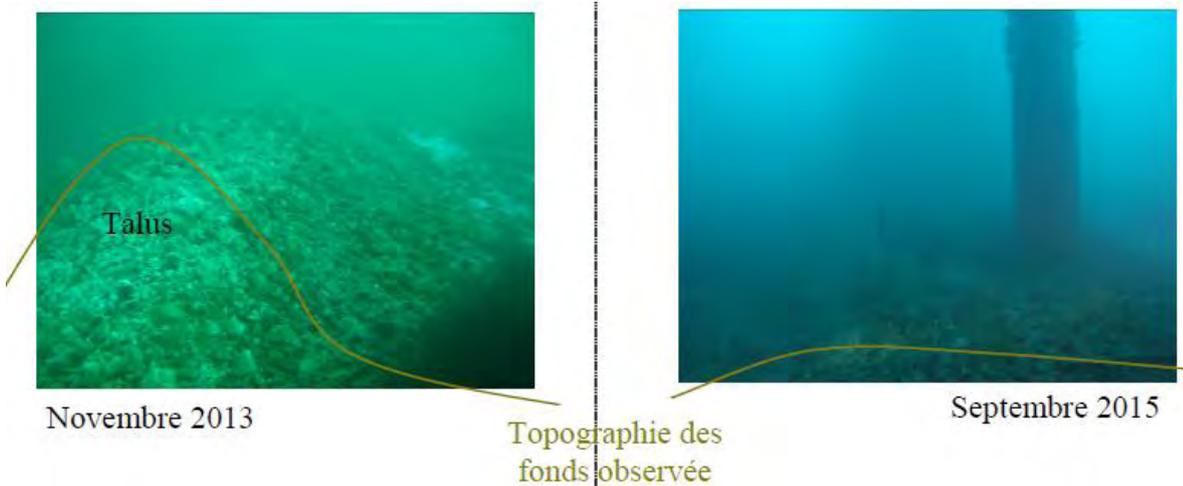


Figure 70 : Le talus évalué avant travaux a été éliminé par récupération des matériaux comme le montrent les photos de contrôle des travaux



► **La qualité de l'eau au Port de Prony (St16)**

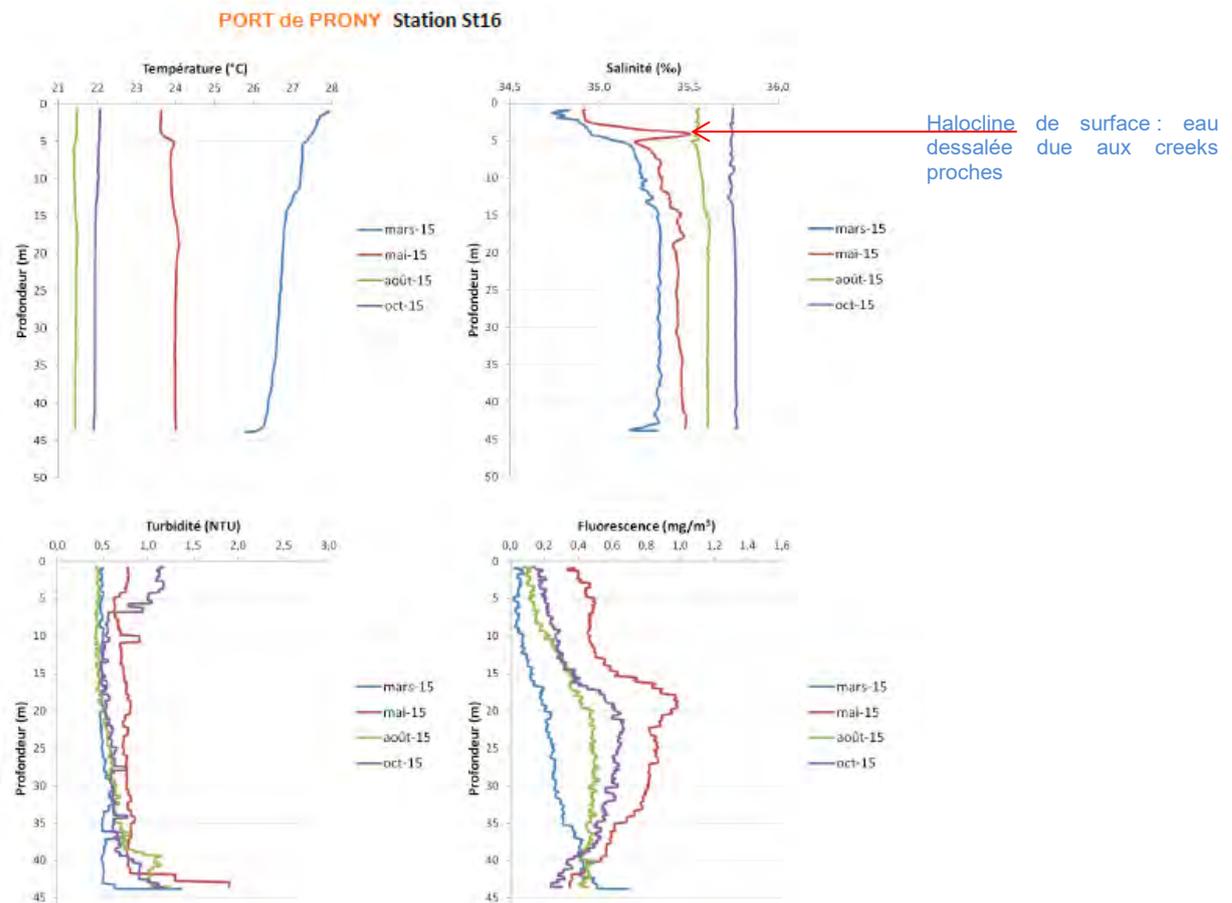
Le rapport intégral dédié à la qualité de l'eau suivie trimestriellement au niveau de la Station st16 portuaire est communiqué en annexe 7a de ce bilan 2015.

Cette étude met en évidence l'influence des apports d'eaux douces sur la qualité physico-chimique des masses d'eaux et leurs concentrations en métaux dissous dans la baie du Prony, surtout sur la station la station St15 (qui située proche du Creek Baie Nord et au Sud la rivière Gadji dont les débits sont permanents).

- La station St16 (du Port de Prony) est nettement moins soumise à l'influence des apports terrigènes que St 15, bien qu'un creek (non permanent) se déverse sur son côté Est. (Cf. la photographie précédente, le creek est bien visible et indiqué en bleu).

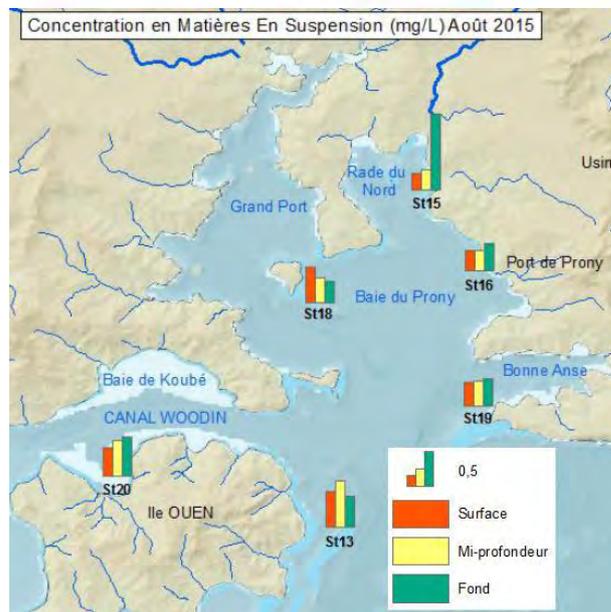
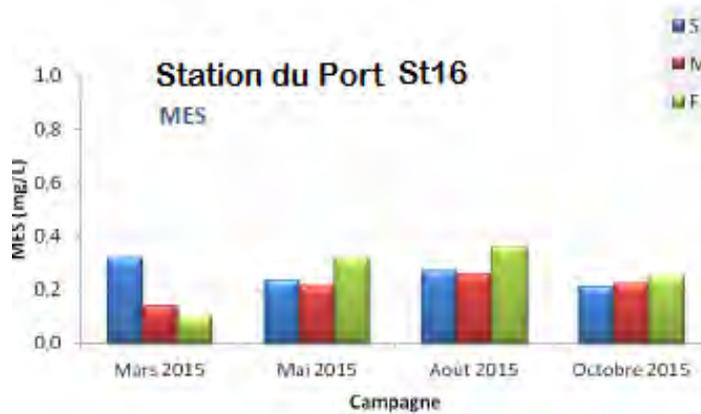
Figure 71 : Structure verticale de la colonne d'eau sur la station St16-Port de Prony en 2015

Température et salinité



- **Hydrocarbures**
L'analyse des prélèvements des stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de quantification de la méthode (<0,09 mg/L).
- **Le Ph** ne relève aucune variation : moyenne de 8,19 (écart type de 0,04)
- **Quant aux MES** (Matières en suspension) analysées dans les échantillons d'eau prélevés en surface, à mi profondeur et au fond, leur concentration est faible et stable au niveau du port de Prony, comme le montre la figure suivante. MES toujours < 0,37 mg/L

Figure 72 : Concentration en MES lors des prélèvements timesteiels au niveau de la station St16 du port de Prony. Année 2015.



- **L'étude des concentrations des métaux dissous (Co, Cr VI, Mn, Ni, Zn et Cu)** mesurées depuis le début des campagnes trimestrielles aux stations St15 (Rade Nord) et St16 (Port de Prony) n'a dégagé aucune tendance particulière au fil des années.



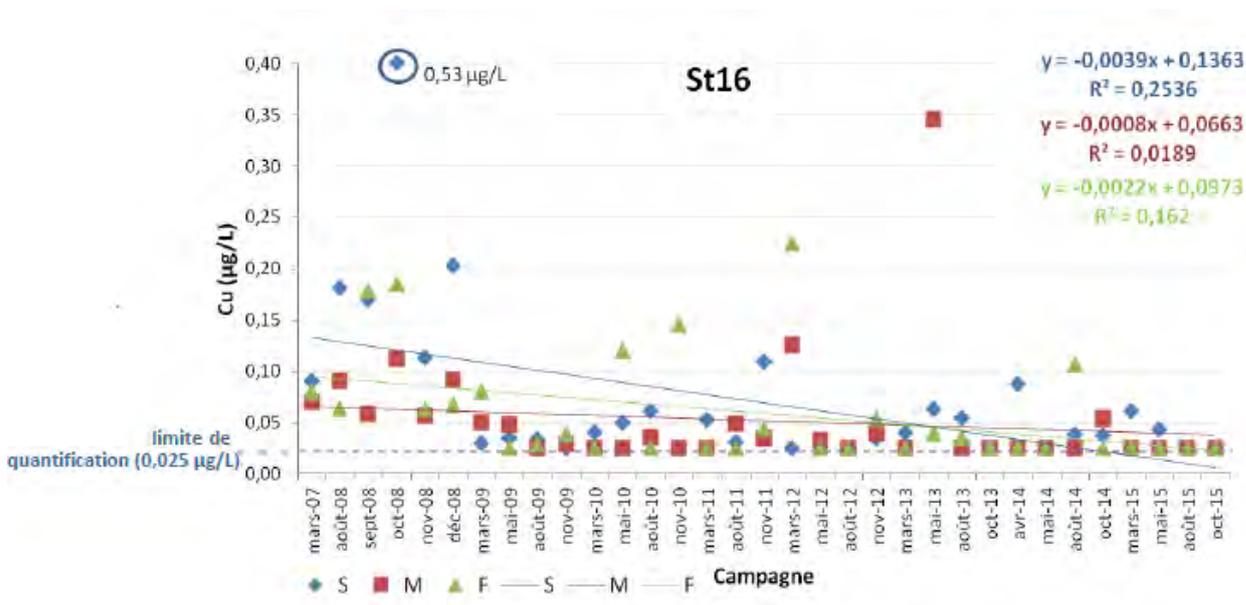
Les concentrations obtenues lors des campagnes trimestrielles de 2015 restent dans les mêmes ordres de grandeur que celles mesurées depuis le début des campagnes.

Le chapitre 3.2.2 sur la qualité de l'eau et les concentrations en métaux relevées au niveau de toute la région du Grand sud, montre que le Port de Prony ne présente pas des concentrations en métaux différentes à de celles qui caractérisent les autres zones côtières du lagon sud.



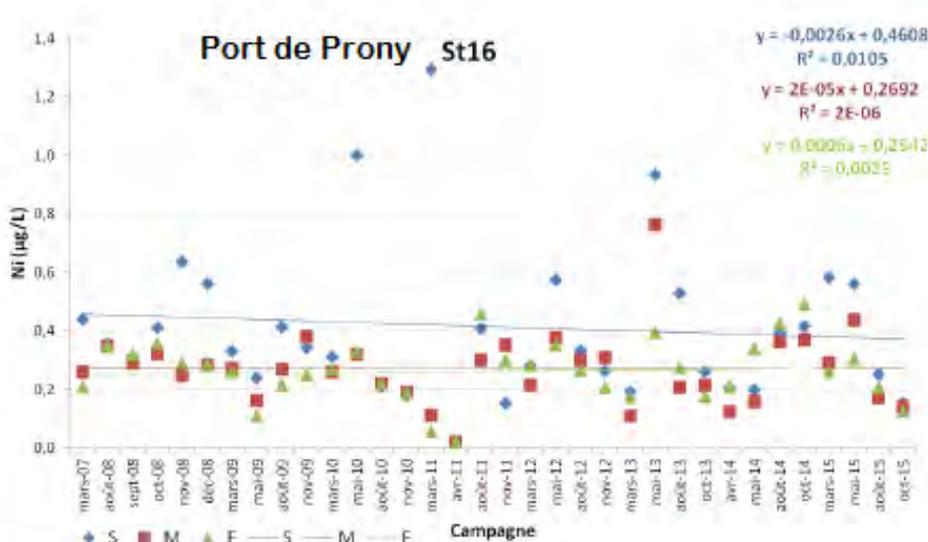
Les deux métaux Cu et Zn sont suivis avec attention au niveau du port et ne présentent ni anomalie ni évolution, leurs concentrations sont faibles et souvent inférieures à celles d'autres zones du lagon non sous influence anthropique.

Figure 73 : Concentrations en Cu mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2015



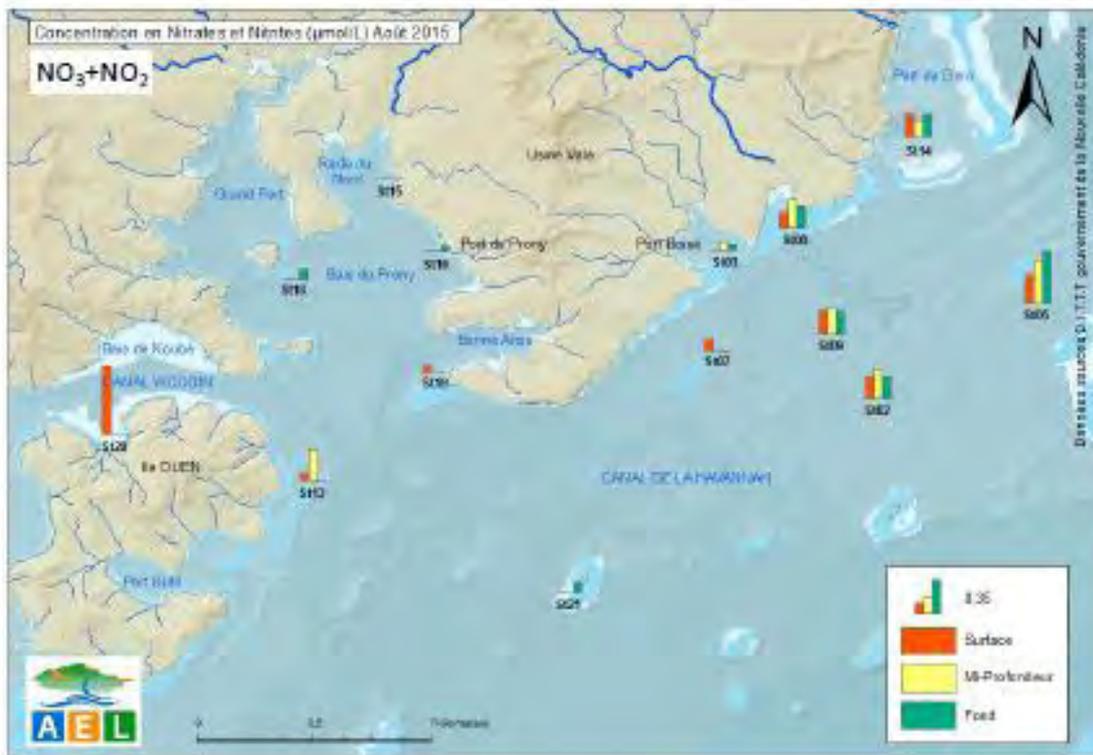
- **Les concentrations en Zn** : elles sont toutes inférieures à la limite de quantification du zinc $Zn < 1\mu\text{g/L}$.
- Au niveau de la concentration en nickel, depuis 2007 jusqu'en 2015

Figure 74 : Concentrations de Ni mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2015



- **Au niveau des nitrates et des nitrites**, la baie du Prony au niveau des bassins versants du Port (et de la base) ne présente aucune élévation des nitrates, et de même pour les autres sels minéraux ou bien les indicateurs d'activité chlorophyllienne.

Figure 75 : Concentration en nitrates et nitrites , comparaison spatiale des stations entre elles . S2/2015



Rappel : Les résultats plus détaillés et les données brutes sont en annexes 1 et 7 de ce bilan.

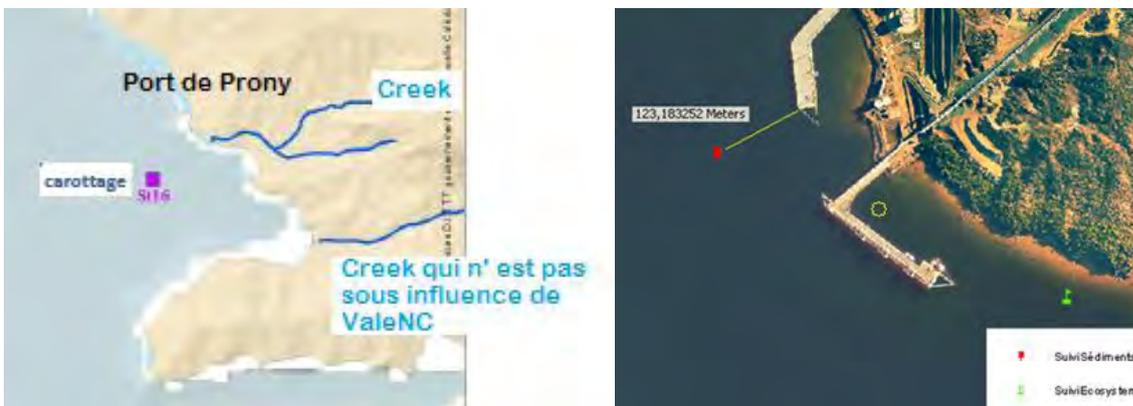
Qualité de l'eau bonne et stable, pas de pollution détectée au niveau de la Station St16-Port du Prony



► **Qualités des sédiments au niveau de la station St16 du port de Prony**

Le rapport intégral dédié à la qualité de l'eau suivis trimestriellement au niveau de la Station st16 portuaire est en annexe 7b de ce bilan 2015

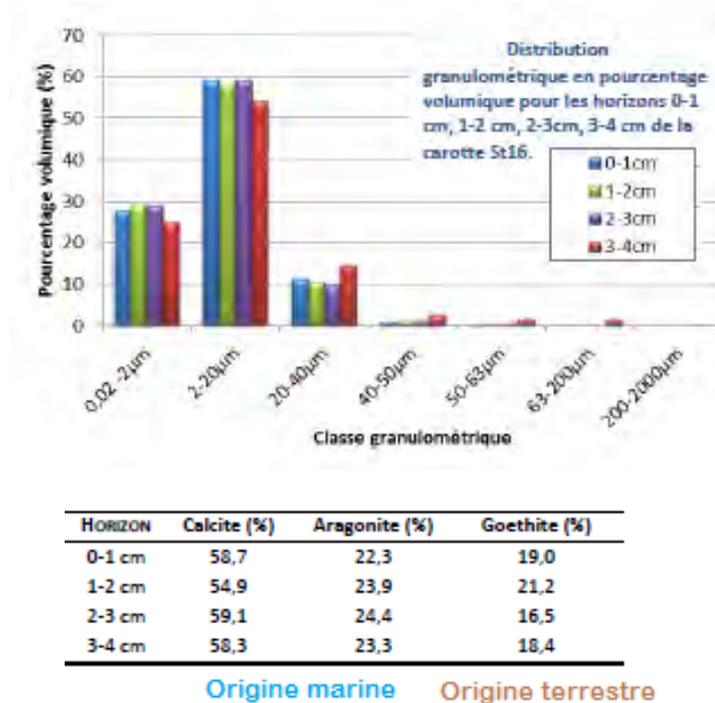
Figure 76 : Carottage du suivi annuel des sédiments au niveau de St16- Port du Prony



La caractérisation physico-chimique des quatre premiers horizons sédimentaires de la carotte St16 a montré une nouvelle fois que la fraction péltique (fine, $\varnothing < 41\mu\text{m}$) était quasiment exclusive. (cf. figure suivante) Cette fraction péltique est de nature silto-argileuse selon la nomenclature de Shepard, elle

est majoritairement composée de minéraux d'origine marine (à savoir la calcite et l'aragonite) et dans une moindre mesure de goethite (minéraux terrigène, moins de 21%).

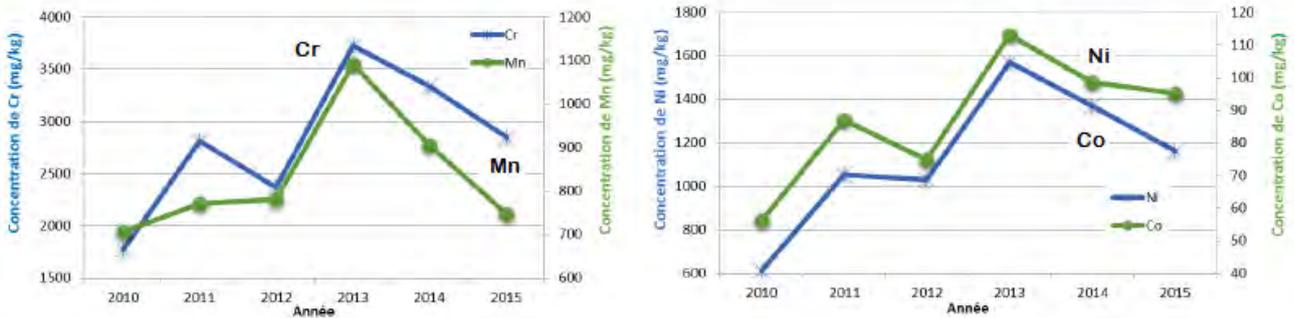
Figure 77 : Caractérisation des sédiments prélevés par carottage au niveau de la station St16 Port de Prony - 2015



La nature des sédiments est en cohérence avec les études des états initiaux, avant la construction du port (Cf. Etude impact, dossier ICPE Port: « 80 % des échantillons sédimentaires prélevés montrent des teneurs en particules fines supérieures à 50%. **La sédimentation superficielle littorale est donc constituée d'une dominante vaseuse, typique des milieux calmes au plan hydrodynamique.** Etude 2002 de caractérisation de la région du futur port »)

- Entre 2010-2015, à l'horizon de surface (0-1 cm), les concentrations totales en métaux latéritiques (Co, Cr, Fe et Ni) sont en légère hausse tandis que celles du Ca et Mn ont diminué, suggérant une progression, toute somme relative et variable, des apports terrigènes à la station ST16. ★
- Entre 2013 et 2015 : Cr, Ni, Co et Mn sont en nette diminution, ★
- pour rappel : l'année 2013 fut exceptionnelle d'un point de vue pluviométrique avec deux fortes dépressions et des inondations exceptionnelles en juillet (> 430 mm Pluie/24h) d'où des indicateurs d'apports terrigènes en hausse. (Cf. chapitre 3.2.1 sur la météorologie)

Figure 78 : Evolution des concentrations totales en Cr, Mn, Co et Ni dans l'horizon sédimentaire de surface (0-1 cm), analysées à la station St16 entre 2010 et 2015. Pour la campagne de 2011, les données relatives à l'horizon 0-1 cm n'étant disponibles, les données de l'horizon 1-2 cm ont donc été prises en compte.

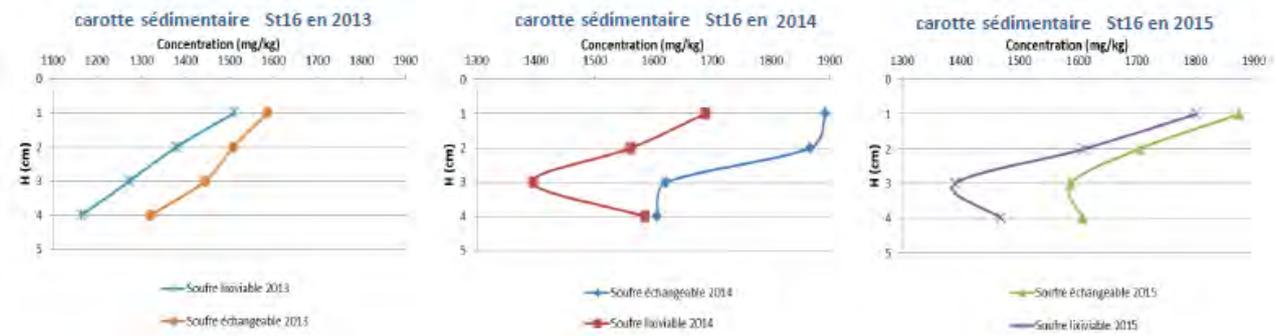


Pour cette campagne 2015, les teneurs en soufre lixiviable croissent de 1390 (horizon 2-3 cm) à 1801 mg/kg (horizon 0-1 cm), et la fraction échangeable passe de 1587 (horizon 2-3 cm) à 1875 mg/kg (horizon 0-1 cm). La carotte prélevée en 2015 donne des résultats tout à fait cohérents avec ceux des carottes prélevées en 2014 et en 2013. (Cf. figure ci-dessous).

Les teneurs en soufre présentent une augmentation conséquente à la surface des sédiments. Ces apports récents en soufre semblent de plus en plus facilement disponibles, ils soulignent l'impact probable du déchargement de cristaux de soufre au niveau du port en champ proche du quai vraquier.



Figure 79 : Concentrations en soufre lixiviable et en soufre échangeable dans les horizons 0-1 cm, 1-2 cm, 2-3cm, 3-4 cm de la carotte sédimentaire St16 en 2013, 2014 et 2015.



Le nettoyage du port au niveau de la zone proche du quai vraquier et les améliorations techniques des déchargements apporteront sûrement une amélioration au niveau de la partie supérieure des sédiments dans la zone très proche du port.

► **Santé des écosystèmes au niveau de la Station Port de Prony (ST03)**

La Station ST03 est située sur la pente récifale bordant un petit récif frangeant relativement bien préservé, cependant la zone est fortement ensavée.

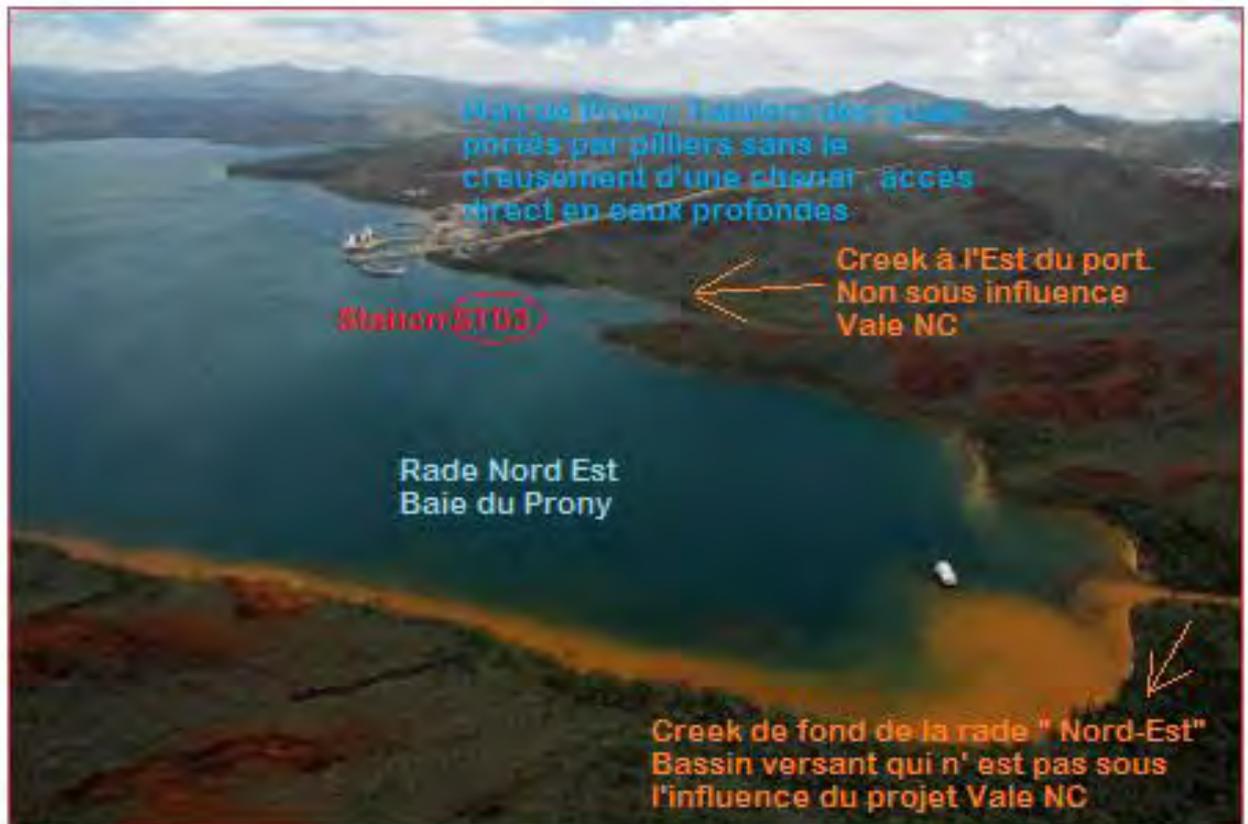


Lors de précipitations de nombreuses particules terrestres sont entraînées par ruissellement dans les cours d'eau qui débouchent à l'Est du port. (Ces cours d'eau ne sont pas alimentés par des bassins

versant sous influence de Vale NC), créant un panache turbide se répartissant dans la baie selon les courants. (Cf. La photographie suivante).

La proximité du port et les mouvements navires peuvent aussi occasionner une remobilisation des particules sédimentaires et un envasement plus conséquent, cependant le port de Prony n'a pas nécessité le creusement d'un chenal et il est directement ouvert en eaux profondes permettant l'accostage des navires. (cf. la photographie suivante sur laquelle on remarque les panaches turbides et la clarté de l'eau au droit du port, grâce aux bassins de sédimentations qui gèrent les ruissellements sur son bassin versant)

Figure 80 : Photographie du port de Prony après un épisode pluvieux



En surface, au niveau de la station Eco systémique, la visibilité peut être réduite à cause de l'apport d'eau douce (halocline : masse d'eau douce sur masse d'eau salée, cf. figure 71 : courbe de salinité, qui détecte cette halocline).

Figure 81 : Schéma structural de la station sous- marine ST03 (Port de Prony) de suivi des écosytèmes

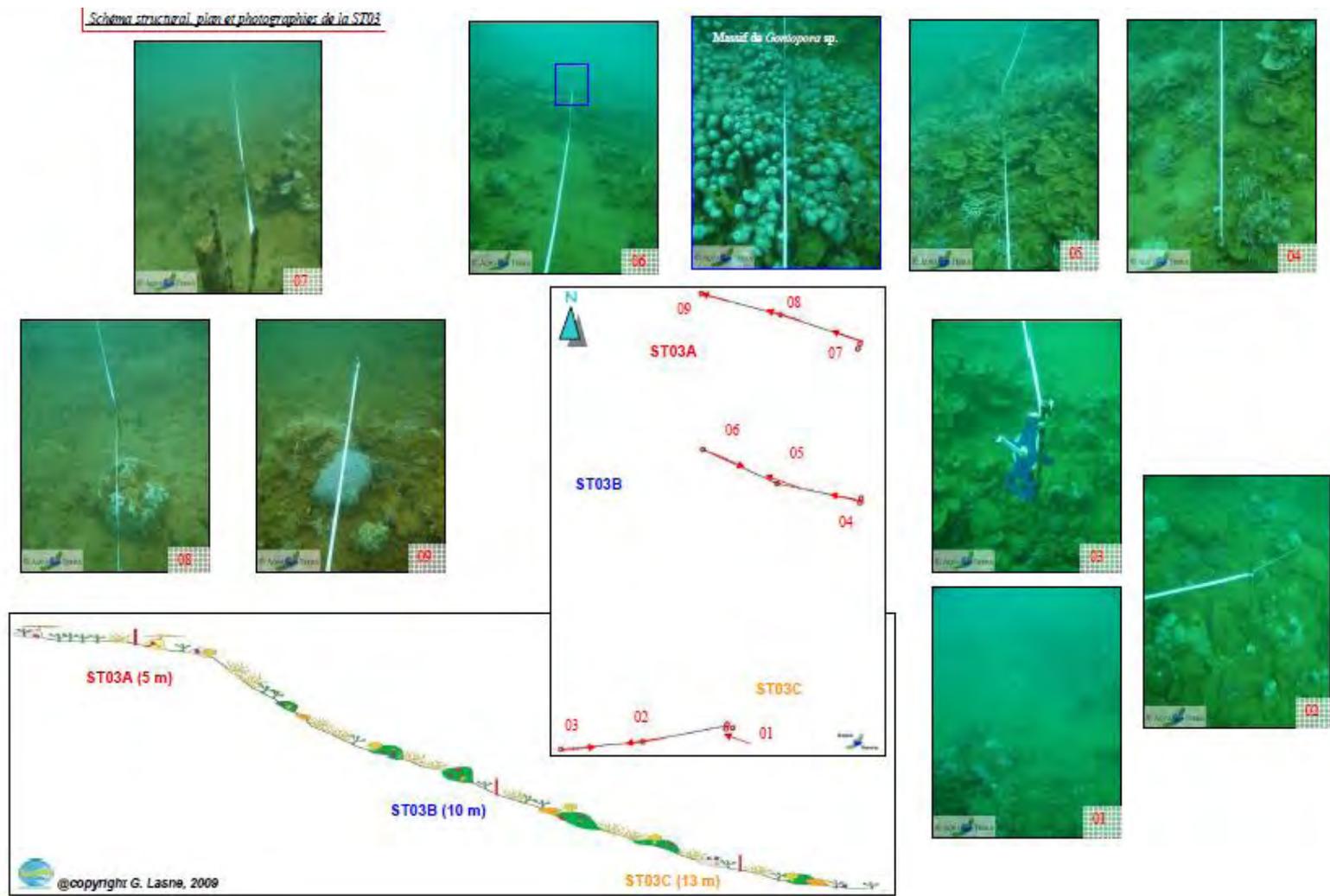
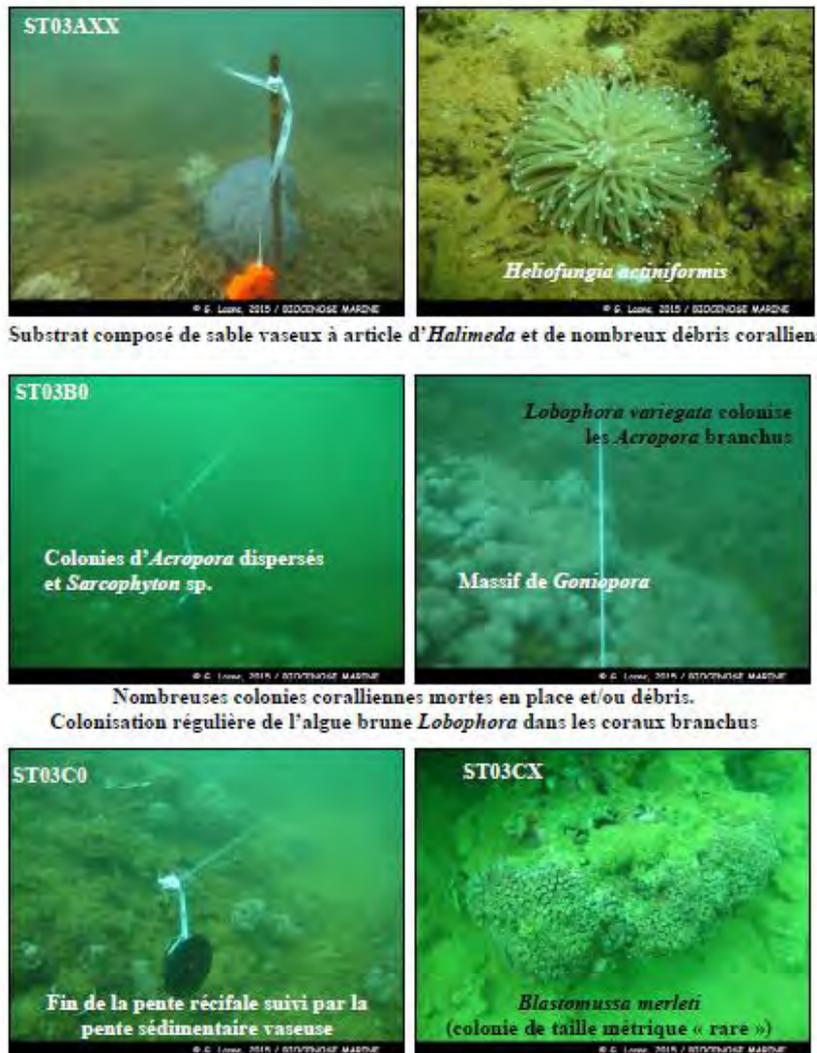


Figure 82 : Photographies le long des transects de la station ST03 -2015



Les coraux branchus et les coraux à longs polypes vont se développer préférentiellement car ils sont adaptés aux zones envasées. Pour les branchus la croissance est plus rapide que l'envasement, les colonies ne sont jamais recouvertes. Pour les coraux à longs polypes, les colonies coralliennes peuvent se dégager des dépôts vaseux par l'intermédiaire de leurs longs polypes. Les colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur : en bas de pente récifale les colonies coralliennes sont la plupart du temps de taille décimétrique et leur assemblage caractérise un milieu turbide.

Rappel :

- Cet envasement de la zone est bien caractérisé dans les études des états initiaux, avant la construction du port. (A2EP 2005 : 79% de vase, 16% de corail vivant).
- Suite à la décision de la construction du port, la transplantation corallienne de 1763 colonies de la future zone portuaire vers des zones d'accueil appropriées (2000m²) a été effectuée et suivie à raison de deux missions par an et durant 5 ans.

Conclusions du suivi du second semestre 2015 au niveau de la station sous-marine ST03 Port de Prony : (Cf. rapport intégral en annexe n°3 pour les données brutes et plus de détails)

- Au niveau du substrat : LIT stable en aout 2015 comme les années précédentes
 - Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques (65.5%), dus à la vase qui est toujours en léger recul. (Cf. figure ci-dessous)

- Le recouvrement corallien est de 6 % au transect A, de 28.5 % en B et de 13 % en C
- Le transect B présente un recouvrement biotique important (91%) dû à une grande part de « Corail mort avec algues », mais qui est en régression et aussi grâce aux coraux scléactiniaires qui sont à mi-pente et correctement représentés (28.5%).

Figure 83 : LIT ST03 au Port de Prony en 2015

Le transect C est le plus profond à 1 », 5 m de profondeur et comme sur toutes les station c'est celui qui présente le plus grand % abiotique.

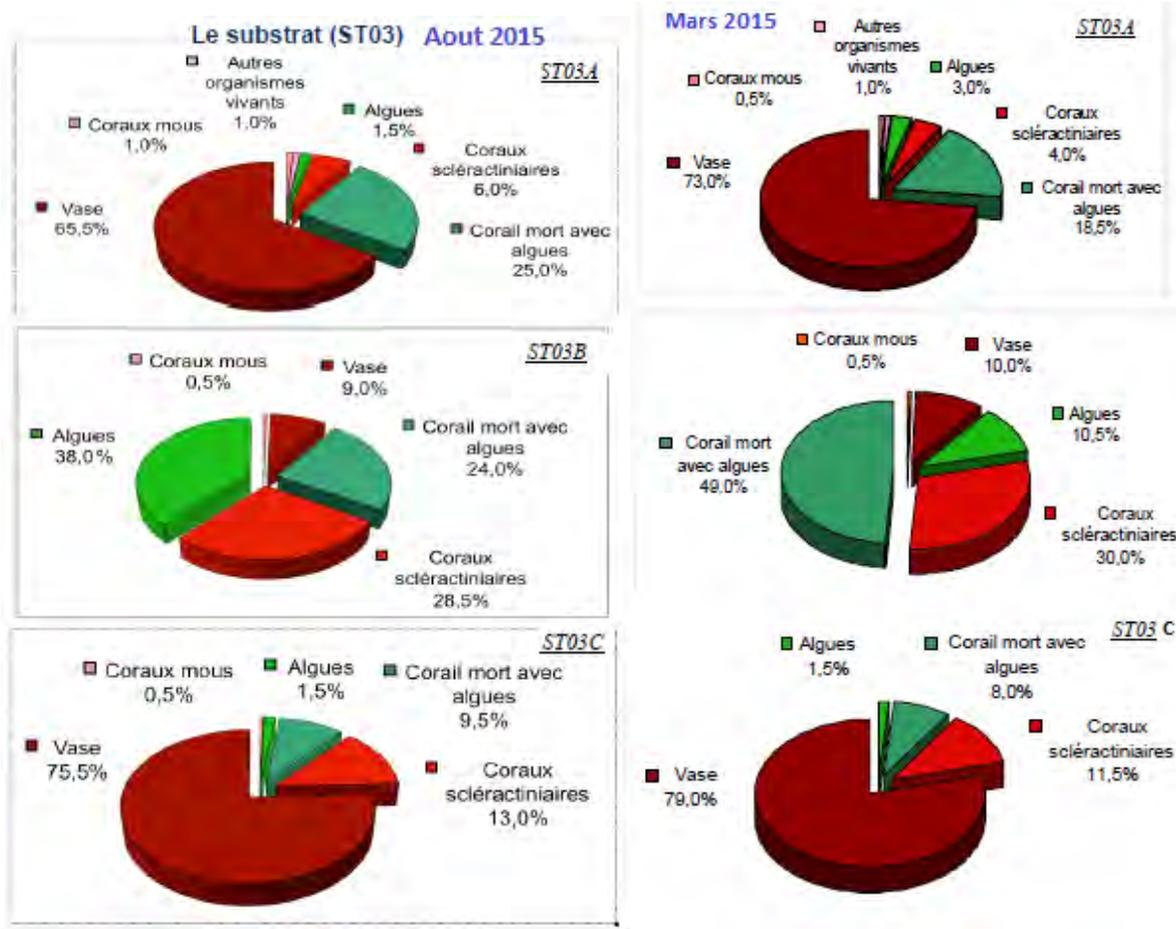
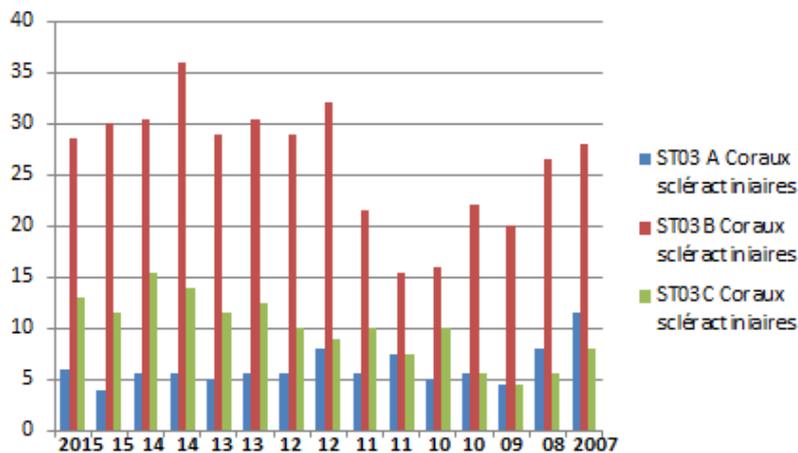
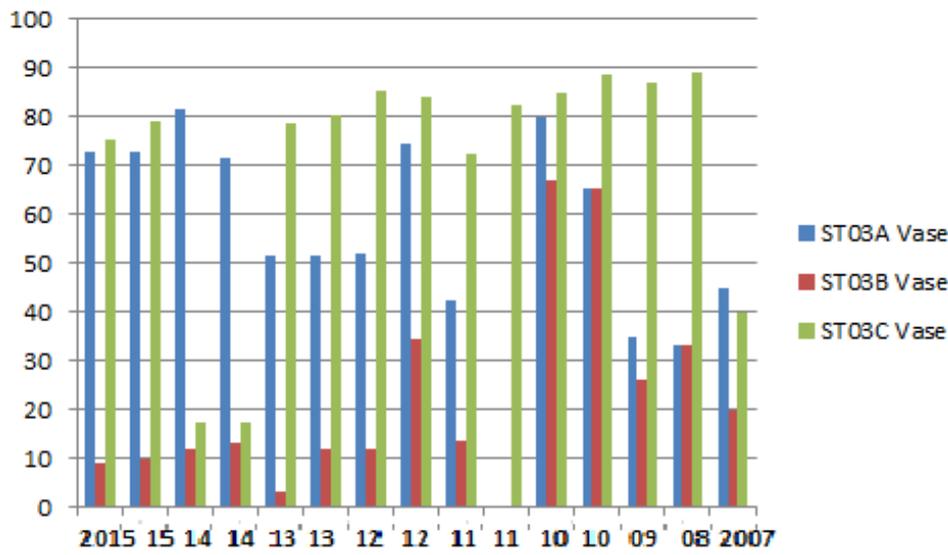


Figure 84 : LIT SUBSTRAT Evolution temporelle des coraux scléactiniaires au niveau des 3 transects de la station ST03 du port de Prony, depuis 2007



Grande stabilité (voire tendance à la hausse) des coraux durs (Scléactiniaires) sur la station ST 03



Figure 85 : LIT SUBSTRAT Evolution temporelle du substrat « vase » au niveau des 3 transects de la station ST03 du port de Prony, depuis 2007


La couverture vaseuse fluctue surtout en fonction des autres compartiments abiotiques comme des débris coralliens, aucune tendance d'augmentation significative de ce substrat n'est à ce jour notable sur la station ST03 du port de Prony. En 2005 il était déjà donné 79 % de vase dans la zone.

LIT STABLE

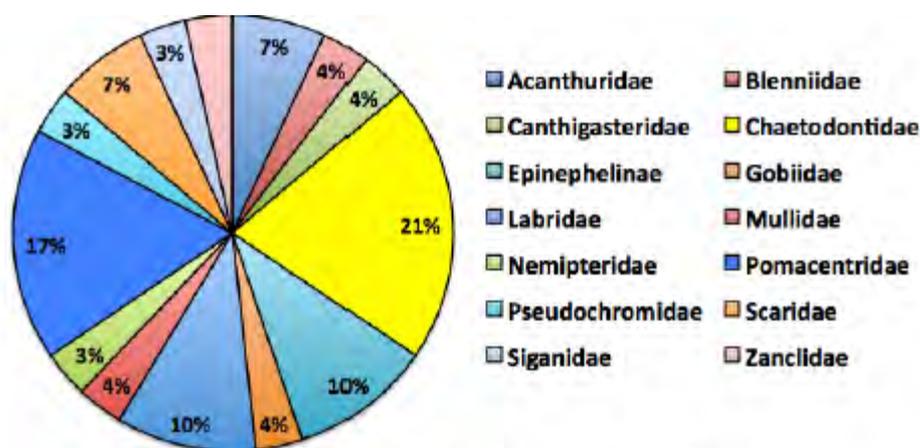
- Au niveau du Benthos : 121 espèces coralliennes (dont 116 espèces de scléactiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires). 47 espèces d'invertébrés dont 16 espèces de mollusques ; 10 espèces de macrophytes : algues vertes (6 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon). 2 espèces de cyanobactéries
 - Pour les corallivores : Absence des Acanthaster planci et Culcita novaeguineae (alternance cyclique de Culcita). Absence de Drupella cornus
 - Pas d'espèce exogène observée : Il n'y a pas, au vu de la taille l'échantillon, de phénomène d'invasion actuellement sur la station ST03-Port de Prony.

Figure 86 : Biodiversité en coraux au niveau des 3 transects benthiques de la station ST03 du port de Prony, suivi entre 2010 et 2015

Biodiversité α Coraux	10/2015	03/2015*	10/2014	04/2014	09/2013	04/2013*	10/2012	03/2012	10/2011	03/2011*	09/2010	03/2010
ST01A	93	94	94	90	93	73	72	53	52	52	52	41
ST01B	77	72	68	68	67	52	49	43	41	43	41	34
ST02A	108	111	109	107	106	97	91	84	83	79	81	77
ST02B	93	93	91	90	87	78	77	74	66	68	66	65
ST03A	72	73	71	71	67	54	60	49	47	46	44	38
ST03B	81	81	75	74	75	66	60	60	52	49	49	44
ST03C	89	86	85	83	79	68	65	65	56	54	51	48

- Au niveau de l'ichtyo- faune : Sur l'ensemble des transects de la station, 232 individus appartenant à 30 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.99 poisson/m² pour une biomasse de 7.54 g/m². 74 espèces complémentaires (hors des transects et hors liste restreinte imposée) ont été observées sur la station. Comme sur les autres stations en baie du prony, ce sont tous des poissons juvéniles. Tous les indicateurs sont au-dessus de la moyenne.

Figure 87 : Les familles de poissons observées sur la station ST03 Port de Prony



Richesse spécifique par famille de poissons (ST03)

Tableau 26 : Synopsis des résultats au niveau des poissons, et récapitulatif des années précédentes (station ST03- Port de Prony)

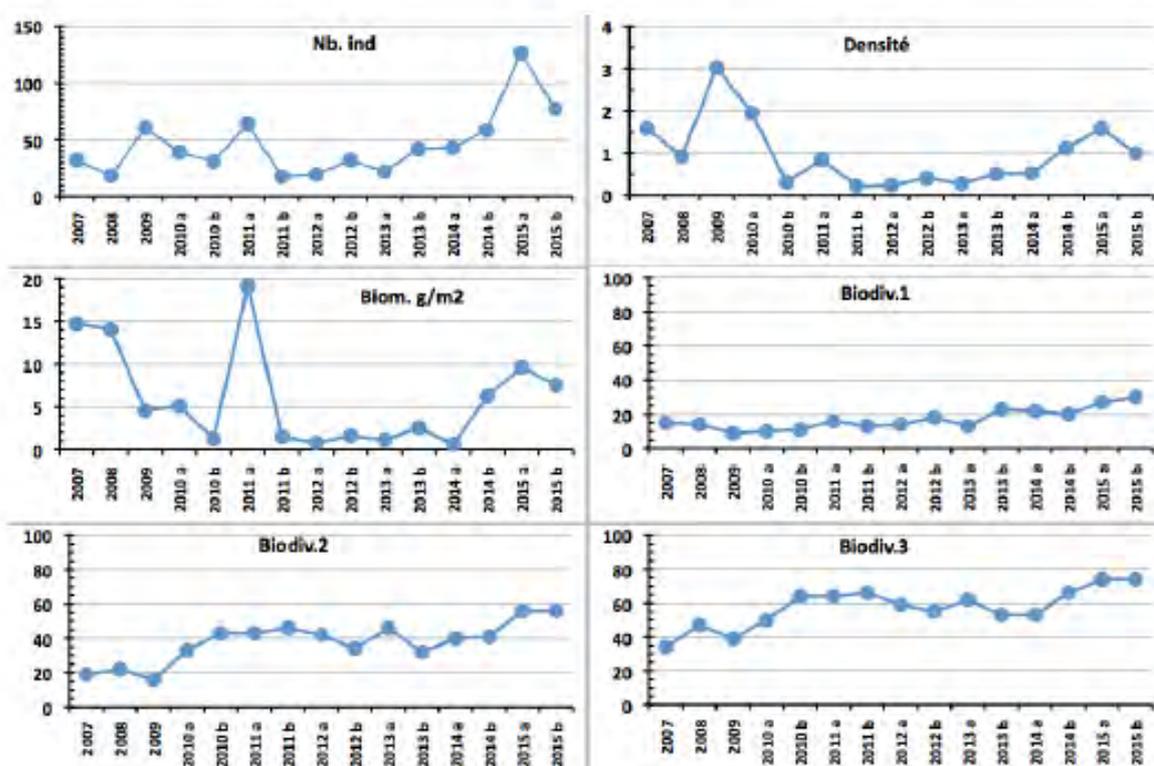
Port ST03		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2015 b	Transect A	71,00	0,89	0,75	16		
	Transect B	142,00	1,86	17,80	18		
	Transect C	19,00	0,24	4,06	6		
	Moy. ABC	77,33	0,99	7,54	30	56	74
2015 a	Moy. ABC	124,33	1,56	9,21	27	48	74
2014 b	Moy. ABC	58,67	1,12	6,24	20	41	66
2014 a	Moy. ABC	43,00	0,52	0,62	22	40	53
2013 b	Moy. ABC	42,00	0,51	2,54	23	32	53
2013 a	Moy. ABC	22,00	0,28	1,14	13	46	62
2012 b	Moy. ABC	32,33	0,41	1,62	18	34	55
2012 a	Moy. ABC	19,33	0,24	0,80	14	42	59
2011 b	Moy. ABC	17,67	0,22	1,50	13	46	66
2011 a	Moy. ABC	64,00	0,86	19,13	16	43	64
2010 b	Moy. ABC	31	0,31	1,26	11	43	64
2010 a	Moy. ABC	39,00	1,95	5,13	10	33	50
2009	Moy. ABC	60,66	3,03	4,55	9	16	39
2008	Moy. ABC	18,33	0,92	14,05	14	22	47
2007	Moy. ABC	32,30	1,59	14,73	15	19	34

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

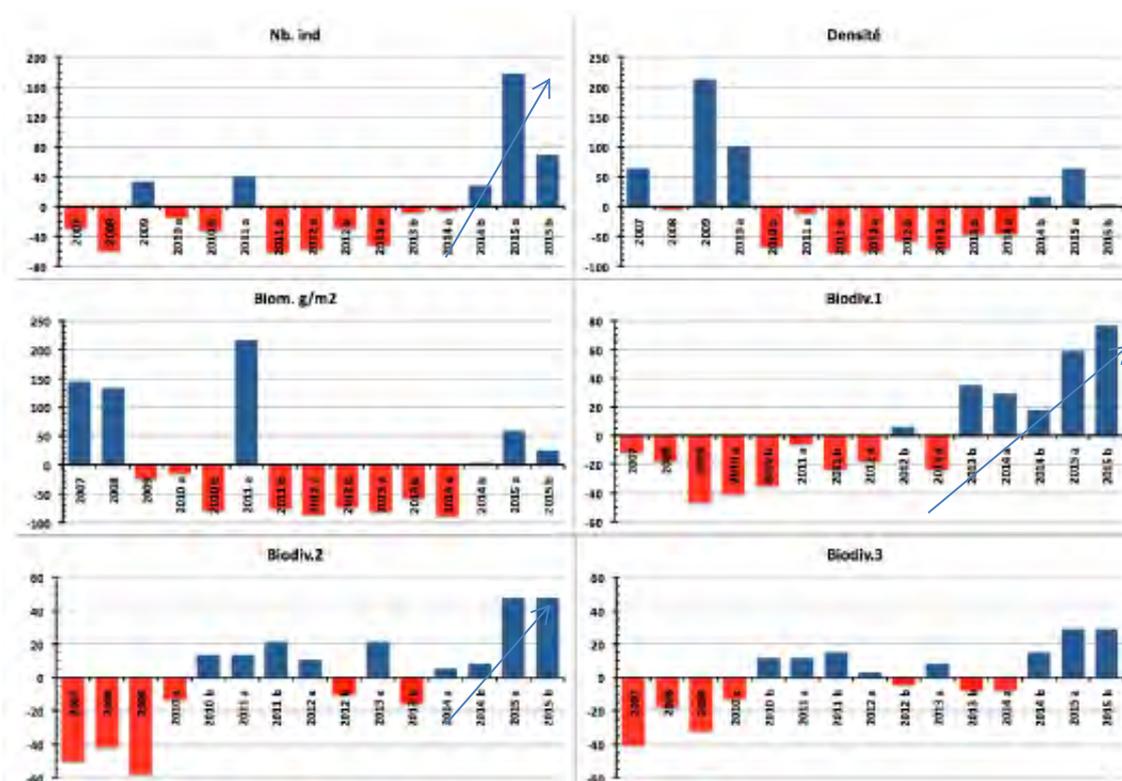
pour toutes les campagnes depuis 2007

Figure 88 : Evolution de la densité, biomasse et biodiversité des poissons sur la station portuaire ST03 depuis 2007 (Même station, même protocole)



Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

Figure 89 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007



En 2015 l'ensemble des indicateurs « poissons » sont au-dessus de la moyenne sur ST03.



En conclusion l'écosystème corallien de la station ST03 du port de Prony et les populations associées, notamment les poissons, montrent des indicateurs stables ou à la hausse avec un niveau de stress des plus bas, en 2015.

3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (suivi triennal)

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



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

Figure 90 : Taux de sédimentation 2013

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

Le cas de la Baie Kué :

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

Taux de sédimentation : La baie Kué présente des discontinuités

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

Le dépôt de sub-surface témoigne d'une accumulation sédimentaire intense 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 27 : 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	Influence marine			Influence terrigène		autres
	Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Kaolinite	
0 - 1 cm	-	▲	▲	▲	Δ	-
1 - 2 cm	▲	▲	▲	▲	Δ	-
17 - 18 cm	▲	▲	-	▲	Δ	-
33 - 34 cm	-	▲	▲	▲	▲	Δ

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

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.

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

St 15 en rade Nord de la baie du Prony

et

St 16 port de Prony

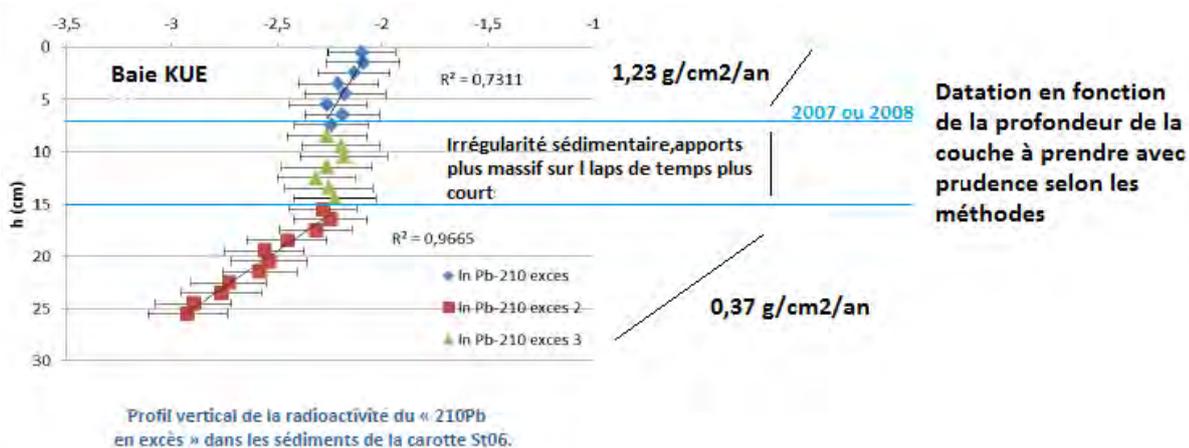
St15.	HORIZON				MINERAL		
		Mg-Calcite	Calcite	Aragonite	Goethite	Halite	Kaolinite
	0 - 1 cm	-	Δ	Δ	▲	Δ	Δ
	1 - 2 cm	Δ	▲	Δ	▲	-	▲
	14 - 15 cm	Δ	▲	Δ	▲	-	▲

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

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

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

Figure 91 : Carotte St06 en Baie Kwé. Les niveaux de radioactivité du « 210Pb en excès » dans les dépôts de cette carotte. Mission 2013.



Méthodologie explicitée dans l'annexe & et dans le rapport intégral du laboratoire

Après une période d'instabilité sédimentaire entre les horizons 8 et 15 cm, un retour à une sédimentation régulière et plus lente est notable, entre l'horizon 7 cm et la surface récente. La pente correspond à un taux de sédimentation estimé à 1,23 g/cm²/an, comparable, bien que légèrement supérieur, au taux plus ancien. (Pour plus de détails, pour la méthodologie et la complexité des datations des horizons, Cf. le rapport intégral en Annexe du bilan 2013.)

Photographies 1 : Contexte calédonien habituel suite à un épisode pluvieux (canal Woodin, hors influence Vale NC)



3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments

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

► **Le pourcentage de fraction fine** (Pélitique < 41 µm) a légèrement varié dans le temps pour l'ensemble des stations mais selon les conditions hydrodynamiques, cette fraction peut varier fortement et naturellement, ponctuellement.

Dans les zones où l'hydrodynamisme est fort, les sédiments sont de texture grossière tandis que les sédiments les plus fins ont été retrouvés dans les zones abritées, en cohérence avec les états initiaux, les modélisations et les caractérisations des fonds marins déjà conduites. Par exemple et comme attendu : les stations dont le pourcentage de pélitites est très faible (< 1%), St02-Basse Chambeyron et St09-Canal de la Havannah sont situées en plein canal de la Havannah où la forte courantologie favorise les arénites et les sédiments grossiers et empêche les dépôts fins, ce qui explique le choix de la position du diffuseur. Sur la zone près de banc de Kié la benne n'a remonté que des cailloux. *(Données complètes en annexe n°6 de ce bilan)*

► **Les minéraux d'origine marine** (calcite et l'aragonite) dominent l'ensemble des sédiments étudiés sauf en St15 où la composante terrigène est majoritaire (marquée par la goethite) ; cela confirme les résultats semestriels des suivis des flux de MES.

► Concentrations en métaux

La matrice de corrélation inter-éléments établie à partir des concentrations totales analysées dans la fraction pélitique des sédiments montre que les métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) présentent d'importantes similarités de comportement entre eux, mais ils ont un comportement opposé au Ca. Ces observations permettent de conforter l'hypothèse de l'origine latéritique de ces éléments (Co, Cr, Fe, Mn et Ni). Cela est en cohérence avec les suivis des flux de MES.

Remarque : Pour la station St09 proche du diffuseur et le centre du canal de la Havannah la fraction fine sédimentaire du fond du lagon est quasi inexistante (forte courantologie du chenal) et des sédiments pélitiques n'ont pas pu être récupérés en assez de volume pour cette analyse. Cela confirme le choix de l'emplacement du diffuseur.

- Concernant Pb :

Pour l'ensemble des stations, Pb est majoritairement, voire exclusivement, associé à la fraction réductible (assimilé aux oxy-hydroxydes) ainsi qu'à la fraction acido-soluble pour les stations St02, St07, St14, St18, et St21. Cet élément est donc peu disponible pour les organismes vivants et les faibles concentrations observées pourraient être assimilées aux bruits de fond géochimique.

- Concernant As :

Pour l'ensemble des stations, As est majoritairement contenu (voire exclusivement pour St15), dans la fraction réductible donc lié aux oxy-hydroxydes, ce qui est souvent observé en environnement (Rancourt, 1993 ; Hartley et al. 2004). Il faut toutefois noter que cet élément est aussi associé, mais dans une moindre proportion, à la fraction acido-soluble (assimilée aux carbonates) et qu'il peut donc être faiblement rendu bio-disponible. Toutefois, étant donné les faibles concentrations totales analysées pour toute la zone d'étude (la concentration maximale analysée est de seulement 27,7 mg/kg à la station St02-basse Chambeyron qui est majoritairement sous influence marine, il apparaît que ces concentrations pourraient être reliées au bruit de fond géochimique. De même pour Cu.

Les résultats complets sont en annexe n°6 de ce bilan

- Concernant les concentrations totales en Co, Cr, Fe, Mn et Ni (représentatifs du cortège latéritique)

Elles sont bien plus importantes que celles analysées pour As, Cd, Cu, Pb ou encore Zn (qui comparativement se retrouvent à l'état de traces).

Tableau 29 : concentration en métaux dans les sédiments fins collectées en 2015 sur l'ensemble des stations suivies

 Concentrations totales en éléments analysés dans la fraction pélique ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des sédiments de surface collectés en 2015 et ratio Ca/Fe

Station	Concentration totale (mg/kg)												Ca/Fe
	As	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn		
St02	27,7	269418	0,4	3,4	387	8,6	12695	102	208	14,9	17,8	21,2	
St03	8,7	283969	<0,25	65,8	2250	3,1	57557	434	1013	1,6	<5	4,9	
St06	5,5	225916	<0,25	115	3510	2,7	137848	818	2370	1,4	<5	1,6	
St07	10,8	352319	<0,25	27,2	1018	2,8	30193	228	511	3,4	<5	11,7	
St13	10,9	280792	<0,25	30,0	1372	2,7	31625	232	574	2,2	<5	8,9	
St14	12,1	295172	<0,25	21,3	1099	12,8	24383	168	425	21,6	23,9	12,1	
St15	3,5	36001	<0,25	321	14543	3,6	319170	2616	4157	2,3	22,6	0,1	
St16	6,9	139265	<0,25	93,2	3496	3,1	101011	958	1459	1,5	6,5	1,4	
St18	21,8	205385	<0,25	154	6162	6,7	222127	2120	3776	4,8	15,0	0,9	
St19	10,1	264627	<0,25	75,6	2944	3,1	73119	549	1282	2,0	<5	3,6	
St20	5,5	211016	0,6	141	4553	2,3	114640	830	2129	1,8	9,2	1,8	
St21	10,0	303004	<0,25	2,3	625	2,3	16095	116	277	3,3	<5	18,8	

Figure 92 : Fiche 10 du guide indicteur du CNRT

concentration en métaux dans les sédiments de surface, habituellement mesurées dans des zones sous influence terrigène modérée

($\mu\text{g/g}$)	Concentration totale
Co	176,3±7,7
Cr	7820 ±3520
Fe	193900±74900
Mn	1668±83
Ni	2300 ±535
Co	176,3±7,7
Cr	7820 ±3520

Et à titre comparatif ces concentrations peuvent éventuellement être mises en parallèle avec celles analysées dans les sédiments de nombreuses baies de Province Nord ou Sud calédoniennes, dans le cadre d'autres études ou suivis miniers,

► Comparaisons inter annuelles des années 2006, 2009, 2012 et 2015

Tableau 30 : Concentration totales en métaux indicateurs terrigènes au niveau des sédiments prélevés sur ST06 en baie Kué entre 2006 et 2015

Concentrations totales en Co, Cr, Fe, Mn et Ni ST06 Baie Kué					
Concentration totale en mg/kg					
élément	Station	2006	2009	2012	2015
Co	St06	67	79	87	115
Cr	St06	3 326	1 892	2 928	5 510
Fe	St06	112 500	60 064	85 755	137 848
Mn	St06	657	667	677	818
Ni	St06	1 116	1 043	1 603	2 370



La campagne 2015 présente un enrichissement en baie Kué, par rapport à l'état de référence de 2006, pour l'ensemble des métaux représentatifs du cortège latéritique Co, Cr, Fe, Mn et Ni. Cette évolution sera à vérifier lors des prochains carottages dans l'horizon de surface (derniers mm de surface). Selon les factions géochimiques séparées dans les sédiments, toutes les fractions ne présentent pas cette augmentation.

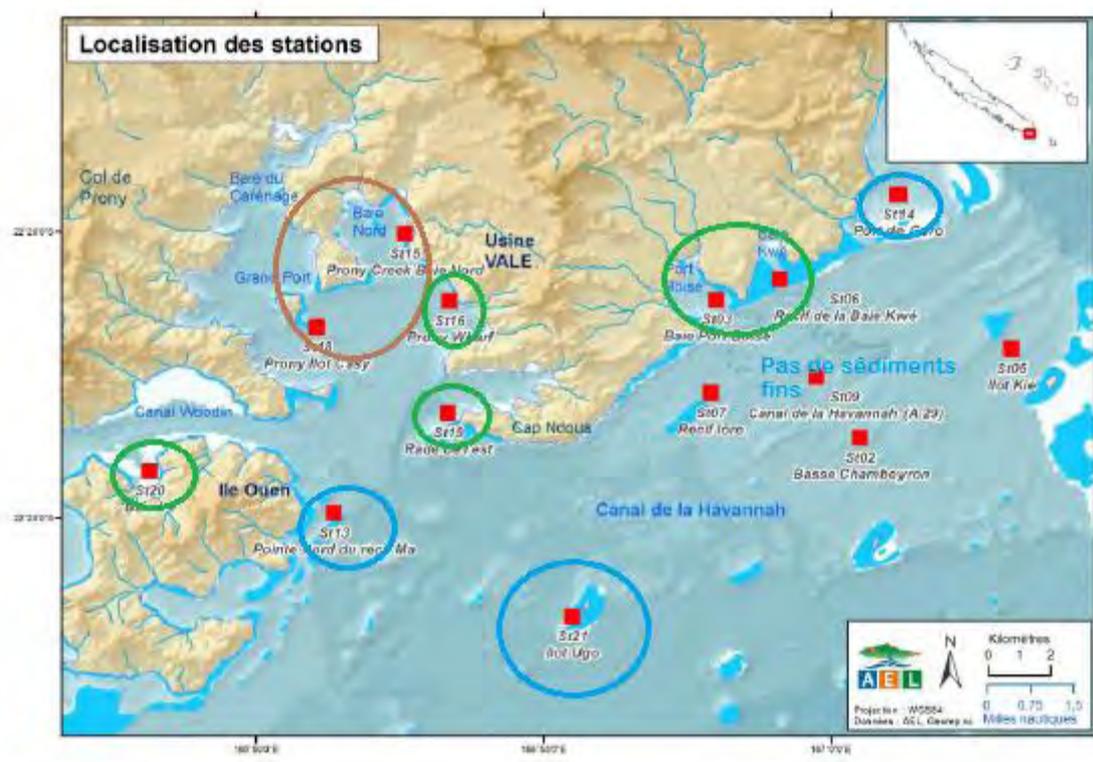
Cependant : Les concentrations en métaux dans les sédiments sur cette station ne diffèrent pas significativement des concentrations qui sont présentes dans d'autres baies.

Le calcul des ratios Ca/Fe permet (comme dans les suivis des flux de MES qui sont en cohérence avec ces résultats) d'établir trois groupes de fractions pélitiques :

- Les fractions pélitiques majoritairement d'origine terrigène, cas des stations St15 et St18 en baie du Prony, qui ont monté des ratios Ca/Fe respectifs de 0,1 et 0,9 ;
- Les fractions pélitiques d'origine marine avec une influence terrigène restant relativement marquée, cas des stations St03, St06, St16, St19 et St20 dont les ratios Ca/Fe ont été compris entre 1,4 et 4,9 ;
- Les fractions pélitiques exclusivement d'origine marine, cas des stations St02, St07, St13, St14 et St21 qui ont présenté des ratios Ca/Fe compris entre 8,9 et 21,2.

Cf. figure ci-dessous qui conserve ce code de couleur

Figure 93 : Stations de prélèvements des sédiments fins et analyses des métaux latéritiques indiquant une influence terrigène dans leur fraction pélitique. Hydro-régions définies en fonction de l'origine de leurs sédiments



Ces résultats sur l'analyse triennale des sédiments (récoltés en surface au fond du lagon) conforte les connaissances acquises par courantologie et modélisations, ainsi que les travaux de caractérisation des masses d'eau et ceux permettant d'identifier des hydro-régions ; ainsi que l'ensemble des suivis semestriels sur les flux de MES.

3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents

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

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

4. CONCLUSION

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

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

Tableau 31 : Synthèse des résultats des missions de suivis du milieu marin S2/2015.

Suivi réglementaire S1/2015	Indicateurs	Premier semestre 2015	
Structure de la colonne d'eau de mer	Physique Chimique	Pas de non-conformité par rapport aux valeurs attendues, notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony et en baie Kué.	Rapport semestriel
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique	Pas de non-conformité par rapport aux valeurs attendues, notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony et en baie Kué.	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	Santé éco-sytémique de très bon niveau : blanchissement corallien au plus bas score, très peu de signes de stress en 2015. La station ST08 (située entre la baie Kué et la baie de Port Boisé) avait été affectée par les violents épisodes pluvieux de 2011 et de 2013, sa résilience est complète, cette station reste cependant fragilisée par des causes multifactorielles et sous surveillance attentive. La biodiversité des poissons est exceptionnelle Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent, aucun stress décelé.	
Bio accumulation Sur transplants	Bio accumulateurs	Le travail 2015, (avec 5 mois d'immersion et d'avantage d'individus et de missions d'entretiens des cages) a permis un affinement méthodologique afin de renforcer cette technique de suivi avec des espèces calédoniennes assurant une bonne réponse d'accumulation (ou de décharge).	Rapport annuel
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal, dernière mission en 2013, prochain suivi en 2016 Rappel : Après une période d'instabilité sédimentaire entre les horizons 8 et 15 cm, un retour à une sédimentation régulière et plus lente est notable, entre l'horizon 7 cm et la surface récente. Taux de sédimentation estimé à 1,23g/cm ² /an, comparable aux taux plus anciens.	
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	En baie Kué : Le pourcentage de la fraction fine des sédiments n'a pas varié, ceux-ci sont majoritairement d'origine marine (carbonatée). Au niveau de la part d'origine terrigène : enrichissement par rapport à l'état de référence pour l'ensemble des métaux représentatifs du cortège latéritique Co, Cr, Fe, Mn et Ni.	Rapport annuel
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique	En baie Kué : Le ratio Ca/fer qui indiquait une moindre influence terrigène est en diminution et à suivre. En oct. et nov. 2015 le flux de MES est évalué à 38,8 g/m ³ / jour, ce qui est conforma aux hydro- régions de ce type. Flux de MES très faible en rade Nord et rien d'anormal dans le canal de la Havannah à 60 m du diffuseur	Rapport Semestriel
Suivi spécial de la zone portuaire	Physique Chimique Et sédiments	Pas de pollution. Pas d'hydrocarbure détecté. Indicateurs de la qualité de l'eau stables. Et de bon niveau de qualité Aucun indice d'alerte sur le Cu ou le Zn En champ proche des quais : augmentation des concentrations de soufre sans la zone supérieure des sédiments Bonne vitalité de la station de contrôle des écosystèmes coralliens et des populations associées, pas d'esp. exogène détectée ni d'espèces coralliformes, pas de bloom algal, blanchissement corallien minimal. Pas d'augmentation du substrat « vase ». Présence de nombreux poissons juvéniles et indicateurs « poissons » au-dessus de la moyenne.	Rapport annuel

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION

- En amont de toute analyse qui concerne la zone d'influence du diffuseur il est pris en compte la qualité de l'effluent traité tel que rejeté par le diffuseur, cette dernière fait l'objet d'un rapport semestriel séparé qui lui est dédié, la surveillance de la qualité des rejets et de leur conformité est, bien sûr, corrélée avec le suivi 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 marine) a été conduite.
- Le recoupement de toutes les informations données par les paramètres analysés (ou observés) est cohérent, il démontre que le suivi des indicateurs réglementaires et conventionnels est pertinent, cependant le retour d'expérience doit permettre une optimisation. Une expertise conduite par l'INERIS/IFREMER afin d'établir un bilan de ces 7 années de suivis marins et d'optimiser le plan au regard des acquis a été finalisée fin 2015.
- L'ensemble des suivis montre que les conditions météorologiques extrêmes (cyclone et fortes dépressions tropicales) sont les causes premières et cycliques des variations des paramètres, tous les indicateurs subissent leur influence (et surtout le corail et les invertébrés sessiles). La cyclicité des effets des apports d'eau douce dans les baies côtières et des réponses des écosystèmes coralliens est de mieux en mieux connue au cours des missions. En 2014/2015 le blanchiment corallien est minimal (en relation avec la météorologie, rappelée dans un chapitre qui lui est dédié) et le niveau d'indicateur de stress est au plus bas. L'ichtyofaune est très abondante et diversifiée.
- Il n'y a pas eu de pollution ni d'affectation du milieu marin en 2015, au vu des états initiaux et des tendances évolutives : la qualité du milieu marin est bonne, notamment sur les indicateurs poissons de hauts scores. L'effluent marin n'a causé aucune modification sur le milieu environnant, comme attendu par les modélisations et l'ensemble des expertises antérieures. Le port fait l'objet d'un suivi trimestriel, il ne présente aucun indicateur détectant une affectation significative pouvant impacter l'environnement biologique, le soufre est en augmentation au niveau de la surface sédimentaire au plus près du quai vraquier, des mesures correctives ont été prises. La baie Kué mérite un suivi soutenu sans pour autant présenter des indicateurs significativement différents de ceux des autres hydro-régions de ce type, la baie de Port-boisé doit être suivie en « homologue comparatif » de la baie Kué. La station de la pointe Puka qui avait été affectée par les forts épisodes pluvieux de 2013 a effectué sa résilience.
- Il n'y a aucune modification d'origine anthropique au niveau de la station suivie en réserve Merlet, qui est hors zone d'influence de Vale NC. De même sur la côte Nord de l'île Ouen sur les stations dans le canal Woodin.
- La mise en commun de tous les indicateurs suivis, qu'ils soient instantanés ou intégrateurs, biologiques, chimiques ou physiques, est nécessaire. En effet la qualité du milieu ne peut pas être décrite par un seul paramètre, une synthèse raisonnée de tous les indicateurs est indispensable. Un écosystème en bonne santé n'est pas pour autant dépourvu d'un stress sur un indicateur. (Par exemple il y a du blanchissement corallien et des maladies coralliennes en réserve Merlet, et pas de blanchissements en face le creek de la baie Nord lors de la campagne S2/2015, cette seule indication ne peut pas faire dire que la réserve Merlet doit être inscrite en rouge car en mauvaise santé.) L'extériorisation des suivis marins auprès d'experts reconnus qui travaillent en synergie garantit cette analyse globale.
- Une attention est aussi portée aux éventuelles espèces exogènes ou envahissantes. Aucune de celles-ci n'a été détectée sur l'ensemble des stations suivies et il n'y a pas eu de bloom d'algues macrophytes ou de cyanophycées. La méthodologie de ce suivi volontariste n'est pas validée mais en l'absence de prise en considération des EEE marins en Nouvelle - Calédonie, c'est une observation supplémentaire qui se justifie.

Bilan des « non-conformités » (au sens : impact dégradant sur le milieu naturel et notamment sur ses compartiments biotiques)

Aucune « non-conformité » n'a été constatée pour le milieu récepteur marin au cours de ces suivis 2015, en comparaison avec les données des états des lieux et des suivis précédents (Before / After) et en comparaison avec des stations témoins (Control / Impact).

ANNEXE I

METHODOLOGIES

ANNEXE II

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

Mission du premier semestre 2015

S2/2015

ANNEXE III

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

**Rapport : Mission du premier semestre 2015
S2 / 2015**

ANNEXE IV

LES FLUX SEDIMENTAIRES

S2/2015

ANNEXE V

TRNASPLANTATION DE BIVALVES EN CAGE

CAGING

ANNEE 2015

ANNEXE VI

QUALITE DES SEDIMENTS

SUIVI TRIENNAL

ANNEE 2015

ANNEXE VII

SUIVI AU NIVEAU DU PORT DE PRONY

ANNEXE VII A : QUALITE DE L'EAU

ANNEXE VII B : SEDIMENTS

ANNEE 2015

ANNEXE VIII

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ACREM	Association Calédonienne de Recherche en Environnement
ANOVA	Analysis Of Variance", ou "Analyse de la Variance".
CCCE...	Comité Consultatif Coutumier Environnemental
CICS	Comité d'Information, de Concertation et de Surveillance
CNRT....	Centre National de Recherche Technologique
DENV	Diecton de l'Environnement de la Province Sud
DIPMENC	Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie
F0 95	Seuil de confiance choisi 5%, le choix du risque est de 5%, l'hypothèse est vérifiée à 95%
ICPE	...Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IFREMERM	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INERIS	Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels
HO	Hypothèse O, ici hypothèse d'homogénéité, elle sera acceptée ou rejeté par le test statistique
LIT	Ligne Intercept Transect (ruban ou couloir formant une ligne de longueur donnée)
ONGOrganisations non gouvernementales
NE	Nord -est
NW	Nord -ouest
SE	Sud-est
ST	Station fixe de suivi des écosystèmes marins, matérialisée au fond de l'eau par des piquets
St	Point de prélèvement d'un échantillon d'eau de mer
SW	Sud-ouest
TLV	Transect à longueur variable
μ	0,000 001 ou micro

PARAMÈTRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
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

