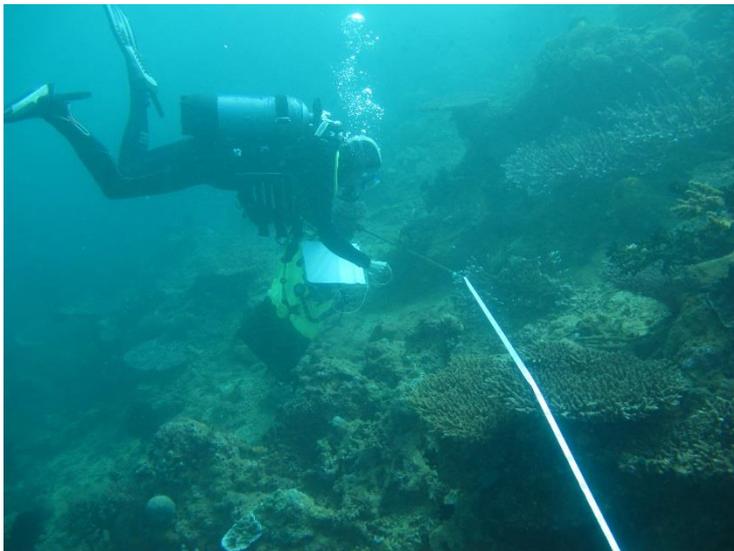




Suivi environnemental Second semestre 2018

MILIEU MARIN



L'intégralité du présent rapport, 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.....	2
1.1. LOCALISATION.....	2
1.2. POSITIONNEMENT GLOBAL DES STATIONS DES SUIVIS DU MILIEU MARIN VALE NC.....	2
1.3. POINTS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX MARINES : PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU ET STRUCTURE DE LA COLONNE D'EAU (STATIONS NOMMEES : ST).....	3
1.4. STATIONS DE SUIVI DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS RECIFEAUX ET DES POPULATIONS ASSOCIEES (STATIONS ST)	5
1.5. POINTS DE SUIVI DES SEDIMENTS – QUALITE DES SEDIMENTS, METAUX DISSOUS, ELEMENTS MAJEURS ET HYDROCARBURES (STATIONS : ST)	8
1.6. POINTS DE SUIVI DU TAUX D'ACCUMULATION SEDIMENTAIRE.....	9
1.7. POINTS DE SUIVI DES FLUX SEDIMENTAIRES	9
1.8. ZONES DE SURVEILLANCE DE L'HERBIER DE LA BAIE KWE.....	10
1.9. ZONES DE SUIVI EN CHAMP TRES PROCHE DU DIFFUSEUR.....	11
1.10. INDICATEURS SUIVIS.....	11
1.11. METHODES	16
1.12. RENDUS SEMESTRIELS.....	16
2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT	17
2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2018.....	18
2.2. CARTOGRAPHIE : PRESSIONS, ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS.....	19
3. RESULTATS (S2-2018)	23
3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES	23
3.2. VALEURS OBTENUES (S2/2018)	27
3.2.1. Météorologie	27
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer	29
3.2.2.1. QUALITE- Contrôle qualité.....	32
3.2.2.2. RESULTATS S2 /2018	32
3.2.2.3. ANALYSES TEMPORELLES des fluctuations des paramètres	54
3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées	63
3.2.3.1. Bilan des observations par station suivie (Second semestre 2018).....	64
3.2.3.2. Comparaisons spatiales des stations entre elles au temps t de la mission	66
3.2.3.3. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007	70
3.2.4. L'herbier	74
3.2.5. Suivi des flux sédimentaires	75
3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16 et ST03)	87
3.2.6.1. L'écosystème corallien et populations associées -Station : ST03-Port de Prony	88
3.2.6.2. La qualité de l'eau - Station : St16 (Port de Prony).....	91
3.2.6.3. Les sédiments- Station St 16- Port de Prony	96
3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (triennal)	99
3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments (triennal)	99
3.2.8.1. Granulométrie des sédiments	99
3.2.8.2. Composition minéralogique des sédiments fins.....	100
3.2.8.3. Composition chimique des sédiments de surface et leur évolution temporelle	100
3.2.8.4. Extraction sélective de phases dans les sédiments fins totaux	102
3.2.8.5. Conclusion sur la qualité des sédiments marins.....	104
3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents	105
3.2.10. Suivis supplémentaires en champ très proche du diffuseur par DGT	105
4. CONCLUSION.....	109

Annexes

Annexes	Rapports intégraux	S2/2018
Annexe 1	Méthodologies des suivis physico- chimiques et biologiques. V 2018.	Annexes intégrées au rapport S2/2018
Annexe 2	Rapport S2/ 2018 : 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. • + Données brutes en fin de rapport. 	
Annexes 3	Rapport S2/ 2018 : Suivi de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah. <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 depuis 2007 • +Données brutes en fin de rapport. 	
Annexe 4	Rapport S2/2018 : Suivi des flux de matières en suspension	
Annexe 5	Rapport 2018 : Le port de Prony (qualité de l'eau et des sédiments)	
Annexe 6	Rapport 2018 : La qualité des sédiments de surface marins	
Annexe 7	Rapport 2018 : Le suivi en champ très proche du diffuseur par DGT	
Annexe 8	Abréviations et acronymes.	

2018

INTRODUCTION

La surveillance du milieu marin dans la zone d'influence globale du complexe Vale NC et les zones témoins associées est effectuée 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 ;**
- **Suivi d'un herbier de phanérogames**
- **Indicateurs physico-chimiques des matières en suspension et des sédiments marins :**
 - **Flux de matières en suspension (MES)**
 - **Géochimie des sédiments,**
 - **Taux de sédimentation.**

Le plan de suivi qui assure cette surveillance concerne le périmètre d'influence potentielle de Vale NC et au-delà. Il a été élaboré par les autorités de tutelles et leurs conseillers scientifiques à partir de plusieurs années d'études océanographiques, selon une démarche basée sur la caractérisation des états initiaux, les études d'impacts, les pressions exercées par l'ensemble des activités de Vale NC et le suivi de zones témoins. La surveillance s'effectue au niveau de stations sous-marines et points de prélèvements selon les prescriptions réglementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter.

- Arrêté ICPE : Installations portuaires. 13 juillet 2007.

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

- Arrêté : AEM. 30 septembre 2016.

- Arrêté : Flexibilité en Manganèse. 21 novembre 2016

Guide de lecture de ce rapport

Chapitres

- Plan de suivi : Méthodologies d'acquisition et de traitement des données : **Bordure bleue** |
- Données disponibles à date du rapport présent : **Bordure jaune** |
- Résultats des suivis de l'année en cours : **Bordure verte** |
- Conclusion : **Bordure noire** |

Les « plus » supplémentaires effectués



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

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

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

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin 2008/2018



Légende :



Ce plan de suivi est respecté depuis la mise en fonctionnement du complexe Vale NC en 2008.

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 (Et en **Annexe n°1** de façon détaillée).

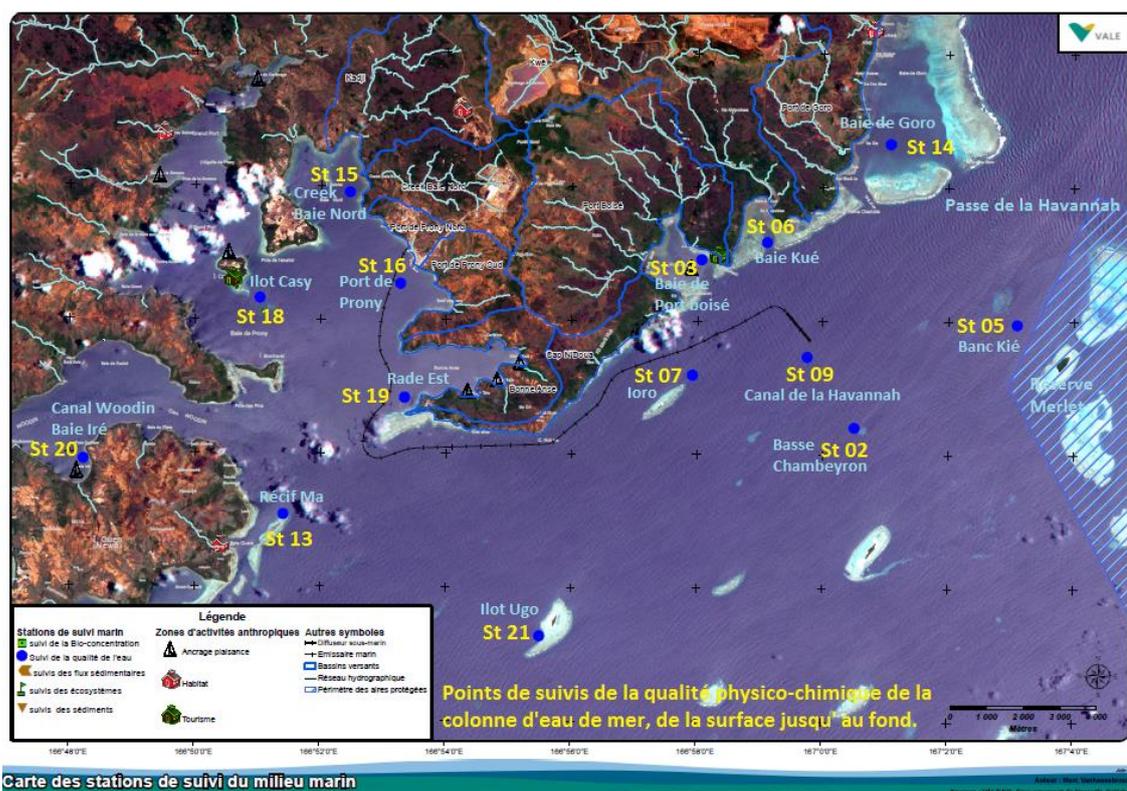
1.3. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (Stations nommées : St)

Le tableau suivant indique les positions règlementaires des points de prélèvement de l'eau de mer et la profondeur du lagon à ce poste, les prélèvements sont effectués à 3 profondeurs différentes : en surface, à mi profondeur et au fond. Il y a donc trois échantillons et trois analyses par station. La carte suivante présente le positionnement de ces points.

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

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)	Nombre de point de prélèvement
Basse Chambeyron	St02	167° 00,506	22° 23,599	33	3
Baie Port Boisé	St03	166° 58,010	22° 21,190	29	3
Banc de Kié	St05	167° 03,100	22° 22,050	34	3
Baie Kwé	St06	166° 59,112	22° 20,830	20	3
Récif Ioro	St07	166° 57,910	22° 22,820	41	3
Canal de la Havannah	St09	166° 59,754	22° 22,540	47	3
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35	3
Port / baie de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37	3
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25	3
Port de Prony	St16	166° 53,365	22° 21,210	44	3
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26	3
Rade de l'Est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38	3
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25	3
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	36	3

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 (St 03) et en baie Kwé (St 06)**



14 points de prélèvements sont suivis sur toute la colonne d'eau représentent 42 échantillons d'eau pour analyses. 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 écosystémique.

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 (effluent traité^{*(1)} 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 qui ne sont pas sous l'influence des activités VNC (Baie de port Boisé, quasi homologue de la baie Kwé)
- 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)

**(1)- 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 la qualité des effluents traités. Ce travail de corrélation et de synthèse est effectué notamment pour les suivis de la qualité de l'eau de mer en champ proche du diffuseur.*

1.4. 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	Localisation	Longitude	Latitude
ST05	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072
ST06	Banc Ionon Tea	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
ST10	Ilot Kié Réserve Merlet	167°03.862	22°22.324
ST11	Récif Touémo	167°01.875	22°20.046
ST12	Ugo	166°55.625	22°26.438

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

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

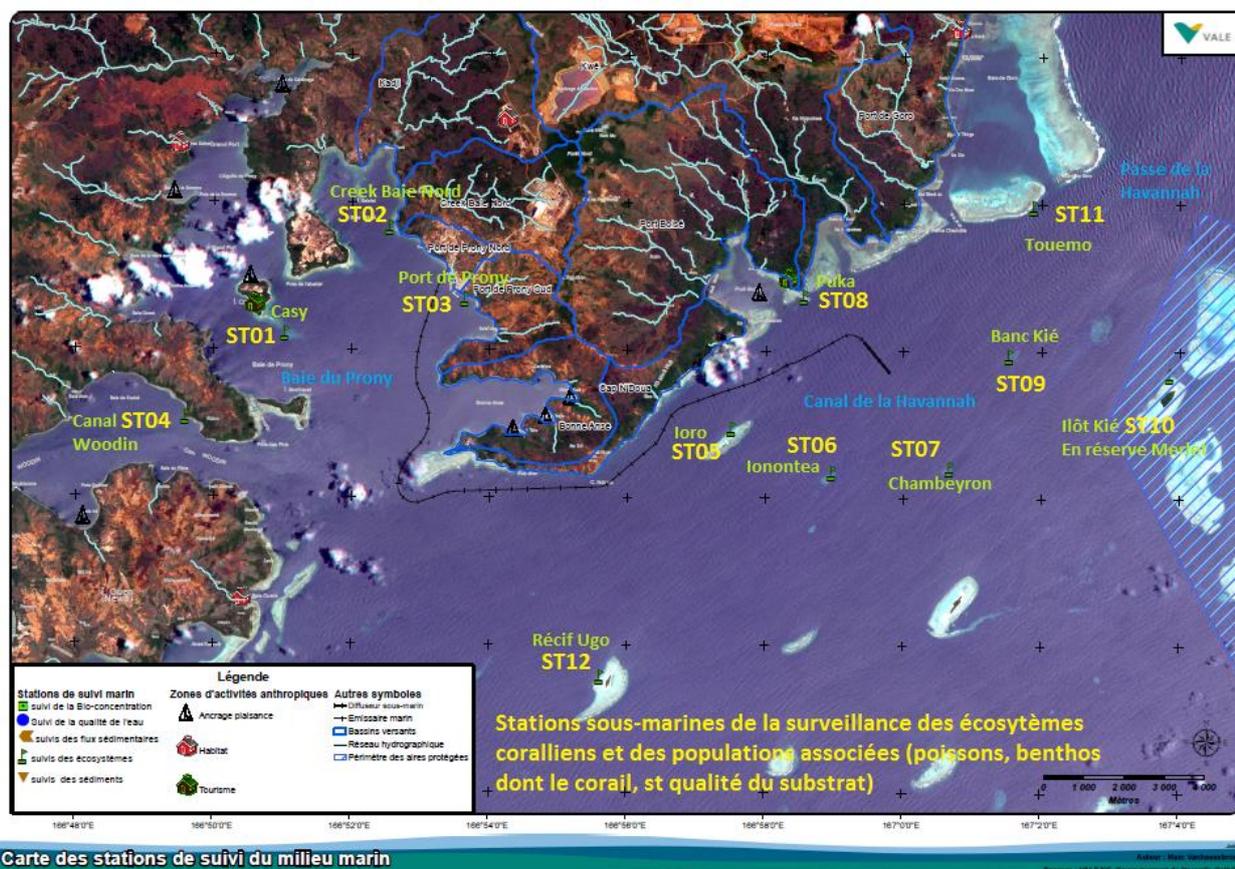
- 7 stations dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (une demande d'autorisation spéciale est effectuée auprès de la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an, ce suivi de la station ST10 est non imposé réglementairement mais une attention complémentaire de VNC)
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 station très décentrée, dans le canal Woodin ;
- 1 station supplémentaire qui 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. Sur le fond du lagon, ces stations sont marquées par des piquets sous-marins (invisibles de la surface) et leur plan géomorphologique est connu et inchangé. Depuis 2007 elles ont toujours été retrouvées, inventoriées et entretenues.

La position du diffuseur sous-marin d'effluent traité a été méticuleusement 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, par choix **l'émissaire est éloignée des récifs coralliens riches en biodiversité. Pour cette raison, il ne peut pas y avoir de station de surveillance des récifs coralliens et des populations associées en champ très proche du diffuseur.** En champ éloigné de plus de 1 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 ayant débuté en 1994) et la nomenclature gagnera à être revue dès la prochaine révision/optimalisation du plan de suivi.

**Figure 4 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines du suivi des écosystèmes (ST)
Suivi des peuplements récifaux et poissons associés**



Une station est constituée de 3 *transects* (couloirs d'évaluation) fixes délimités sur le fond par des piquets implantés et entretenus à chaque visite.

Elle peut comporter 2 *transects* si la topologie du fond ne permet pas d'en placer 3^{ème} parce que le fond est entièrement sableux ou vaseux et ne peut donc pas 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.

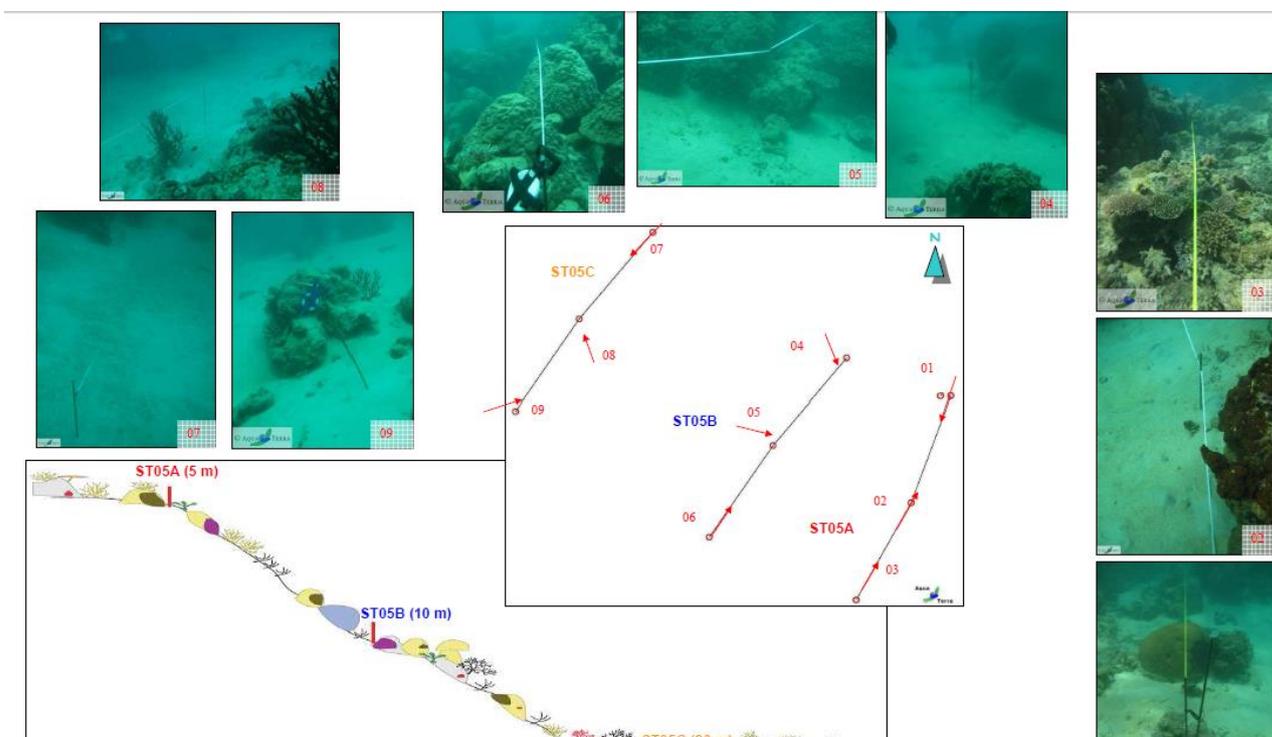
Les stations ciblées par ce plan de suivi ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis le début des suivis 2007, 21 inventaires sur celles-ci (à ce jour). Aucune station de suivi n'a été abandonnée ou modifiée.

Rappel : Vale NC se conforme aux prescriptions de suivis qui lui sont imposées par les arrêtés ICPE (2007 et 2008) et par la Convention CCB avec la Province Sud (2009). Un atelier s'est tenu 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 convention VNC/PS dite : CCB 2009 mais il n'est pas inscrit dans les prescriptions réglementaires des arrêtés ICPE, sauf en baie Kwé sur ST08 et l'herbier, via l'arrêté AEM - 2016.

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

Figure 5 : Schéma structural qui représente une station sous-marine de suivi des écosystèmes coralliens et populations associées. Exemple : La station ST 05



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

Chaque *transect* suit une courbe bathymétrique constante, le plus souvent elle est parallèle à la cote, mais pas toujours.



Vue d'ensemble des transects (ST05)

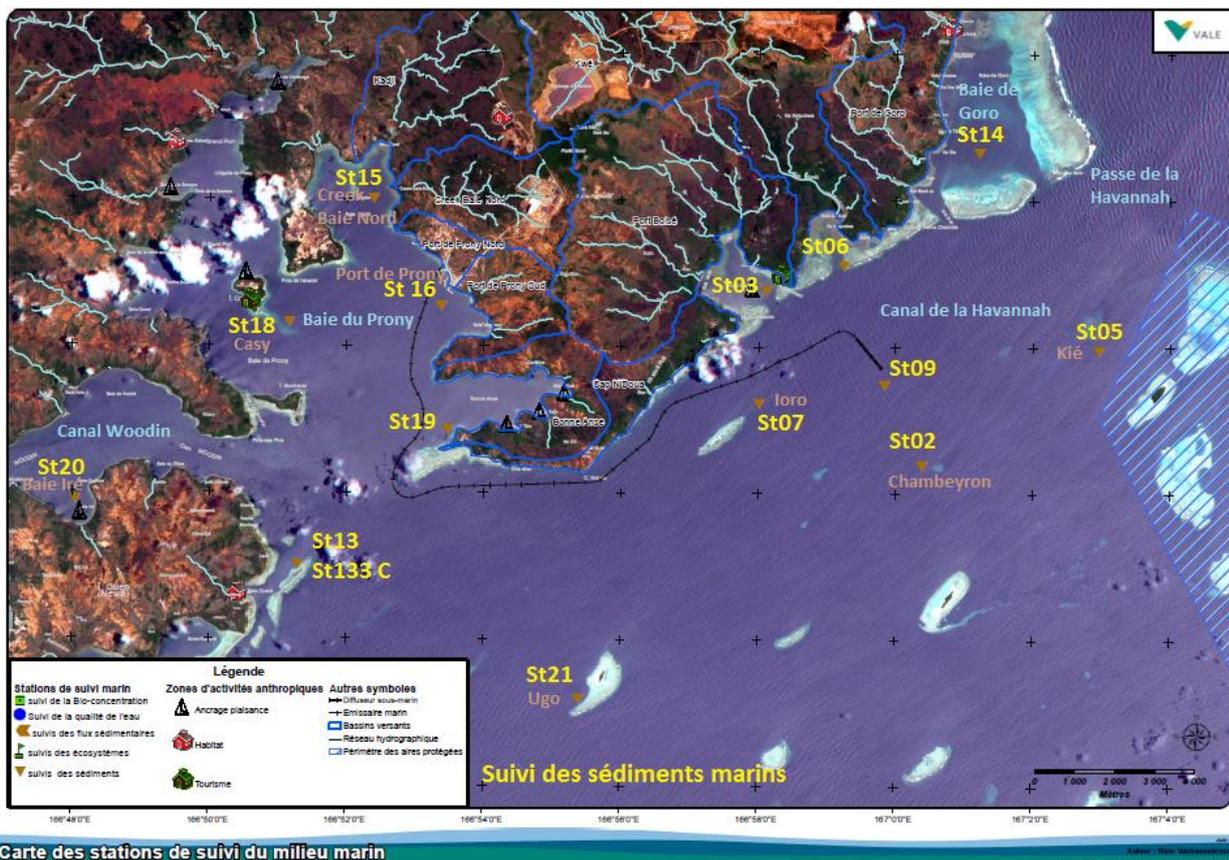
1.5. Points de suivi des sédiments – Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Stations : St)

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

Tableau 4 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St 02	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	St 03	166° 58,010	22° 21,190	29
Banc de Kié	St 05	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	St 06	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif Ioro	St 07	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	St 09	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	St 13	166° 51,354	22° 24,914	35
Baie de Goro	St 14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	St 15	166° 52,590	22° 20,037	25
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
Canal Woodin 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

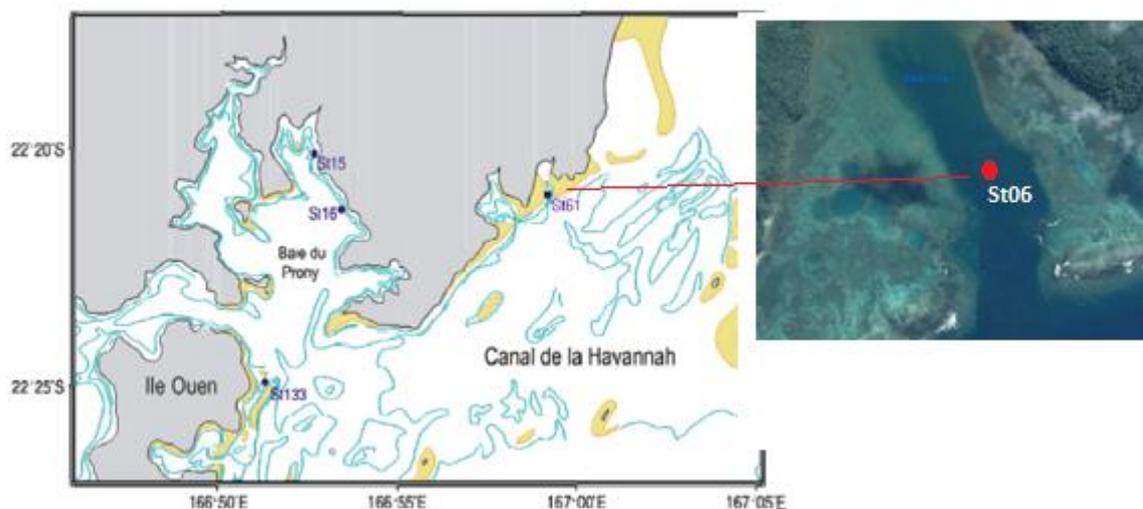
Figure 6 : Localisation géographique des stations de prélèvement des sédiments de surface (St) + La carotte St 133 -Est- île Ouen



1.6. Points de suivi du Taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont positionnées en baie de Prony : à l'embouchure du creek de la Baie Nord (St 15) et près du port de Prony (St 16) ; une station se trouve dans la baie Kwé (St 06) et une autre, la station ST33, est située à l'Est de l'île Ouen. Ces stations sont suivies de façon triennale (sur conseil des experts sur la fréquence à suivre pour un taux d'accumulation relativement lent).

Figure 7 : Localisation géographique des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments : St 133, St 15, St16 et St 06 et gros plan de la station St06 en baie Kwé.



1.7. Points de suivi des Flux sédimentaires

Les flux des sédiments transportés (MEST) par l'eau de mer sont un indicateur intégrateur qui est suivi sur 3 postes indiqués sur le tableau suivant. Ce suivi dure 96 jours /an. (2 fois 48 jours).

► Rappel : Les flux ne sont pas toujours corrélés au taux de sédimentation sur un même point suivi.

Tableau 5 : 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 (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, (St 06)
- près de l'embouchure du creek Baie Nord (St 15) et
- près du diffuseur (St 60 NE – soit à 60m au Nord Est du diffuseur en zone de forte réception du panache d'effluent))

Le diffuseur est schématisé par un trait rouge sur la première photographie.

Figure 8 : Points de suivi des flux sédimentaires (MES)



Le dispositif de collecte des flux de MES est placé à 3 mètres au-dessus du fond. Cette profondeur est particulièrement importante à respecter pour les pièges mouillés à proximité du diffuseur afin que les orifices de collecte demeurent en contact avec le panache de 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.**



1.8. Zones de surveillance de l’herbier de la baie Kwé

Le suivi de l’herbier présent en baie Kwé est effectué sur des quadrats positionnés à l’Est et à l’Ouest du chenal central de cette baie.

Tableau 6 : Position des quadrats de suivi de l’herbier, référentiel RGNC 91-93 LAMBERT

Station	Latitude S	Longitude E	Distance à la cote	Profondeur
Station 01 = HE 01 (Est)	501 835	206 345	62 m	0,5 m
Station 02 = HO 02 (Ouest)	500 885	205 902	220m	0,5 m
Station 03 = HE03 (Est)	501 800	206 274	145m	0,5 m
Station 04 = HO 04 (Ouest)	501 150	205 871	480	0,5 m

Figure 9 : Quadrats de suivi de l’herbier en baie Kwé.



1.9. Zones de suivi en champ très proche du diffuseur

L'appareillage de suivi est situé de part et d'autres du diffuseur selon un axe de diffusion du panache à 30 m et 60 m des orifices de rejets, au NE et au SW, plus un témoin situé à 1000 m.

Les automates doivent être immergés et immobilisés dans les couches profondes où le panache de l'effluent est présent de façon la plus intense. Il s'agit des couches K2/K3 des modélisations.

La bonne position précise des automates de suivi a été vérifiée par plongées en 2018 et ajustée dans la zone amont du diffuseur, zone de décharge maximale par les premiers orifices de rejet.

Tableau 7 : Position des automates immergés pour un suivi en champ très proche du diffuseur (WGS 84)

Station	Latitude S	Longitude E	Distance au diffuseur	Profondeur
St SW 30B	22°21'58,6"	166° 59'29,1"	30m	K2
St NE 30B	22°21'57,0"	166° 59'30,6"	30m	K2
St SW 60B	22°21'59,3"	166°59'28,4"	60m	K2
St NE 60B	22°21'56,2"	166°59'31,2 "	60m	K2
St SW1000B (Témoins)	22°22 22,7"	166°59'06,7"	1000m	K2

Figure 10 : Poition des automates immergés pour un suivi en champ très proche du diffuseur



1.10. Indicateurs suivis

- ✓ **Les indicateurs biologiques** : les paramètres suivis selon les engagements conventionnels (CCB / DENV 2009) sont les suivants

Tableau 8 : Indicateurs biologiques. Suivis semestriels (2008 / 2017).

Pour le suivi des stations fixes écosystémiques sur **12 stations et 33 transects**

	Stations	LIT SUBSTRAT <u>28 items</u>	BENTHOS	POISSONS 1. Nb Individus 2. Densité (poissons /m ²) 3. Biomasse (g/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			
	ST10			

Rappel : 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 chacun pour le suivi LIT du substrat
- Poissons (nombre, densité et biomasse sur liste restreinte)
- Macro-benthos. (étoiles de mer consommatrice de coraux, algues, blanchissement...)

Pour l'herbier de la baie Kwé (Arrêté AEM 2016) :

Tableau 9 : Indicateurs biologiques. Herbier. Suivi triennal (2017)

	Station	Composition spécifique (bio diversité)	% de recouvrement du substrat	Densité de chaque espèce par m2
Baie Kwé	Station 01 = HE 01 (Est)	x	x	x
	Station 02 = HO 02 (Ouest)	x	x	x
	Station 03 = HE03 (Est)	x	x	x
	Station 04 = HO 04 (Ouest)	x	x	x

✓ **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	x
	C Havannah	St13-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	B du Prony	St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

	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 1 suivi triennal des sédiments) : 3340 analyses + Suivi Eco systémique (145 données /an environ selon les stations et la biocénose).

Une rationalisation du nombre de données s'imposera, par retour d'expérience. Par définitions les indicateurs doivent être limités en nombre afin de permettre une vision décisionnelle qui soit rapide et synthétique via des sentinelles bien ciblées.

1.11. Méthodes

Les méthodes de suivis sont décrites en **annexe 1** de ce rapport. Elles sont évolutives dans le sens d'un abaissement des limites de quantification et d'une meilleure efficacité et robustesse.

1.12. Rendus semestriels

La rédaction des rapports est confiée au bureau d'étude indépendant qui a assuré la mission. **Il est important que l'analyste- rédacteur ait bien participé à la mission.** (Eviter une seconde sous-traitance qui accroît les risques de biais et de pertes d'informations).

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 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, afin que tous partagent leurs remarques pour un suivi « global » de tous les indicateurs biologiques, physiques et chimiques.

Cette analyse est à la fois :

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

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

Démarche : Pression/Etat/Réponse

Méthodologie : BACI.

Les rapports intégraux tels que délivrés par les sous- traitants scientifiques (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 des scientifiques experts en leur domaine.

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT

Le présent rapport concerne les suivis suivants :

- ✓ Suivi N°2 / 2018 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau – Missions de prélèvements effectuées les 01, 02 et 03 AOUT 2018
- ✓ Suivi N°2 / 2018 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du second semestre : NOVEMBRE 2018
- ✓ Suivi N°2 / 2018 des flux sédimentaires - Immersion des automates durant 48 jours du 29 MAI au 19 JUILLET 2018
- ✓ Suivi annuel de la qualité des sédiments de surface : Prélèvements en MARS et AVRIL 2018

Les missions de suivis ont été effectuées dans leur intégralité conformément au plan de suivi réglementaire.

Pour ces missions 2018: 4 bureaux d'études et laboratoires différents et indépendants ont participé à ces missions et aux travaux d'analyses. Cf. Leurs rapports intégraux en annex

2.1. Synthèse des suivis du milieu marin effectués en 2018

Le tableau suivant présente l'ensemble des suivis : les mois durant lesquels les missions de terrain ont été effectuées et les rapports communiqués (en bleu).

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

← Rapports fournis dans ce bilan

S1 ou S2 : Rapports semestriels

A : Rapport annuel

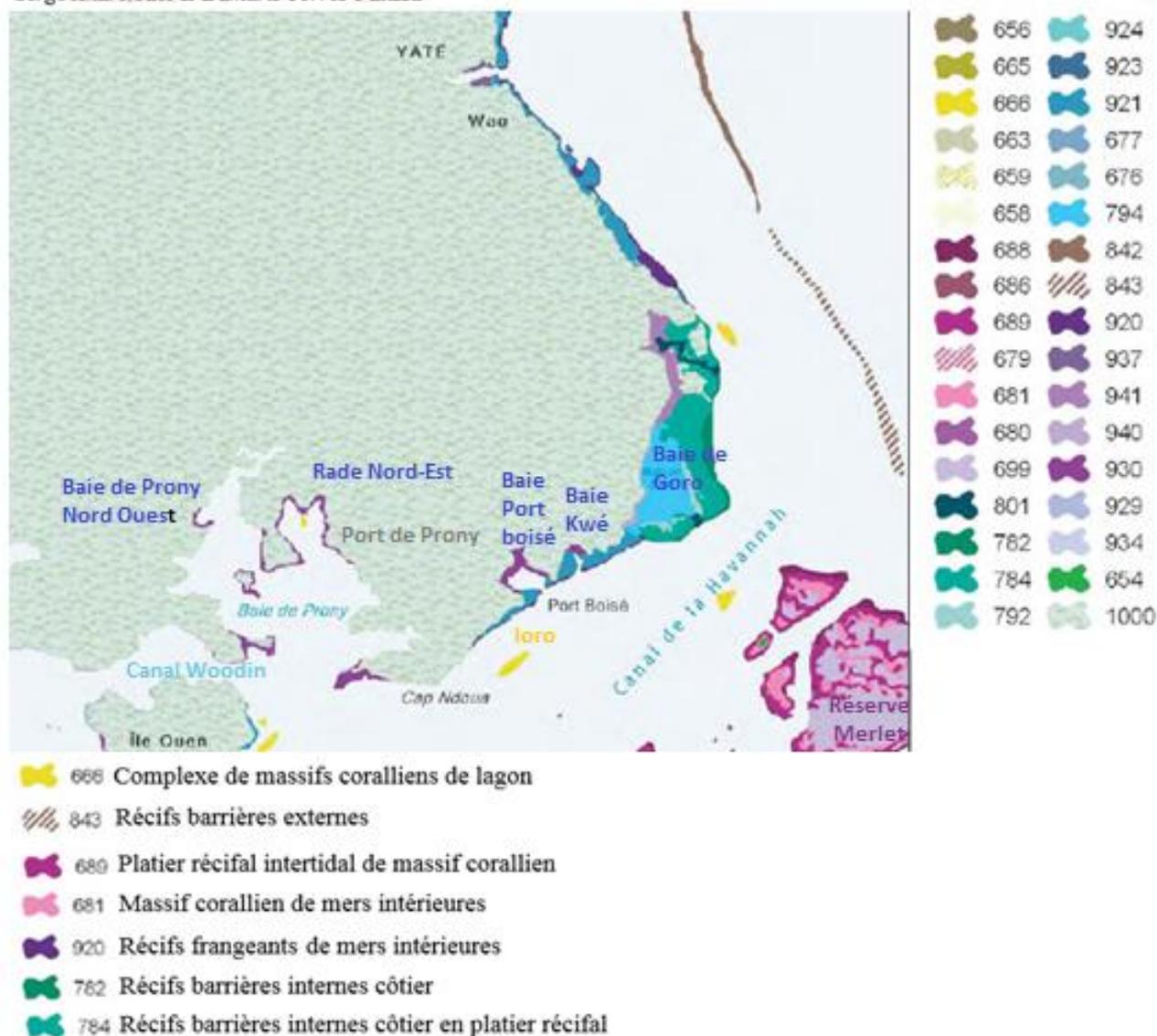
Tableau 10 : Synthèse des suivis marins effectués durant l'année 2018

Suivis réglementaires 2018	Indicateurs	Jan	Fév	Mar	Av	Ma	Jui	Jui	Ao	S	O	N	D	Jan 2019
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique Chimique							S1						S2
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique							S1						S2
Suivi des écosystèmes (Corail, benthos poissons)	Biologique Corail Benthos Poissons							S1						S2
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal. Dernières campagnes : 2010, 2013, 2017 Prochaine campagne en 2020												
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique													A
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique													A
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments													A
Suivi en champ très proche du diffuseur									S1					A

2.2. Cartographie : Pressions, zone d'influence et de suivis

La région du Grand sud :

Cartographie IFRECOR/IRD
Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie
Serge Andréfouët & Damaris Torres-Pulizza



Les figures suivantes sont un rappel sur le déploiement du réseau des points de surveillance et sur la numérotation 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 » fixes

Figure 11 : Les stations de suivi du milieu marin et les « hydro-régions » dans la zone d'étude

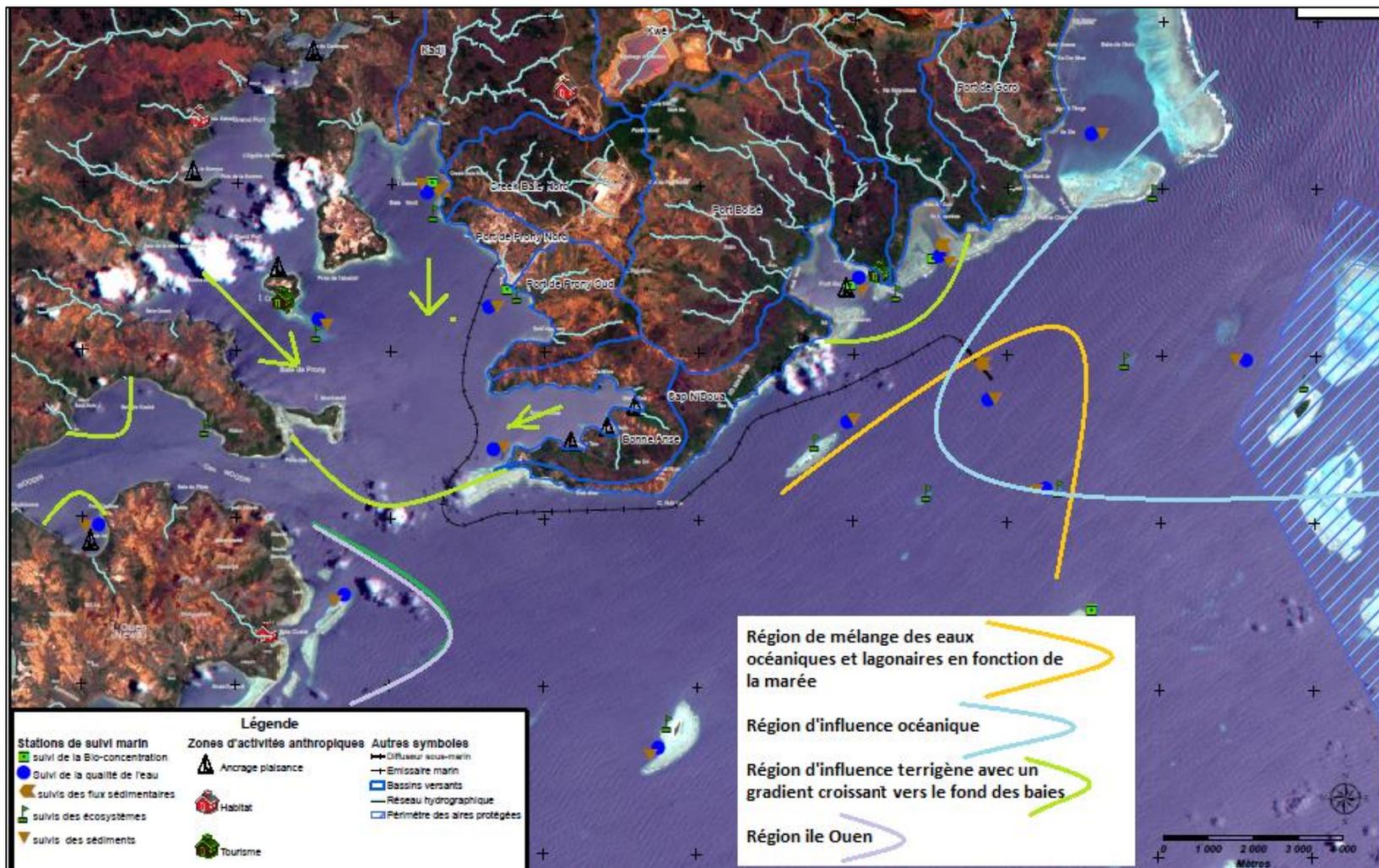


Figure 12 : Carte schématique des bassins versants et des différentes pressions sur le milieu marin

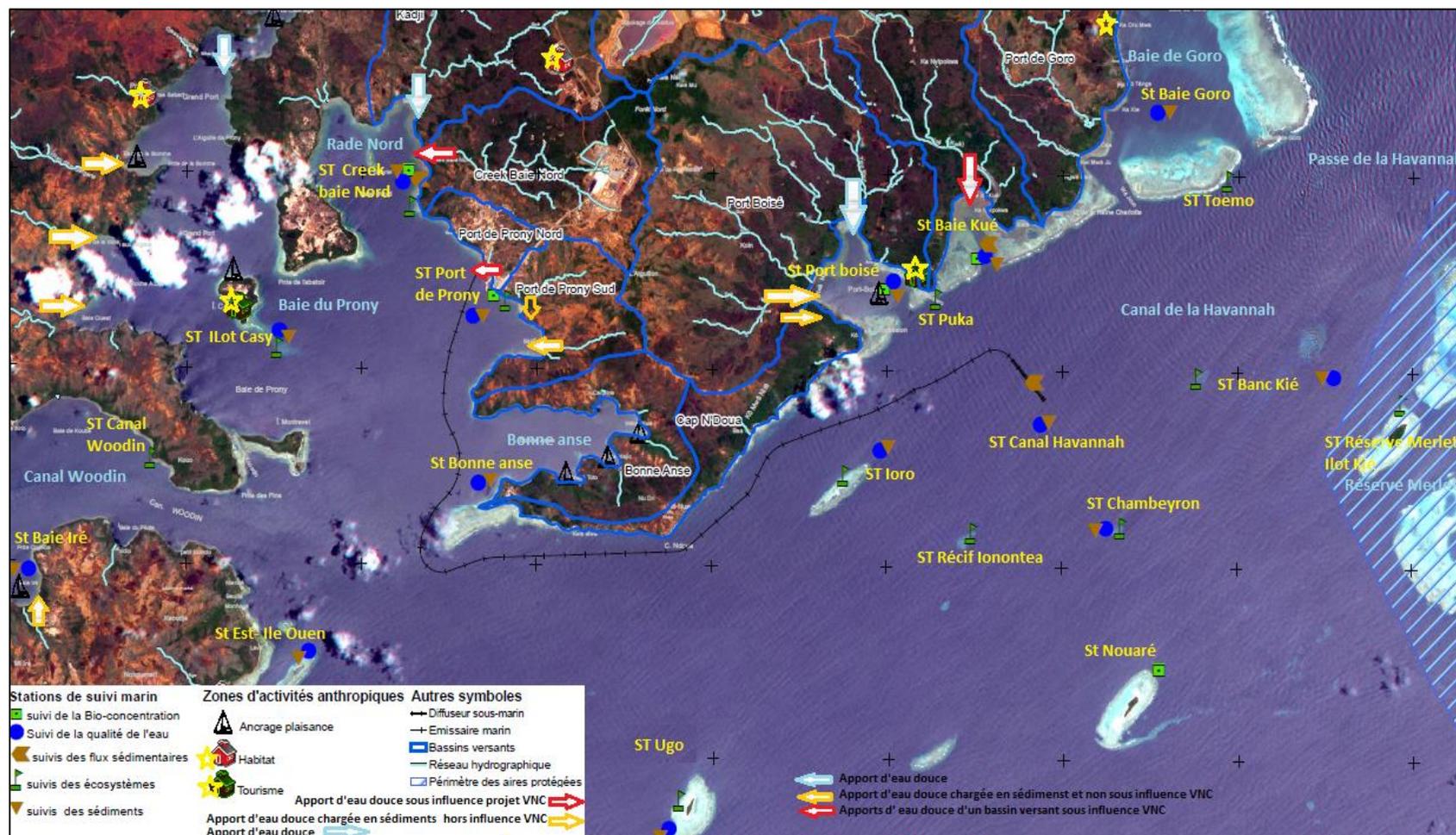
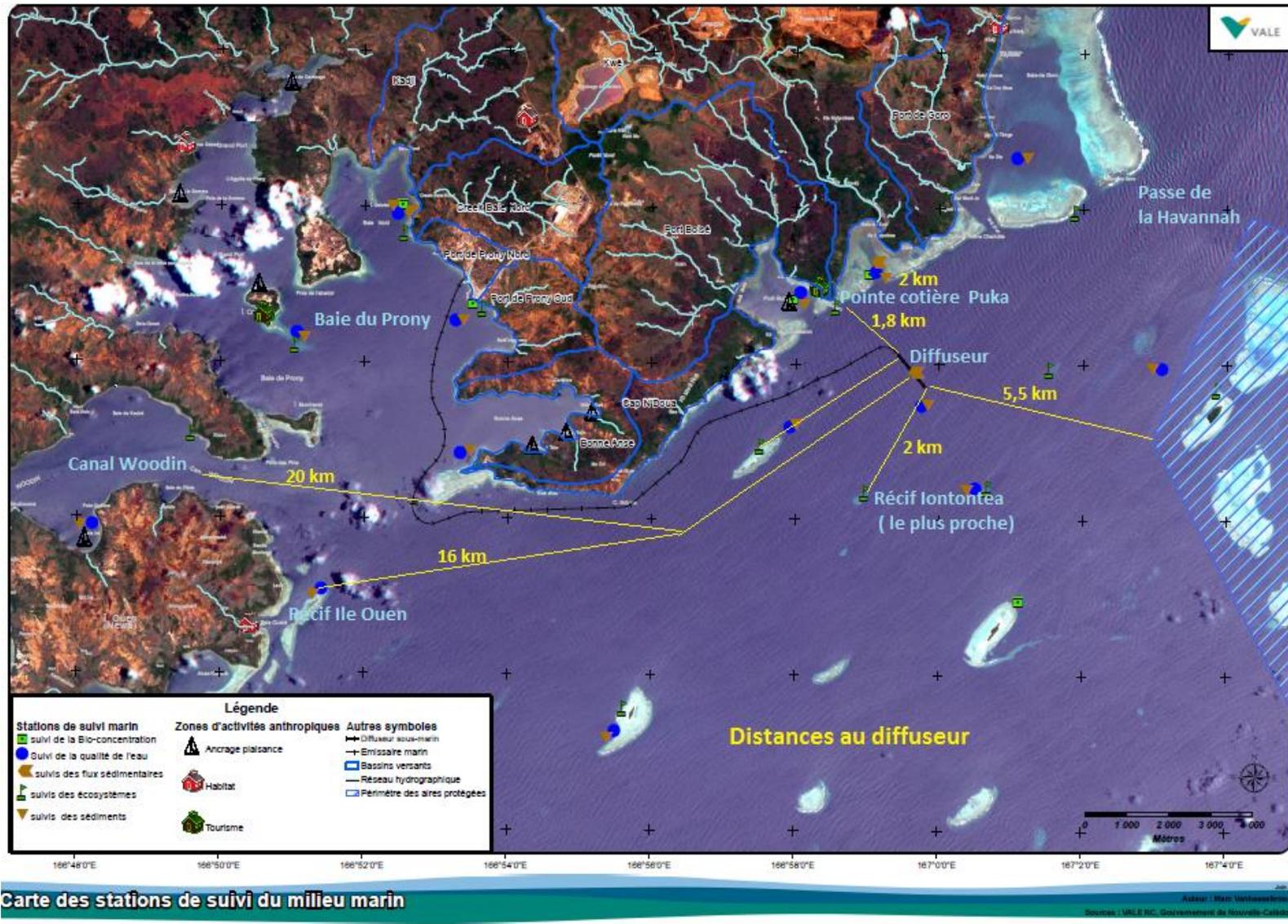


Figure 13 : Distances entre le diffuseur de l'effluent traité et les récifs coralliens les plus proches (+ autres zones remarquables)



3. RESULTATS (S2-2018)

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⁽¹⁾ mais de la surveillance de la santé des écosystèmes et de la qualité du milieu récepteur (eau et sédiments) par rapport à leur état de référence et par comparaison avec des zones témoins (**Méthode BACI**).

- **Les états initiaux (de référence) évalués** avant le développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie servent de référence (**Before**). Les études des états initiaux du milieu marin ont débuté en 1994 et se sont renforcées dès 2000, 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.
- **Les bases de données (issues des missions de suivis antérieures)** permettent une analyse des tendances évolutives. Ce sont ces tendances analysées par les prestataires scientifiques qui doivent avoir une expertise et une connaissance statistique suffisantes pour les maîtriser.
- **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 : « **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 seules comparaisons **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 Kwé et les conclusions quant à l'évolution de la baie Kwé ne peuvent pas se résumer à une comparaison **Before/After**, elles doivent aussi tenir compte de l'évolution temporelle de la Baie de Port- Boisée, son homologue.

*** (1) Le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie**, élaboré en 2011 par ZoNeCo / CNRT présente des grilles de lecture et des réf. bibliographiques pour chaque type d'indicateur, il peut servir de guide, mais **en aucun cas il ne donne des « seuils »**, (et encore moins des seuls réglementaires) ; avec toutes les recommandations interprétatives qu'il préconise, et à conditions de conserver exactement la même méthodologie de suivi que celle utilisée pour les grilles proposées par le guide. **Il est en cours de révision en 2018.**

Il est essentiel de raisonner en termes de tendances évolutives et il ne serait pas rigoureux de tirer des conclusions sur uniquement quelques données ponctuelles, ni par comparaison avec une grille de lecture universelle ou calédonienne (qui n'existe pas).

Comme le souligne le guide ZoNeCo / CNRT: « *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.

Tout changement significatif est signalé de façon bien visible dans les rapports

**Tableau 11 : Caractérisation et évaluation du milieu marin,
Etats initiaux ou de référence (en bleu). Missions de suivis déjà effectuées (en orange).
Mission en cours (en noir).**

- **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, mars 2015, aout 2015, mars 2016 et aout 2016, avril 2017 et aout 2017. Mars 2018.
 - Campagne d'AOUT 2018 incluse dans ce rapport: (20^{ème} campagne)

- **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, 2015, 2016, 2017
 - Campagnes 2018 : les flux sédimentaires sont semestriels. Les suivis des taux de sédimentation et de la qualité des sédiments sont effectués tous les 3 ans. (Sauf au port : annuels). Dans ce rapport : Suivi des flux et de la qualité des sédiments.

- **Stations éco- systémiques**
 - 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).
 - Dernières campagnes règlementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, puis : mars 2010, Aout/septembre 2010 ; mars 2011 et aout 2011 ; mars 2012 et octobre 2012 ; mars/avril 2013 et sept/oct. 2013 ; mars/avril 2014 et octobre 2014, mars 2015, oct. / nov. 2015 ; avril 2016 et novembre 2016 ; avril 2017 et septembre 2017 ; Mai 2018.
 - Campagne de NOVEMBRE 2018 incluse dans ce rapport. (19^{ème} campagne)
 - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données des suivis semestriels effectués depuis 2007, les suivis ont été effectués sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (S2/ 2018 : 21^{ème} mission de suivi même stations & mêmes méthodes).

D'autres inspections et missions sous-marines peuvent donner lieu à des analyses supplémentaires, 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 2017 un état des lieux précis de la baie Kwé a aussi été conduit.

Le tableau suivant rappelle l'ensemble des missions d'évaluation et de suivis sous-marins écosystémiques 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 12 : 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 2016a 2016b 2017a 2017b 2018a 2018 b	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. 19 campagnes effectuées selon exactement la même méthodologie et sur les mêmes stations

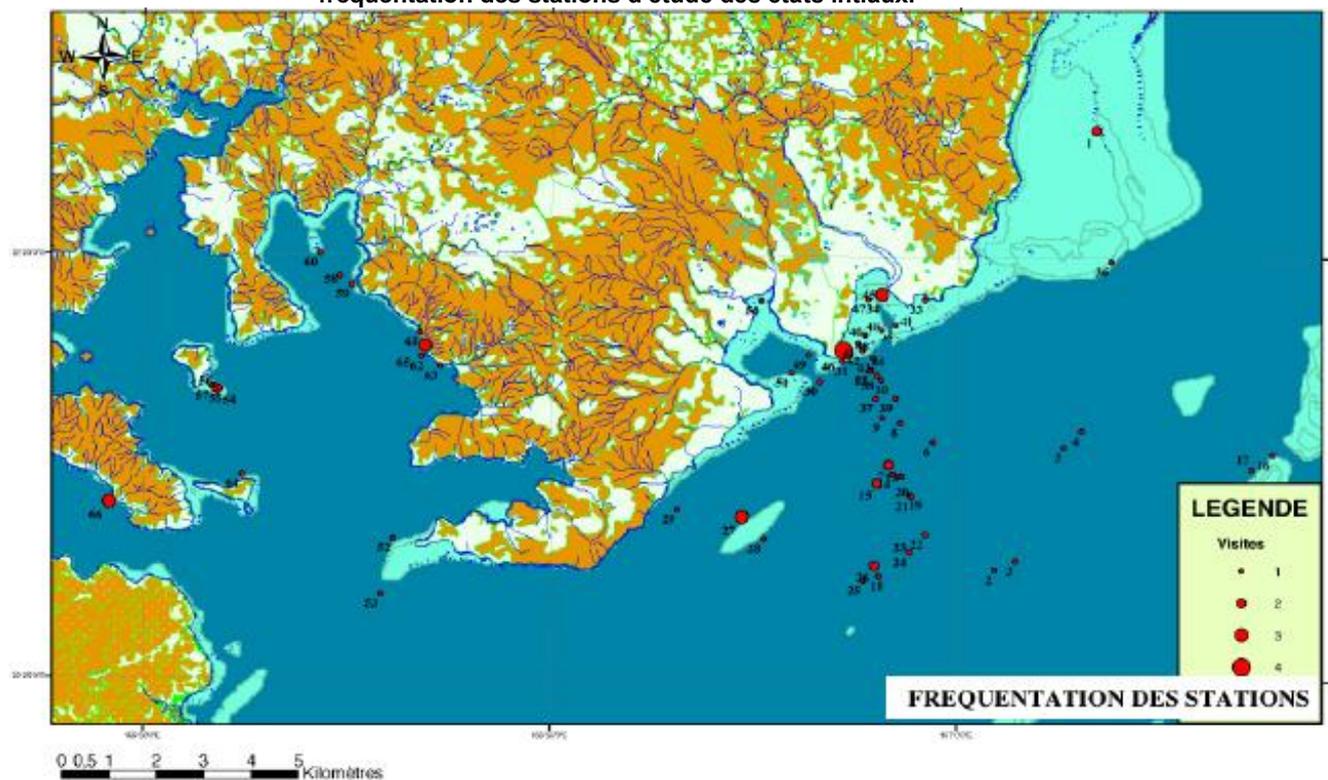
Tous les rapports sur les états de référence ont été communiqués aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (Chapitre : Caractérisation des milieux) ainsi que les rapports de suivi et les études. Ils ont aussi été communiqués à l'ŒIL (Observatoire crée en 2009) dès 2010.

La figure suivante montre le déploiement des efforts d'évaluation du milieu écosystémique 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. Une fois les stations de suivis établies (en 2007) celles-ci ont été surveillées sans interruption ni déplacement de celles-ci.



Figure 14 : Stations d'étude pour la caractérisation biologique du milieu marin entre 1994 et 2006 et fréquentation des stations d'étude des états initiaux.



➤ **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 effectuées : 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, S1/2018**
- Campagnes S2/ 2018 incluse dans ce rapport : 1 campagne de 48 jours.

3.2. Valeurs obtenues (S2/2018)

3.2.1. Météorologie

Les dépressions tropicales fortes et les cyclones affectent régulièrement la Nouvelle-Calédonie.

2013 : année marquée par deux dépressions fortes ayant provoqué une pluviométrie exceptionnelle en janvier (Freda élevée au rang de cyclone) et aussi en juillet 2013 avec des précipitations > 400mm / 24 h qui ont causé des inondations sur tout le territoire, (Cf. les rapports de suivis 2013) ; le milieu marin côtier sous influence terrigène a été affecté par ces précipitations très intenses de 2013.

2014 et 2015 : années caractérisées par un déficit hydrique (et une très bonne vitalité des écosystèmes marins côtiers).

20 au 22 novembre 2016 : l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie a été touché par un épisode météorologique ponctuel et des précipitations exceptionnelles qui ont provoqué un glissement de terrain dramatique (Kouaoua et Houailou).

Rappel des grands épisodes dépressionnaires pluvieux des années précédentes :

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE
2003	13 au 14 mars 2003	Erika	Cyclone tropical
2004	26 au 28 février 2004	Ivy	Cyclone tropical
2007	25 au 29 mars 2007	Becky	Dépression tropicale forte
2009	22 au 26 mars 2009	Jasper	Dépression tropicale forte
2011	8 au 16 janvier 2011	Vania	Dépression tropicale forte
	14 au 17 janvier 2011	Zelia	Cyclone tropical
2013	27 décembre 2012 au 4 janvier 2013	Fréda	Cyclone tropical
2015	7 au 16 mars 2015	Pam	Cyclone tropical
2016	9 au 25 février 2016	Winston	Cyclone tropical très intense puis dépression tropicale forte (en NC)
2017	7 au 14 avril 2017	Cook	Cyclone tropical
	2 au 10 mai 2017	Donna	Cyclone tropical intense puis cyclone tropical (en NC).

Les années 2011 et 2013 ont laissées des traces nettement détectées dans les suivis Vale NC.

- 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)

Fin 2015 est caractérisée par la sécheresse due au phénomène climatique cyclique « 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 par VNC sont peu affectés.

Ce phénomène « El Niño » se renforce début 2016 de façon intense.

2016 : Tout le Pacifique Sud est affecté par « El Niño » depuis les îles Marquises jusqu'à la Grande Barrière australienne, le lagon calédonien est inclus.

Au niveau de la Nouvelle-Calédonie, des records de températures ont été enregistrés en février et mars 2016, accompagnés d'une baisse du régime des vents (Alizés) et d'une absence de couverture nuageuse exceptionnelle qui a permis aux rayonnements solaires d'être intensément perçus en surface sur terre et au niveau du lagon.

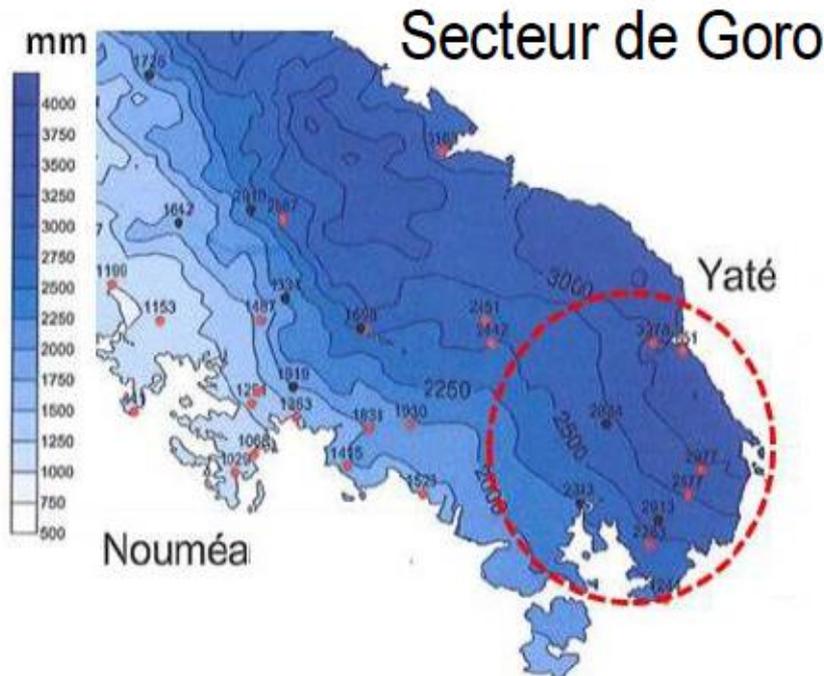
Ces phénomènes vont provoquer un blanchissement des coraux dans tout la Pacifique Sud. Il a été évalué sur le lagon calédonien par une mission de l'IRD.

2017 : Le mois d'avril 2017 est affecté par le passage du cyclone Cook mais la Nouvelle Calédonie est relativement modérément affectée.

2018 : Premier semestre 2018 : R.A.S sur la Calédonie. Le passage du **cyclone Hola** à l'Est des îles Loyauté a entraîné de fortes pluies du 07 au 11 mars 2018.

Figure 15 : 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 et étude DAVAR 2011 plus précise)



Les campagnes semestrielles de suivis s'étalent sur une semaine environ chacune :

- **S1 a lieu en mars ou avril** en fonction de la météo et des lunes afin de ne pas biaiser les résultats par des conditions météo extrêmes et pour respecter les règles HS de sécurité), cependant un épisode pluvieux est toujours enregistré durant la campagne et les 5 jours d'influence préalables.

- **S2 a lieu en aout ou septembre** et bien que cette saison soit d'avantage sèche, en 2013 par exemple, un épisode pluvieux très intense a eu lieu en juillet causant des inondations et marquant la campagne de suivi S2.

-**Les plongées sur les stations coralliennes** peuvent être décalées ou interrompues puis reprises en fonction des conditions météorologiques et demandent une semaine de mortes eaux (moindre courants), une campagne a lieu en début d'année et une autre au second semestre.

- **Les campagnes qui sont des suivis continus sur plusieurs semaines** (flux de MES, suivi DGT, taux de sédimentation) ne peuvent évidemment pas s'affranchir des forts épisodes pluvieux qui ont lieu pendant le temps d'immersion des appareillages.

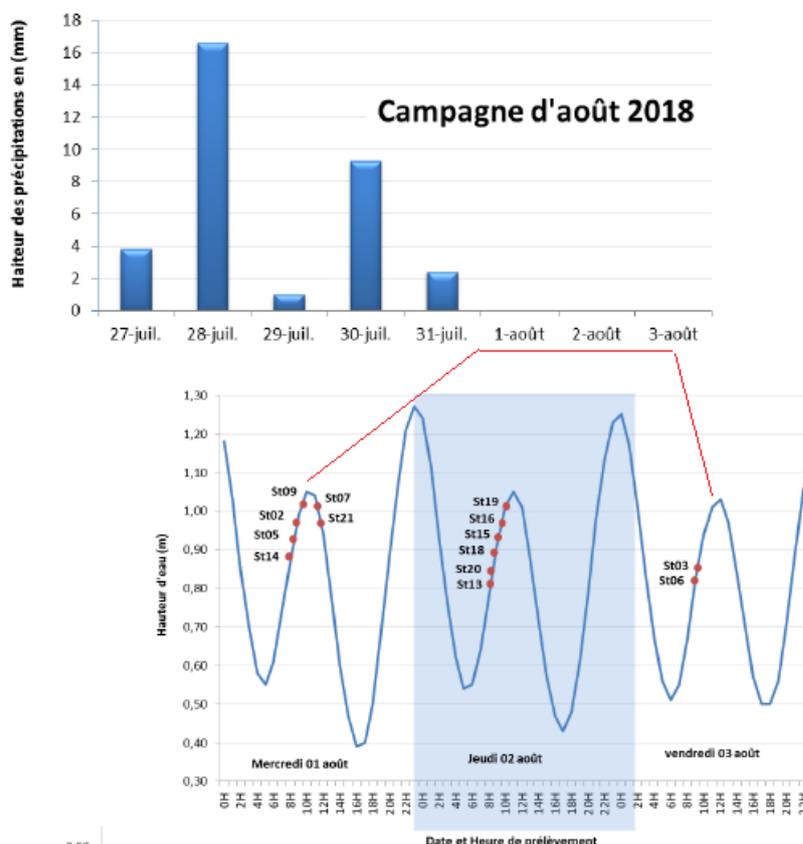
- Le guide du CNRT-ZoNeCo 2011 recommande d'exclure les données ponctuelles extrêmes si dues à une pluviométrie exceptionnelle.
- Les experts IFREMER recommandent de ne pas échantillonner durant ces épisodes extrêmes pour éviter les biais ; ce qui ne se fait pas. (Les règles HS interdisent de sortir par plus de 25 nœuds de vent et en cas de mauvais temps : houle ou orage) ;
- Cependant la durée des missions, la forte pluviométrie de la région et les appareillages immergés durant plusieurs semaines, impliquent qu'il ne peut être effectué les suivis que hors pluies intenses, de plus, le fait que les indicateurs suivis marquent bien un épisode pluvieux, montre leur sensibilité.
- Il est donc important de : à la fois bien enregistrer les conséquences des pluies, et de savoir s'affranchir raisonnablement d'un point extrême.
- La méthode BACI le permet puisque la zone témoins va montrer le même relevé extrême que la zone suivie.

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 S2/2018 ont été réalisées les 1, 2 et 3 août 2018 sur les 14 stations prédéfinies. L'éloignement des stations nécessite trois déplacements sur 3 jours, à minima, pour garantir une qualité rigoureuse du travail. L'état de la marée et surtout la pluviométrie, pendant et avant la mission, sont des facteurs d'influence de la qualité de l'eau lors des prélèvements ponctuels. En cas de très forte pluviométrie (dépression tropicale, cyclone) il n'y pas de mission en mer cependant une mission de plusieurs jours rencontre presque toujours des épisodes pluvieux, plus ou moins intense, notamment en saison des pluies et il faut aussi prendre compte la pluviométrie les 5 jours avant la mission.

Figure 16: Conditions météorologiques et état de la marée (Campagne AOUT 2018)

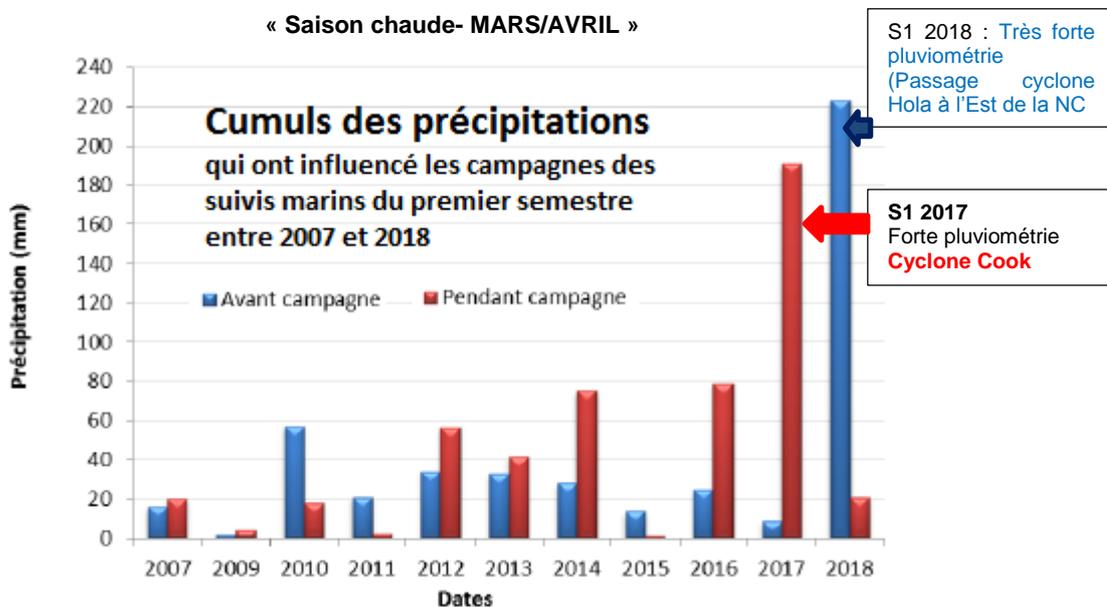
La pluviométrie est indiquée durant la campagne de prélèvement (en rouge) mais aussi durant les 5 jours précédents (en bleu).



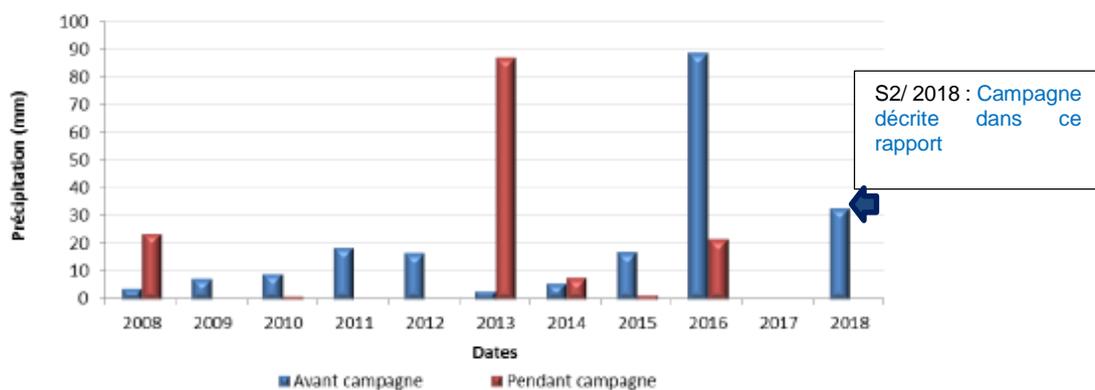
Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude et pluvieuse sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche souvent plus sèche sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie 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 toujours nette, il est plus judicieux de parler de saison fraîche et de saison chaude et de toujours se référer à la pluviométrie.

Figure 17 : Cumuls des précipitations, 5 jours avant (bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement de 2007 à 2018. Données météorologiques enregistrées à la station d'observation

« Prony Pilot station »



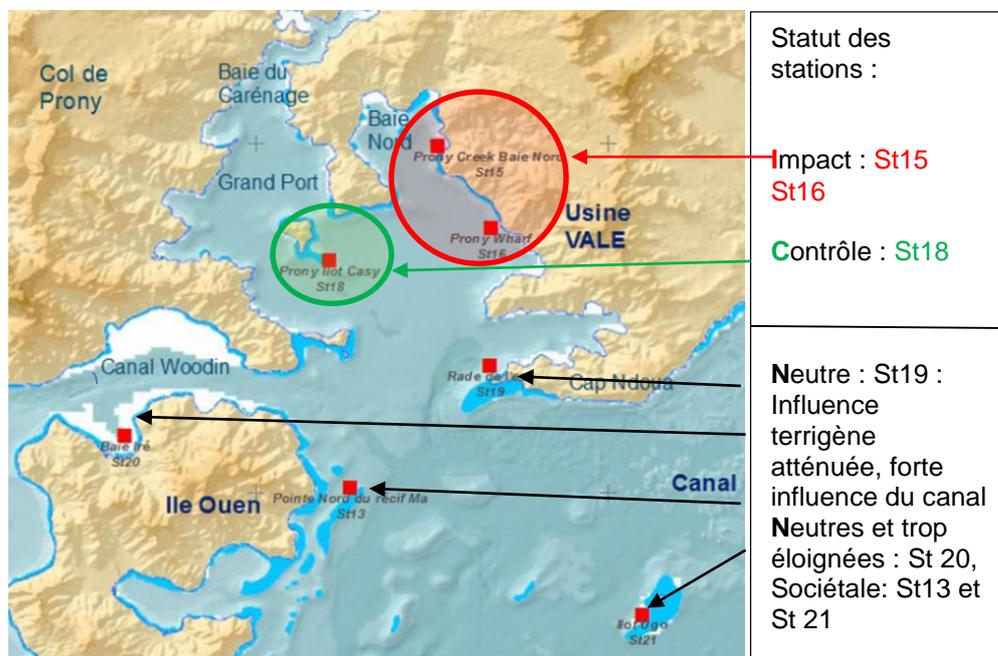
« Saison Fraiche – AOUT » et beaucoup plus « sèche »



Mission 2018

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

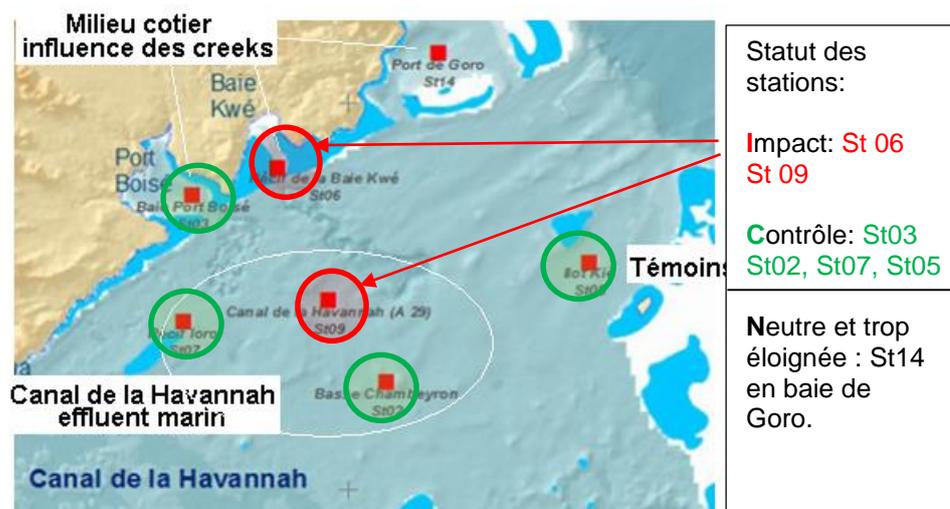


Stations en baie du Prony (sous influence côtière forte) : St 15, St 16 qui sont de statut « Impact ». St 18 près de l'îlot Casy est de statut « Contrôle », St 19 est sous influence côtière atténuée.

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

La station St 20 au Nord de l'île Ouen dans le canal Woodin n'est pas sous influence du projet Vale NC, elle ne peut pas être de statut « Impact » ni de statut « Contrôle », comme la station St 21 sur le récif Ugo.

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 de statut « Contrôle » en baie de Port Boisé et St 06 ; de statut « Impact » en baie Kwé

+ Station très décentrée et non sous influence, en baie de Goro : St 14.

3.2.2.1. QUALITE- Contrôle qualité

Le laboratoire AEL qui effectue les prélèvements et de nombreuses analyses dont celles de la plupart des métaux est certifié :

Norme ISO 9001- "Analyse des métaux dans l'environnement et expertise ».



Le périmètre des activités certifiées est ciblé sur le travail de prises d'échantillons et d'analyses des métaux dans l'environnement sur des matrices d'eau de mer, de sédiments, de biotes et en atmosphère.

La qualité des mesures effectuées en métaux dissous, lors des campagnes de suivi, est évaluée selon trois approches complémentaires :

- en étudiant la fidélité de la méthode de prélèvement et d'analyse à l'aide de 10 % de triplicatas,
- en étudiant la reproductibilité de la méthode de prélèvement et d'analyse par les analyses inter-laboratoires sur au moins 10 % de duplicatas. Ces duplicatas sont envoyés dans différents laboratoires, en fonction de la mesure à effectuer ;
- en vérifiant la justesse de la méthode d'analyse d'AEL par la participation à un exercice inter-laboratoire international, organisé par Quasimeme.

3.2.2.2. RESULTATS S2 /2018

➤ Les éléments majeurs et le pH

Le pH moyen ne diffère pas entre les zones étudiées. Il est particulièrement homogène dans l'ensemble de la zone ($8,35 \pm 0,05$) Le pH moyen global mesuré lors de cette campagne est identique à celui obtenu lors de la précédente campagne d'août 2017 et à celui des campagnes antérieures. Une éventuelle acidification liée au phénomène de réchauffement planétaire n'est pas décelable.



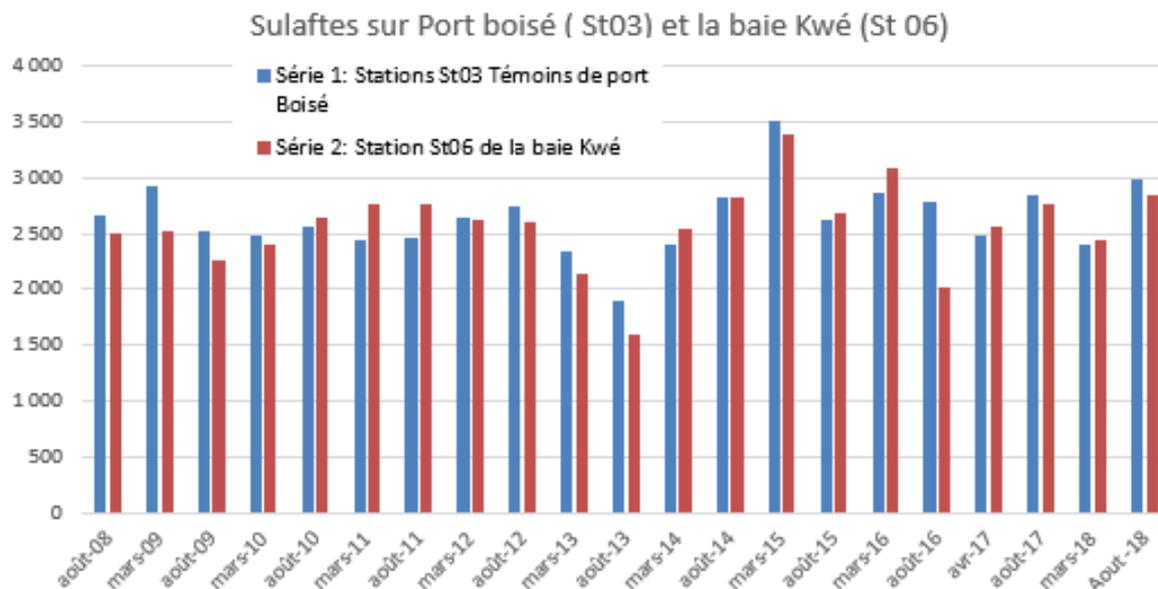
Tableau 13: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse.

Zone d'étude	Statistique	pH	Eléments majeurs (mg/L)					Aout 2018
			Ca	K	Mg	Na	Cl	SO ₄
Canal de la Havannah	Minimum	8,35	433	502	1318	11547	18769	2715
	Maximum	8,40	459	532	1376	12100	21550	2935
	Moyenne	8,39	444	514	1345	11769	19855	2820
	Ecart-type	0,02	8	9	18	168	801	70
Baies du Canal	Minimum	8,30	435	498	1303	11475	18769	2815
	Maximum	8,40	457	534	1383	12052	20855	2985
	Moyenne	8,36	444	515	1344	11736	19619	2899
	Ecart-type	0,05	8	12	25	208	760	59
Baie du Prony	Minimum	8,30	433	500	1322	11517	18769	2805
	Maximum	8,30	461	541	1406	12264	20855	3090
	Moyenne	8,30	443	514	1352	11758	19638	2929
	Ecart-type	0,00	7	10	21	190	602	78
Ile Ouen	Minimum	8,30	431	498	1316	11516	18769	2535
	Maximum	8,30	451	525	1376	11978	20160	3090
	Moyenne	8,30	441	510	1344	11716	19349	2793
	Ecart-type	0,00	7	9	20	155	523	196

Le pH et les éléments majeurs constitutifs de l'eau de mer n'ont pas, (à ce jour en 10 années de suivi), donné des indications d'alerte bien qu'analysés à 3 profondeurs 2 à 4 fois/an sur 14 stations.

Focus sur les concentrations en sulfates :

Figure 20 : Concentration en sulfates en mg/L en surface de la colonne d'eau de 2008 à 2018 (couche d'eau sensible aux apports terrestres via les cours d'eau) et en baie Kwé (St06) en baie de Port Boisé (St 03 son homologue de comparaison)



Les sulfates, ions de composante majeure de l'eau de mer, sont un paramètre suivi mais de faible valeur indicatrice en milieu marin. A leur niveau le parallélisme des concentrations et de leurs fluctuations entre la baie Kwé (St 06) et la baie de Port Boisé (St 03) renforce l'utilisation de la baie de Port Boisé comme témoins de la baie Kwé.(Méthode BACI).

Il n' y a pas de changement ni de tendance évolutive pour les concentrations en sulfates.

➤ **Hydrocarbures:**

Les analyses des prélèvements à la station St16 du port de Prony n'ont pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de quantification de la méthode (<0,1 mg/L) aux 3 profondeurs surveillées (dont en surface). Le rapport annuel consacré au port reprend ces analyses de façon détaillée.

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

Les matières en suspension (MEST) 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'AOUT 2017 est synthétisé sur la figure suivante et les données brutes sont en annexe.

- En aout 2018 la pluviométrie est faible. Les baies côtières avec apports d'eau douce en continu, comme la baie du Prony et les Baies Kwé et Port Boisé, montrent une signature terrestre faible. Il en était de même en MARS 2018 malgré une forte pluviométrie et ce fait est a relevé notamment pour la baie Kwé. Les concentrations en MES y sont très basses, même en surface dans le flux d'eau douce.
- Dans le Canal de la Havannah, influencé par les apports océaniques, la concentration moyenne en MES est habituellement très faible, sauf en profondeur sur les récifs en cas d'agitation (fort vent/houle, par exemple près du récif loro sur la station St07) et remise en suspension de sédiments coralliens.

- Sur St 09 proche du diffuseur en surface comme en profondeur les valeurs en MES sont habituellement très faibles.



Une valeur de MES relativement élevée pour la zone est relevée le 1 août 2018, sur St09. en champ proche du diffuseur et en profondeur uniquement (- 47m), cependant le sonde immergée ne relève pas de turbidité anormale et une concentration de 1,25mg/l de MES reste une concentration faible.

St07: fond: – 41 m près du récif loro
 St09: fond: – 47 m Station située en fin du diffuseur marin

Figure 21 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en AOÛT 2018
Comparaisons spatiales entre les stations

Prélèvements de **surface en rouge**, de **mi profondeur en jaune** et **au fond en vert**

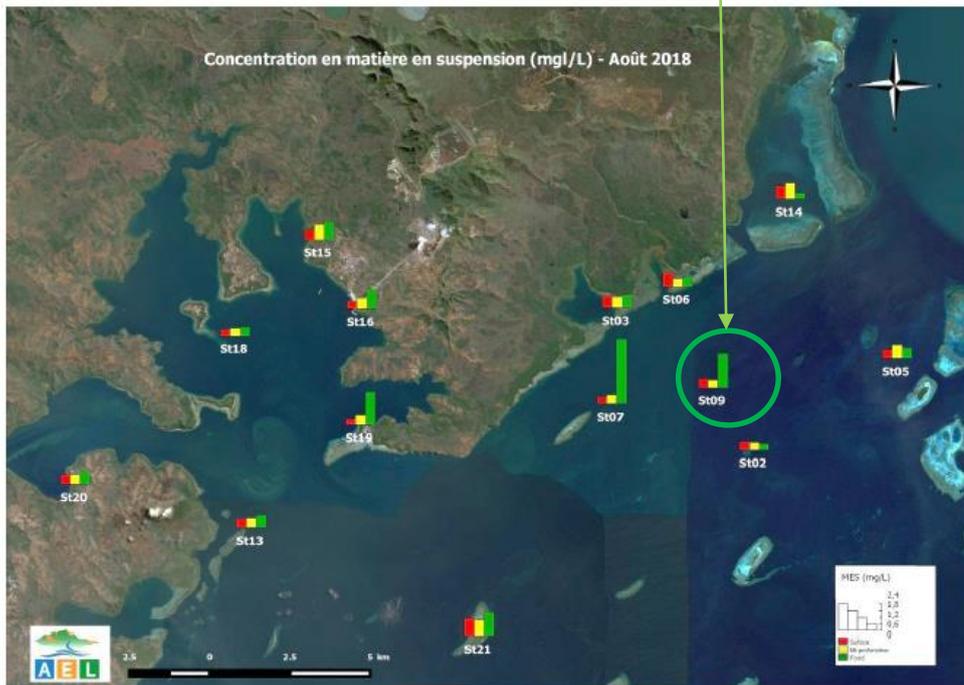
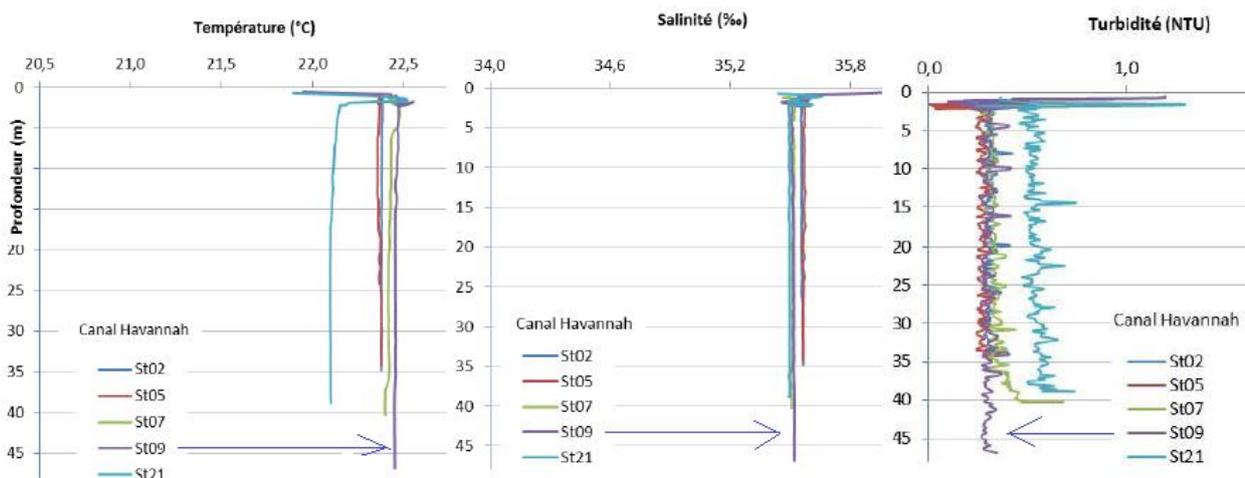
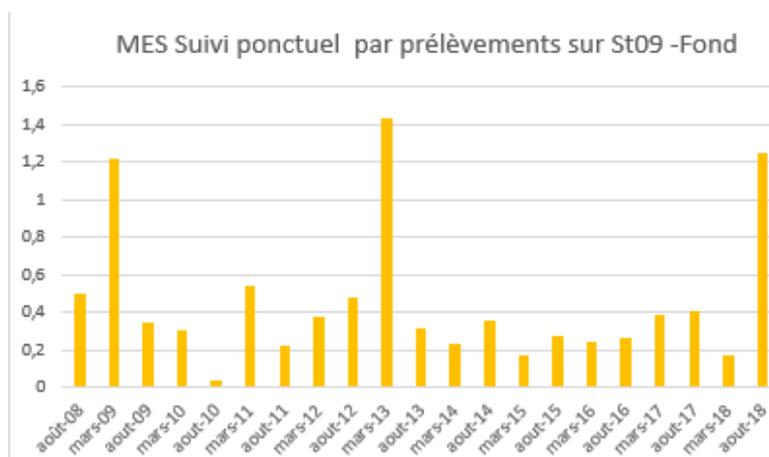


Figure 22 : Enregistrement de la sonde CTD sur les mêmes stations juste avant les prélèvements d'eau



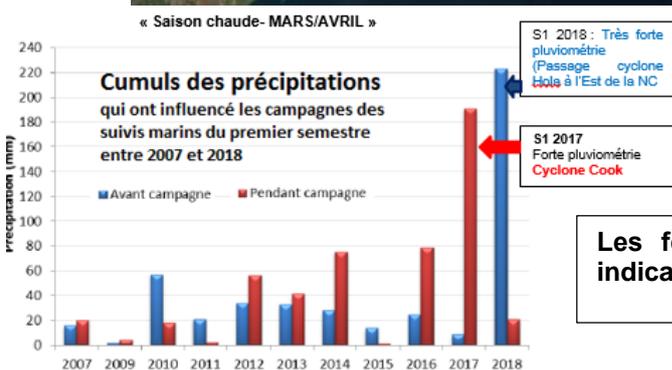
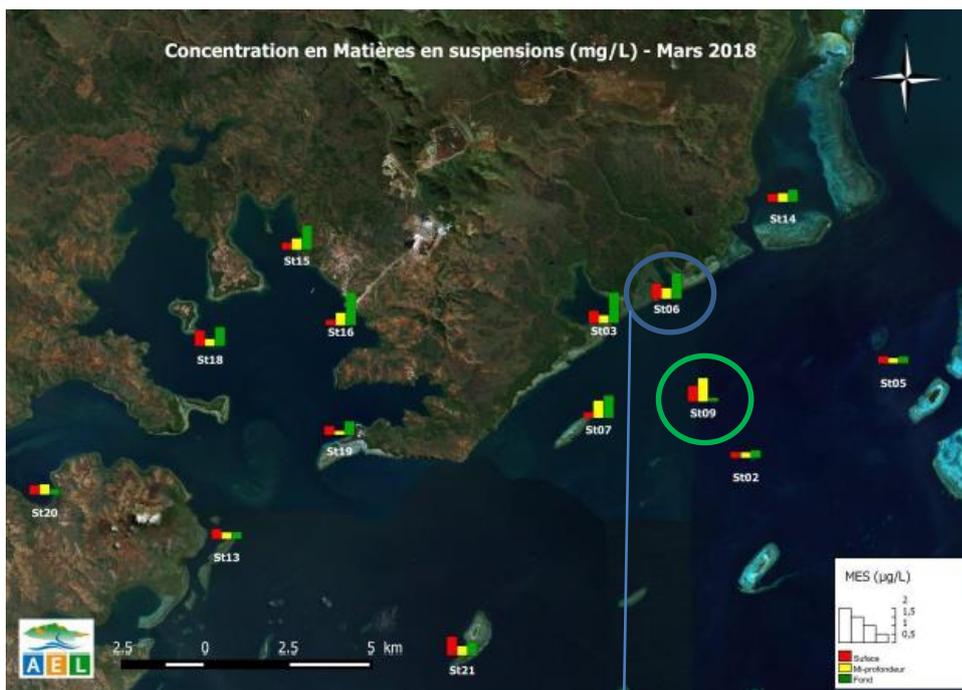
Sur St 09 (comme sur les autres stations du canal de la Havannah) la sonde ne détecte pas de variation de la température, de la salinité ni de la turbidité en profondeur.



Figure 23 : MES par prélèvements ponctuels d'eau du fond sur la station St09


Les relevés ponctuels en MES sont un indicateur de puissance faible, en raison de leur caractère ponctuel et des très faibles volumes de MES recueillies, le suivi intégrateur des flux est à privilégier, selon les experts. (Cf. chapitre Suivi des flux). Les concentrations en MES de relevées sur le fond en St09 reste d'un ordre de grandeur faible même si remarquée en raison du focus sur cette zone proche du diffuseur d'effluent traité.

En comparaison, en mars 2018 (Rappel du rapport S1/2018):

Figure 24 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en MARS 2018


Les fortes pluies n'ont pas influencé cet indicateur MES, même en baie Kwé.



➤ **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 2018

Tableau 14 : Température, salinité turbidité et fluorescence AOUT 2018

Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg/m3)
Canal de la Havannah	Minimum	21,89	35,44	0,00	0,000
	Maximum	22,55	36,02	0,54	0,268
	Moyenne	22,39	35,53	0,10	0,010
	Ecart-type	0,11	0,03	0,14	0,017
Baies du Canal	Minimum	20,63	34,11	0,37	0,000
	Maximum	22,49	35,52	1,69	0,137
	Moyenne	22,35	35,38	0,52	0,055
	Ecart-type	0,17	0,25	0,16	0,015
Baie du Prony	Minimum	21,00	35,13	0,19	0,000
	Maximum	22,27	36,10	2,13	0,283
	Moyenne	21,97	35,41	0,64	0,058
	Ecart-type	0,09	0,10	0,26	0,038
Ile Ouen	Minimum	21,88	35,50	0,46	0,023
	Maximum	22,10	35,54	2,87	0,068
	Moyenne	22,04	35,53	0,77	0,044
	Ecart-type	0,08	0,01	0,43	0,010

○ **La température :**

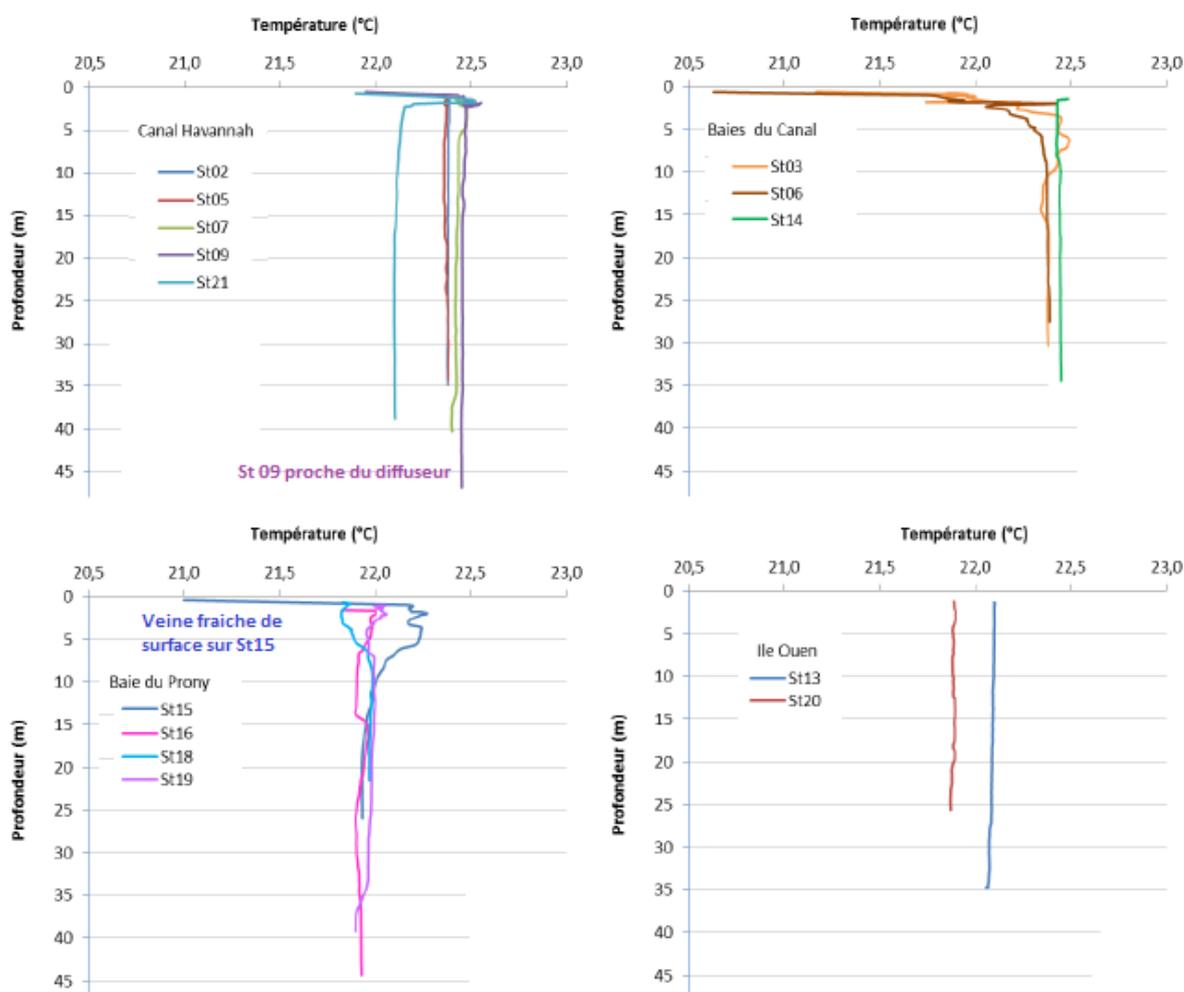
Globalement, la température moyenne est de **22,03°C +/- 0,02 en saison fraîche 2018** (AOUT) et varie très peu.

Pour rappel elle était de **26,52°C +/- 0,29 en saison chaude** (MARS 2018)

La forme des profils verticaux permet de détecter les thermoclines, et haloclines et d'en déduire les influences terrestres (ruissellements) sur les points d'immersion de la sonde.

Dans le canal de la Havannah la masse d'eau est très homogène et aucune influence du rejet profond d'effluent par le diffuseur n'est détectée (Cf. figure 22. précédente)

Les profils obtenus par les sondes sont présentés ci-dessous.

Figure 25 : Profils des températures en AOÛT 2018 (S2-2018)


Aucune trace de réchauffement en profondeur dans le canal de la Havannah, comme attendu. La station St09 est la plus proche du diffuseur. 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.

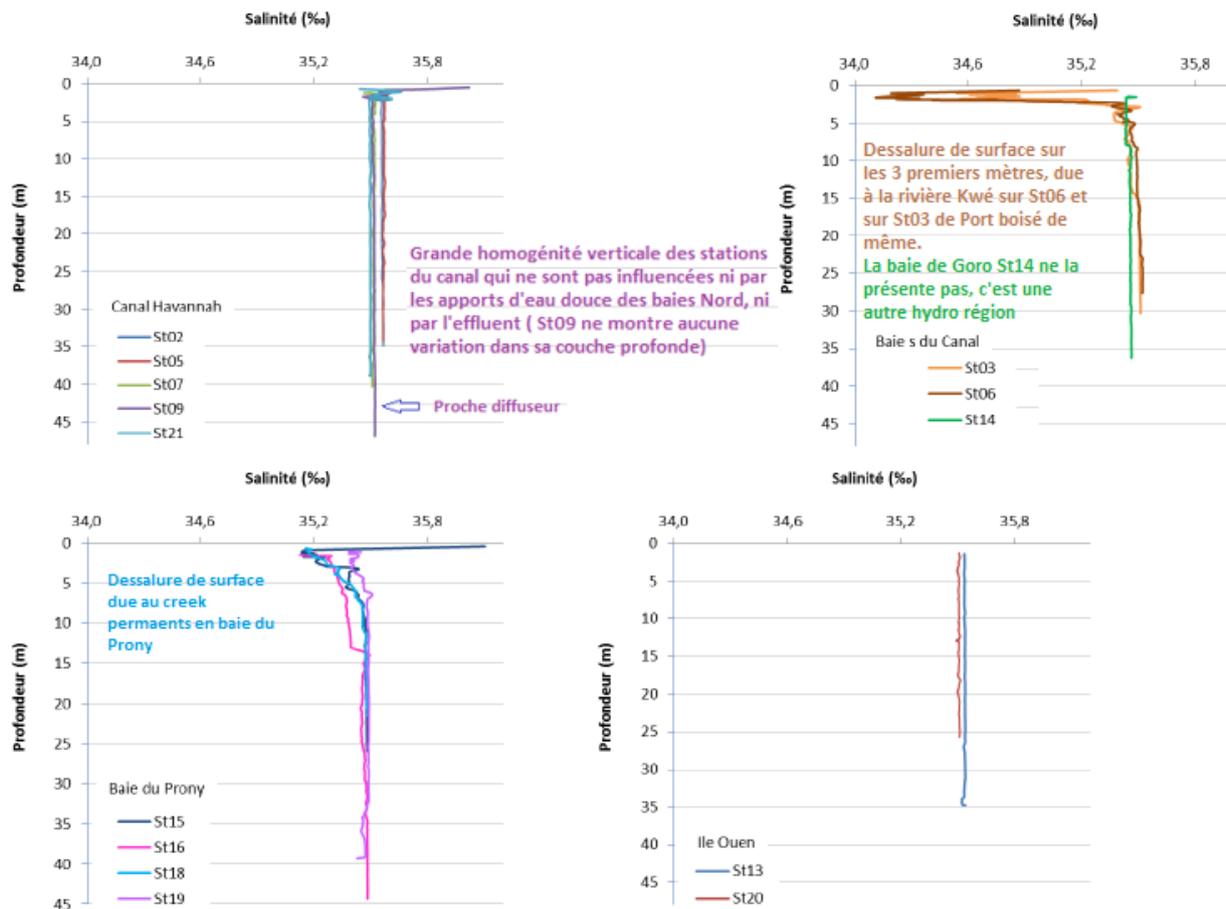
○ **La salinité :**

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

De même en baie du Prony qui présente une couche dessalée particulièrement marquée de plus de 5m d'épaisseur près de l'îlot Casey (St18)

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

Figure 26 : Profils des salinités des 14 stations échantillonnées dans la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de AOÛT 2018 (S2-2018)



Il faut noter que la baie de Goro (St14) est une hydro-région non comparable aux autres baies et que la baie Kwé et la baie de Port boisé présentent des structures de leur colonne d'eau comparables.

Ces résultats sur la structure verticale de la colonne d'eau sont conformes aux valeurs attendues sur les stations sous influence VNC et leur témoins



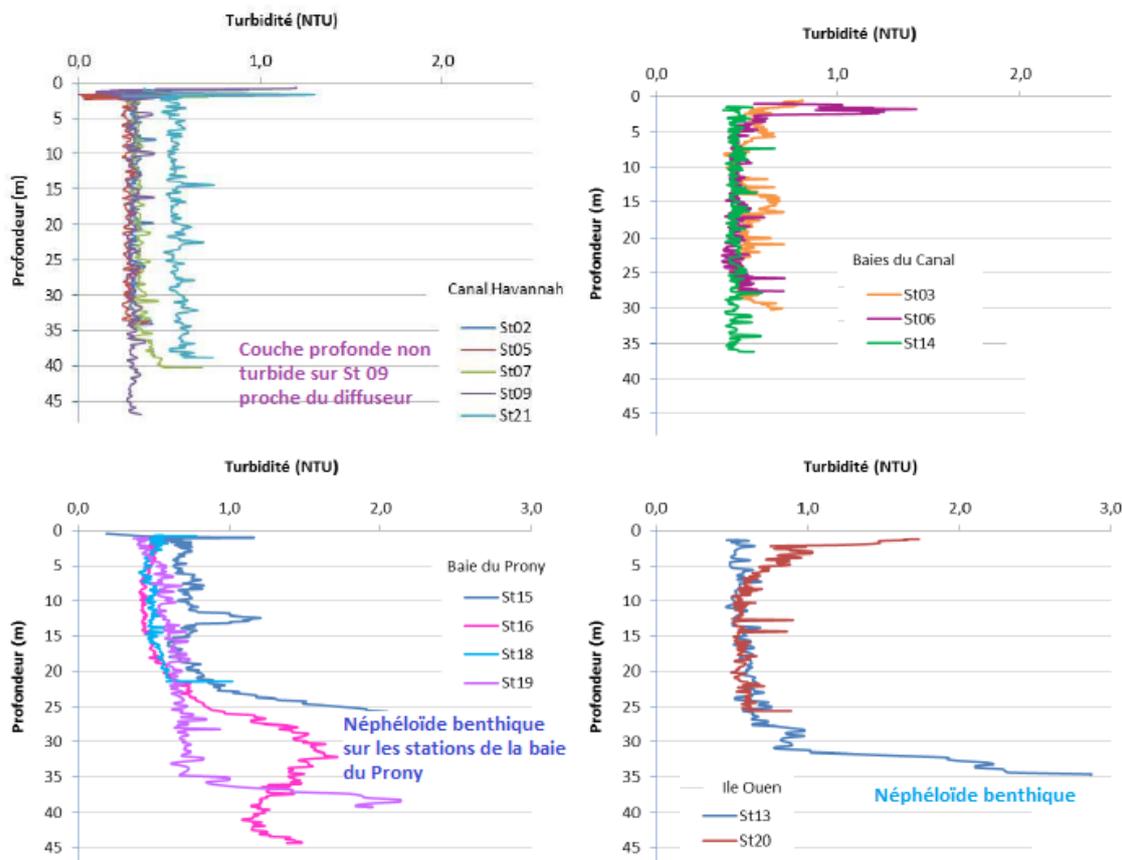
○ **La turbidité :**

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.

- ✓ La station St09 proche du diffuseur ne montre pas de turbidité accrue en profondeur (CF. Figure 22)
- ✓ La station St16 proche du port de Prony, par contre, montre une couche profonde plus turbide. Cependant toutes les stations de la baie du Prony présentent une couche profonde plus turbide, comme l'île Ouen (St13) cette néphéloïde benthique (Cf figure suivante) est couramment observée dans le lagon.

L'ensemble ne décèle pas d'anormalité.

Figure 27 : Profils des turbidités de la coloone d'eau sur les 14 stations échantillonnées dans la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de AOUT 2018 (S2-2018)



○ **La fluorescence**

Cette campagne ne décèle pas de fluorescence qui ne soit pas en cohérence avec l'état initial du milieu. Fluorescence et chlorophylle sont liées.

(Résultats intégraux en annexe de ce document),

➤ **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). La dégradation de la chlorophylle donne de nombreux composés, dont principalement les phéo-pigments

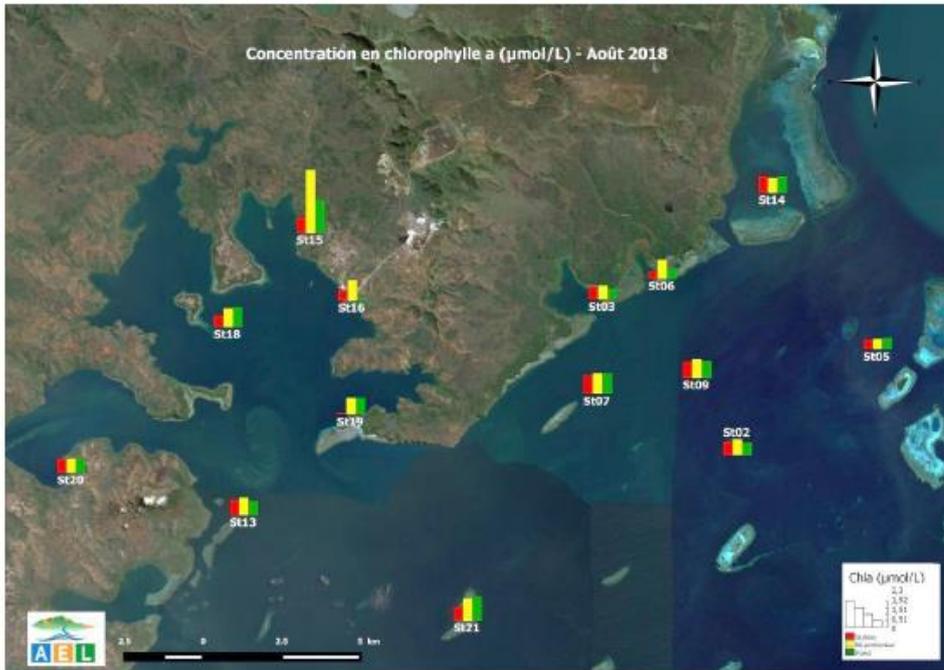
✓ **A ce jour il n'a jamais été observé le bloom chlorophyllien intense, depuis les premiers suivis de la zone.**

- ✓ En cas de forte mortalité planctonique, un pic en phéo-pigments pourrait être détecté ce qui n'a jamais été le cas.
- ✓ Les algues macroscopiques sont suivies dans les missions écosystémiques, aucun bloom n'a été détecté depuis 2007.

Le maximum AOUT 2018 est relevé en couche de mi- profondeur en baie du Prony sur St15 avec 2 µg/L (Surface, eau dessalée provenant des creeks : 0, 51 µg/L ; à la mi- profondeur : 2µg/L ; au fond : 1,07 µg/L)

Le guide CNRT/Zoneco donne une bonne qualité de l'eau des baies avec une concentration en « chorophylle a » pouvant aller jusqu' à 1,5 µg/L et un indice plutôt mauvais (à surveiller) si la concentration dépasse 5 µg/L, ce qui n'a jamais été le cas dans la zone d'étude.

Pour rappel : Les concentrations en nitrates, nitrites et ammonium (sels nutritifs) sont très faibles du St15. Pas d'eutrophisation.



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

La station d'épuration de la base vie Vale NC ne rejette pas ses eaux traitées dans un creek et donc elle ne rejette pas vers une baie du lagon, (mais au niveau du diffuseur sous-marin, via l'effluent marin traité).

Un risque d'eutrophisation a été identifié en baie de Port-Boisé (St 03) ; il est sans lien avec Vale NC (Rejet d'un hôtel) ou éventuellement près l'îlot Casy (à vocation touristique et camping « sauvage »).

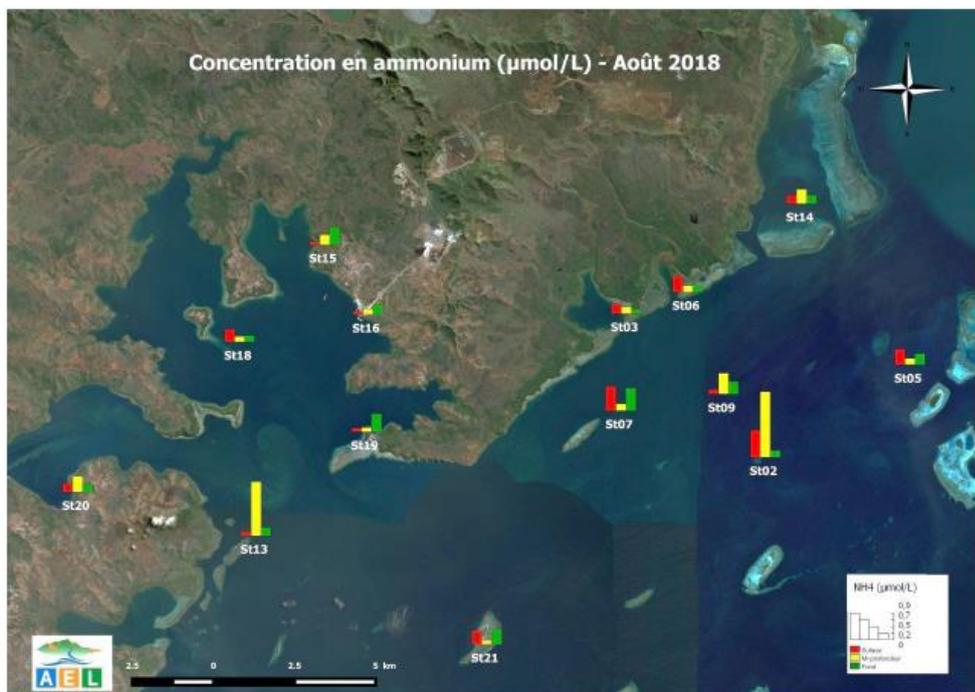
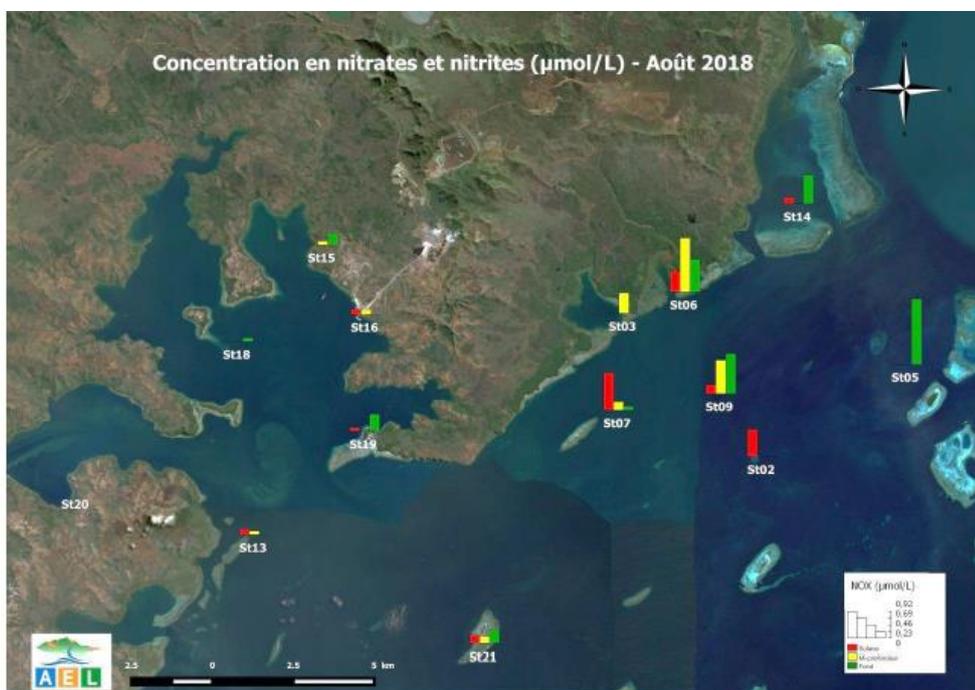
Il n'y a pas de concentration en sels nutritifs qui puisse indiquer une perturbation sur l'ensemble des zones sous influence de Vale NC.

Le lagon calédonien est oligotrophe et sensible aux apports en sels minéraux, engrais et matières organiques (exemple de la prolifération d'algues en face la zone Deva, sur la côte Ouest de la Calédonie), le complexe Vale NC n'envoie aucun effluent domestique et aucun engrais au lagon et il ne fait pas encourir un tel risque de prolifération d'algues.



Tableau 15 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en AOUT 2018

Zone d'étude	Statistique	Sels nutritifs (µmol/L) août 2018.			
		NO ₃ +NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₄
Canal de la Havannah	Minimum	<0,050	0,055	<0,050	1,153
	Maximum	0,918	0,866	<0,050	1,701
	Moyenne	0,240	0,215	-	1,353
	Ecart-type	0,265	0,200	-	0,195
Baies du Canal	Minimum	<0,050	0,062	<0,050	1,012
	Maximum	0,754	0,208	0,080	10,154
	Moyenne	0,252	0,118	0,018	2,449
	Ecart-type	0,259	0,049	0,035	2,896
Baie du Prony	Minimum	<0,050	0,038	<0,050	2,059
	Maximum	0,236	0,238	0,089	4,226
	Moyenne	0,074	0,109	0,033	2,971
	Ecart-type	0,081	0,072	0,036	0,701
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,058	<0,050	1,510
	Maximum	0,078	0,712	<0,050	3,995
	Moyenne	0,021	0,216	-	2,350
	Ecart-type	0,034	0,248	-	0,889

Figure 28 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. Campagnes de AOUT 2018

Figure 29 : Répartition spatiale des concentration en Nitrates & Nitrites. Campagne d'AOUT 2018


Les plus fortes concentrations relevées ici (Nitrates + Nitrites ensemble : $0,9 \mu\text{mol/L}$ sur St05) restent très inférieures aux indications d’alerte du guide CNRT qui sont de $>3 \mu\text{mol/L}$ ou $> 20 \mu\text{mol/L}$ selon la zone et pour les nitrates seuls.

De même pour l’ammonium. Max observée ici : $0,36 \mu\text{mol/L}$ sur St02, le guide indique une alerte si $>1 \mu\text{mol/L}$

Aucune alerte d'eutrophisation, les concentrations en nitrites, nitrates et ammonium restent globalement très inférieures aux indications d'alerte données par le guide CNRT/ Zoneco



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 Nord Est de la baie du Prony, proche du creek baie Nord, zone sous pression de la base vie Vale NC et de l'usine, ne présente pas d'élévation anormale des concentrations en sels nutritifs.

Il n'y a pas de concentration en sels nutritifs qui puisse indiquer une perturbation sur l'ensemble des zones sous influence de Vale NC.



Le cas de silicates :

Ce paramètre n'avait à ce jour donné aucune information quant à une variation significative, cependant en mars 2018 la station témoins de l'îlot Casy (St 18) montre un pic significatif de silicates dans ses eaux de surface. (Cf. figure suivante), et uniquement cette station.



Ce pic est à corréliser avec l'exceptionnelle dessalure enregistrée par la sonde CTD sur cette station St 18 -Casy.). L'eau de surface est la seule concernée ; **ces silicates sont concentrés dans la couche dessalée et indiquent des eaux de lessivage de roches riches en silicates de Mg et de fer**. La baie de la Somme et la rivière du Carénage (qui ne sont pas sous influence VNC) montrent leur forte influence sur la partie Ouest de la baie du Prony ; suite aux fortes pluies qui ont précédé les échantillonnages.

Figure 30 : Répartition spatiale des concentration en Silicates. Campagne de MARS 2018



Ces deux constatations (dessalure, concentration forte en silicates) permettent à elles seules de présumer que **des surfaces érodées non re-végétalisées sont lessivées par les eaux de pluies qui se déversent dans la partie Ouest de la baie du Prony** (hors toute influence des activités de Vale NC).

Les analyses des métaux montrent aussi que le **Chrome** est présent dans cette eau de surface. (rappel : Anciennes mines de Chrome et zones dévégétalisées en forte érosion sur les bassins versant Ouest). Les photographies aériennes en temps de pluie confirment ces constatations. (Cf. figures suivantes)

Les résultats d'AOUT 2018 montrent un retour à la normale sur St18-Casy, ce qui est normal car la période des relevés d'échantillons est sèche, cependant c'est en baie de Port Boisé (St03) et en eau

de surface influencée par les apports d'eau douce, que le maximum en silicates est relevé, c'est la baie -témoin de la baie Kwé qui, elle, n'enregistre aucun pic. (Cf. figure suivante).

Figure 31 : Répartition spatiale des concentration en Silicates. Campagne d'AOUT 2018

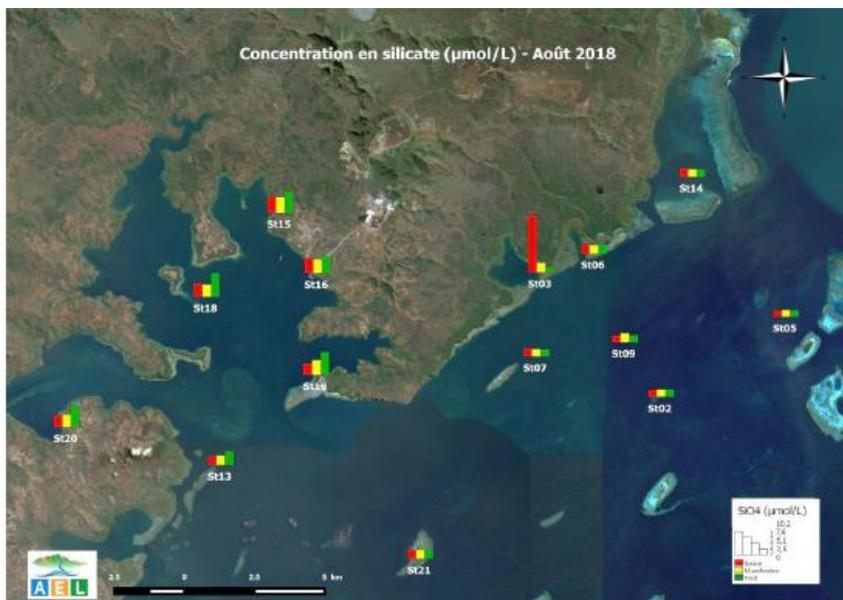


Figure 32 : Les panaches turbides dues aux zones érodées sur la face Ouest de la baie du Prony affectent le lagon, hors toute influence Vale NC.





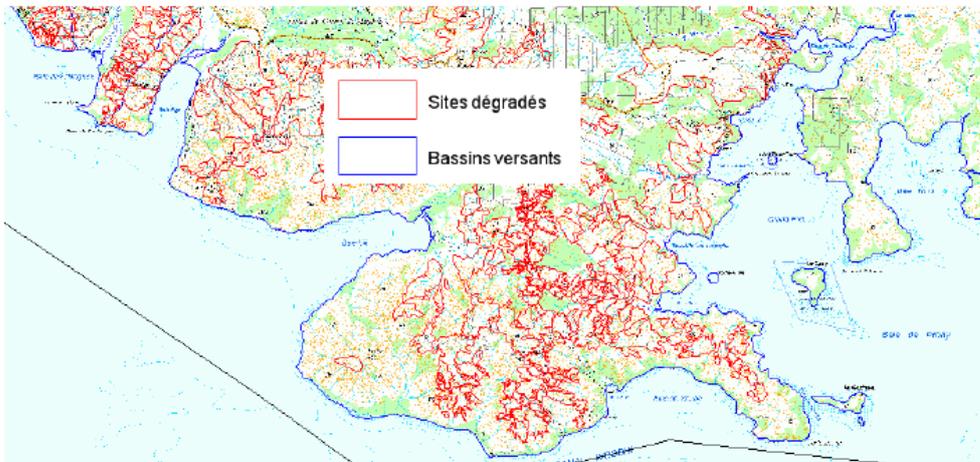
Étude des sites dégradés du Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie

Fiche référencée sur la base documentaire de la structure OEIL

Année de publication : 2010

Editeurs

DENV



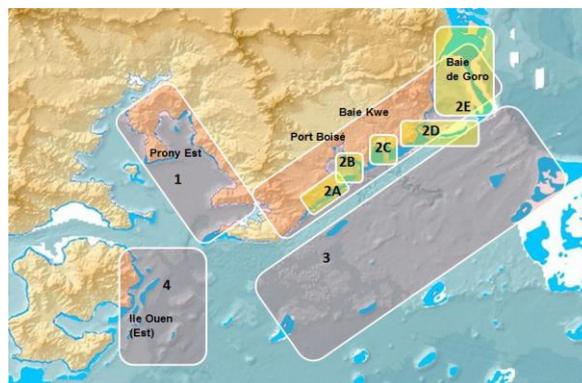
- **Carbone, azote et phosphore organiques : NOD, POD, NOP, POP et COP** (selon s'ils sont dissous ou particulaires, la distinction entre la matière dissoute et la matière particulaire étant généralement située à la limite de $0,45 \mu\text{m}$.)

Globalement, les concentrations de NOP, POP et COP mesurées lors des campagnes de MARS et d'AOUT 2018 restent du même ordre de grandeur que celui des campagnes « saison fraîche » et « saison chaude » depuis 2007.

Après concertation avec les scientifiques océanographes et biochimistes les variations en NOD, POD, NOP et POP qui sont analysées depuis 2008 ne permettent pas de déduire des tendances indicatrices et sont de l'ordre de la recherche fondamentale plus que d'un suivi centré sur des indicateurs d'alerte industriels qui doivent être associés aux pressions.

➤ **Concentration en métaux :**

Tels qu'observés 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 côtier-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).



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.

AOUT 2018

► **Au niveau du cuivre, du zinc et du plomb**

Ce sont des marqueurs d'activités urbaines (ou portuaires), au port de Prony leur évolution est suivie avec la plus grande attention avec 4 prélèvements à 3 profondeurs /an et un rapport annuel dédié.

- **Pour le Cu :**

- Un maximum ponctuel avait été enregistré dans le canal Woodin en baie Iré (St 20), en dehors de toute influence de Vale NC. Cu:0,630µg/L, en mars 2012.Cette concentration avait attiré l'attention des ONG bien que la tendance ne soit pas à la hausse sur cette station.
- Lors de la campagne d'avril 2017 le maximum en Cu est de : 1,318 µg/L sur la station St 14 en baie Goro (hors influence VNC). C'est la concentration maximale en Cu jamais relevée à cette date dans tout de domaine suivi.
- Les concentrations ponctuelles en Cu sont très variables dans le temps et dans l'espace, sans montrer de tendance significative sur une station.
- Au niveau du port de Prony (St16) lors de la mission S1/2018 la concentration en cuivre aux trois profondeurs de prélèvements restaient inférieure à la limite de quantification < 0, 025 µg/L et en AOUT 2018 (S2/2018) les concentrations en Cu restent du même ordre de grandeur très faible.
- **Le port de Prony ne présente à ce jour aucune alerte quant à cet élément. (Cu) et lors de cette campagne les concentrations en Cu sur St16 (port) sont :**

Station	Niveau	Métaux dissous (µg/L)										
		As*	Cd	Cr ^{VI}	Cr ^{total}	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
St16	S	En	<0,025	0,198	0,420	0,048	0,027	0,086	0,331	0,417	<0,100	<1,00
	M	attente	<0,025	0,123	0,272	0,037	<0,025	<0,059	0,183	0,312	<0,100	<1,00
	F	de	<0,025	0,157	0,298	<0,027	<0,025	<0,059	0,087	0,231	<0,100	<1,00

- **Pour le Zn et le Pb :**

Le Zn est < LQ : 1,00 µg/L sur les stations pour cette mission S2/2018 comme pour la mission S1/2018. De même pour le Pb < 0,100 µg/L

Un recentrage des analyses de Cu et de Zn sur les seules zones sous la pression de ces métaux via les activités de Vale NC, serait possible, d'autant plus que même la station St16 du port de Prony n'a jamais présenté d'alerte sur ces deux métaux marqueurs d'activités urbaines ou portuaires, ni de tendance à la hausse.

Le chapitre annuel consacré au port de Prony (Cf. chap. 3.2.6.) reprend ces analyses de façon plus approfondie.

Les résultats 2018, comme ceux des années précédentes, ne montrent aucune élévation des concentrations en Cu, Zn ou Pb dissous au niveau du port de Prony ou en baie Kwé.



► Au niveau de Cd, As et Fe

Cd : Les concentrations en cadmium sont toutes en dessous de la LQ fixée (<0,025 µg/L)

As : Les concentrations en arsenic sont relativement proches pour l'ensemble des zones étudiées. La zone présentant une moyenne plus élevée est celle du Canal de la Havannah, l'As étant un indicateur d'apport marin (eau du large).

Globalement, aucune tendance (ni horizontale ni verticale) n'a été constatée en 10 années de suivis. L'arsenic étant un élément ubiquiste, les variations sans un apport tiers, sont à lier avec les évolutions naturelles du milieu.

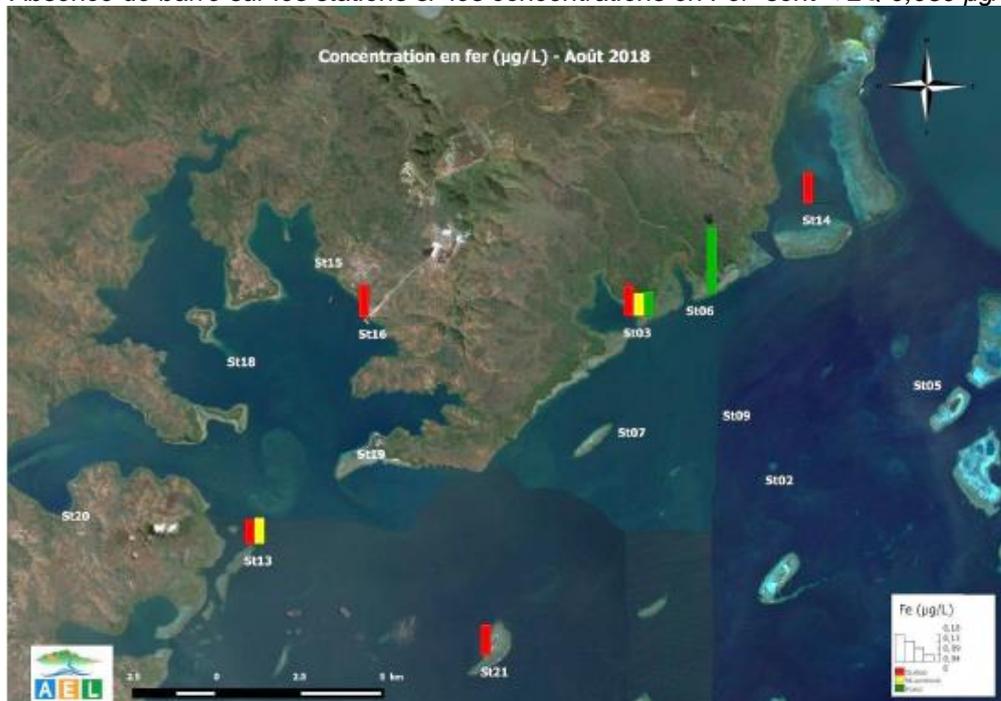
Pour S2/2018 : en attente des analyses, elles seront données en annexe ultérieurement

Fe : Même grandeurs que celles usuellement relevées. Ce n'est pas un indicateur d'influence terrigène significatif car il est lié aux chaînes trophiques et nécessaire à la photosynthèse, il n'est pas corrélé à Ni, Co, Cr et le suit pas le gradient cote/large des métaux terrigènes. Sa concentration très faible est un facteur limitant du plancton et des études ont été menées dans un but de freiner le réchauffement climatique en enrichissant les océans en fer pour stimuler la photosynthèse du phytoplancton.

(Les données intégrales brutes sont en annexe de ce rapport.)

Figure 33 : Concentrations en Fe dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'AOUT 2018

Absence de barre sur les stations si les concentrations en Fer sont < LQ 0,059 µg/L



(Les données intégrales brutes sont en annexe de ce rapport.)

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

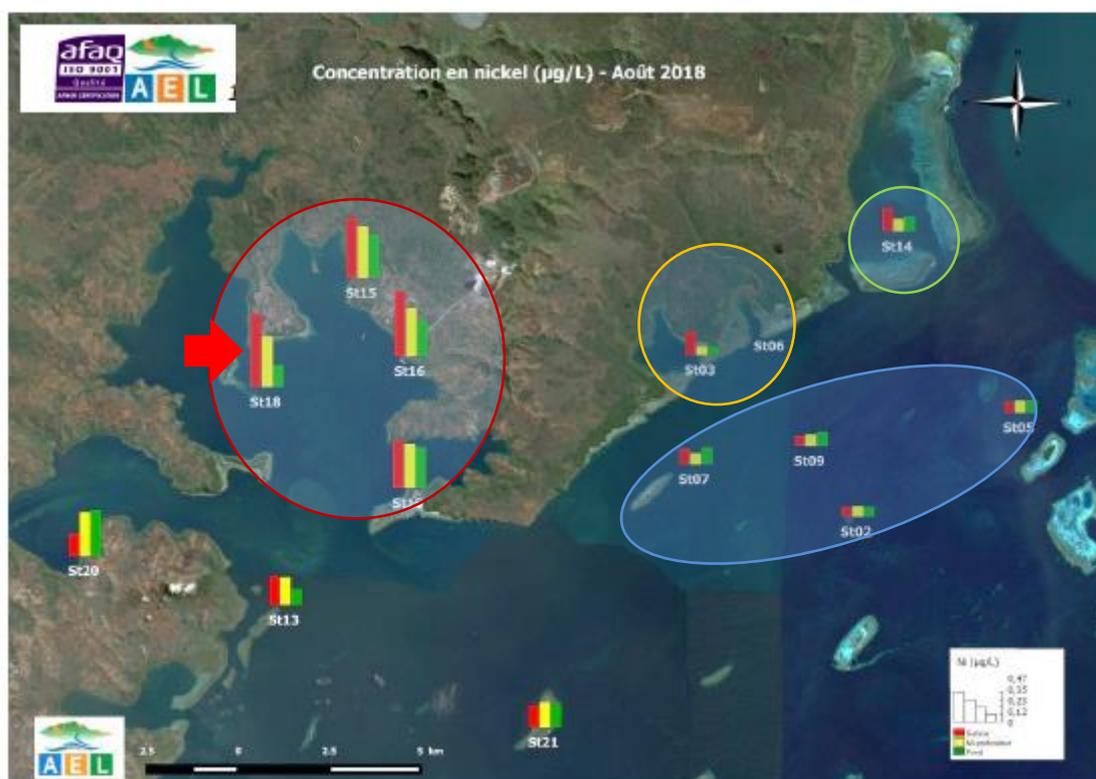
Les concentrations Ni, Co, Cr, Cr(VI) et Mn aux stations influencées par les apports terrigènes mettent en évidence une distribution verticale prononcée dues aux apports d'eaux douces de surface. Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations de ces métaux se distribuent selon un gradient côte-large bien défini. On notera, par ailleurs, une corrélation significative des concentrations pour Co, Cr(VI) et Ni qui sont des indicateurs terrigènes du contexte géologique de la région. (Mais pas avec le Fer)

- Les stations du canal de la Havannah sous influence océanique (St02, St05, St07, St09 et St21) se différencient nettement des
- Stations de baies influencées par les apports terrigènes (St03, St06, St15, St16, St18 et St19).
- Autour de l'île Ouen et au niveau du Port de Goro, les niveaux de concentrations sont intermédiaires (St13, St20 et St14).

Les données brutes intégrales semestrielles des concentrations en métaux, station par station et aux 3 profondeurs, 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.

Les comparaisons spatiales donnent les résultats synthétiques suivants, elles sont effectuées dans le but de contrôler rapidement une station sous **I**mpact éventuel par apport aux stations de **C**ontrôle témoins qui l'entourent, dans la même hydro- région. (Méthode BACI).

Figures 34 : Concentrations en Ni sur toutes les stations- AOUT 2018



Nickel

En baie Kwé la concentration en nickel aux 3 profondeurs (prélèvements AOUT) est très faible. [Ni] St 06 < LQ : 0, 022 µg/L ; **cet indicateur d'apport terrigène est en concentration inférieure en baie Kwé que dans la baie de Port Boisé, son témoins. Même observation en MARS 2018, après de fortes pluies.**

Le rejet d'effluent par le diffuseur (St 09) n'a aucune influence sur les faibles concentrations en métaux terrigènes au centre du canal de la Havannah, même en profondeur ; en MARS comme en AOUT 2018 et comme les années précédentes.



- **La plus forte concentration en Nickel est enregistrée sur la station témoins Casy (St18)** dans la veine d'eau dessalée (de surface) issue des ruissellements ayant érodé les zones dénudées situées à l'Ouest de la baie du Prony (hors influence Vale NC). Ce phénomène est constaté en MARS 2018 et en MAI 2018.

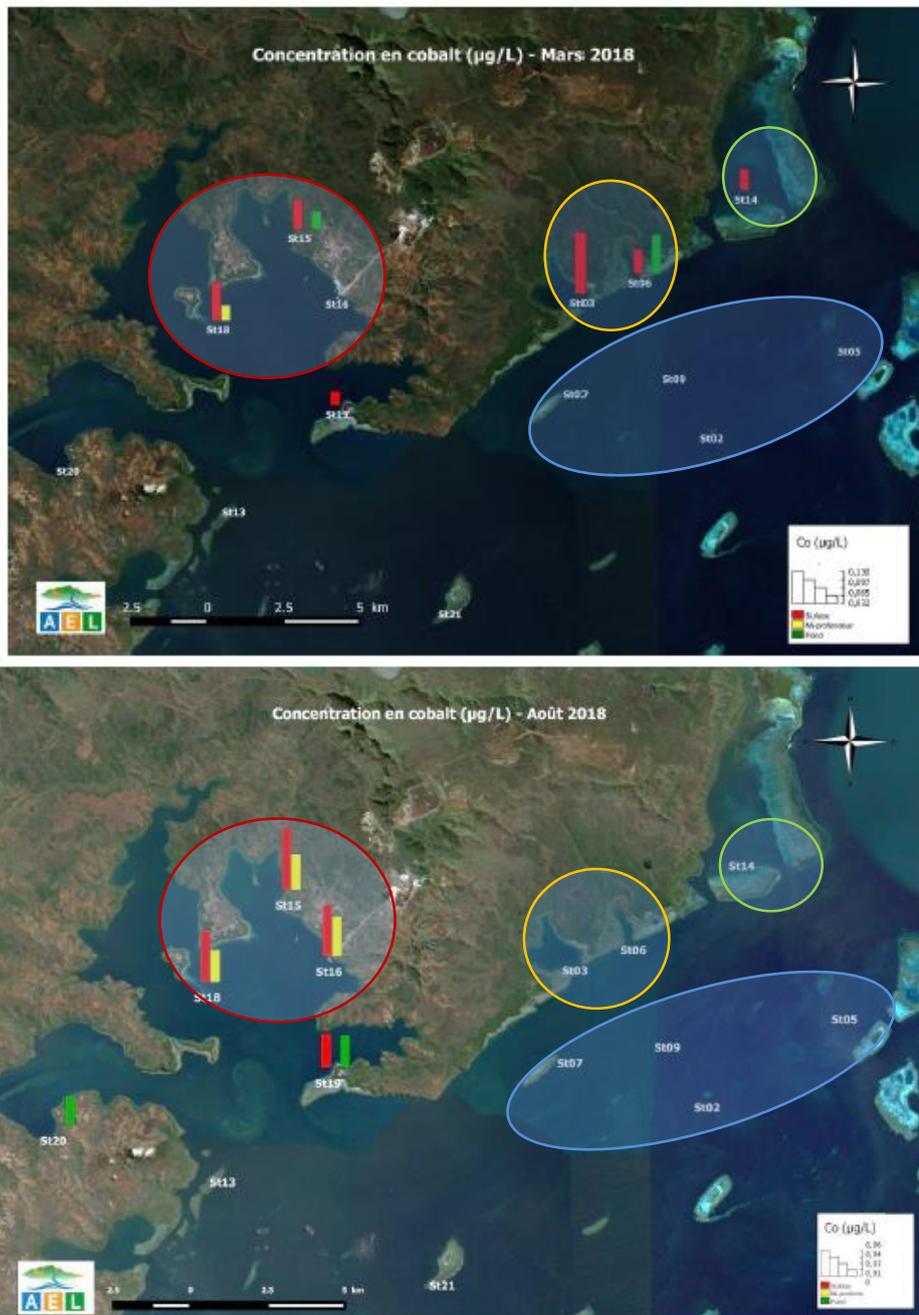
MARS 2018 : [Ni] St18-Casy: 1,86 µg/L. Alerte via le guide CNRT si [Ni] > 0,74 µg/L. Station témoins perturbée par la veine d'eau douce qui l'atteint depuis les bassins versants de Prony Ouest.

AOUT 2018: [Ni] St18-Casy: 0,42 µg/L.

En cohérence avec les observations d'autres indicateurs qui mettent en évidence des apports de dessalés de signature terrigène forte (Silicates, Ni, Co, Cr, Mn) sur la station ST18-îlot Casy.

Ces mêmes constatations sont renforcées avec les autres métaux dissous comme le Cobalt

Figure 35 : Concentrations en Co sur toutes les stations- MARS et AOUT 2018



Cobalt

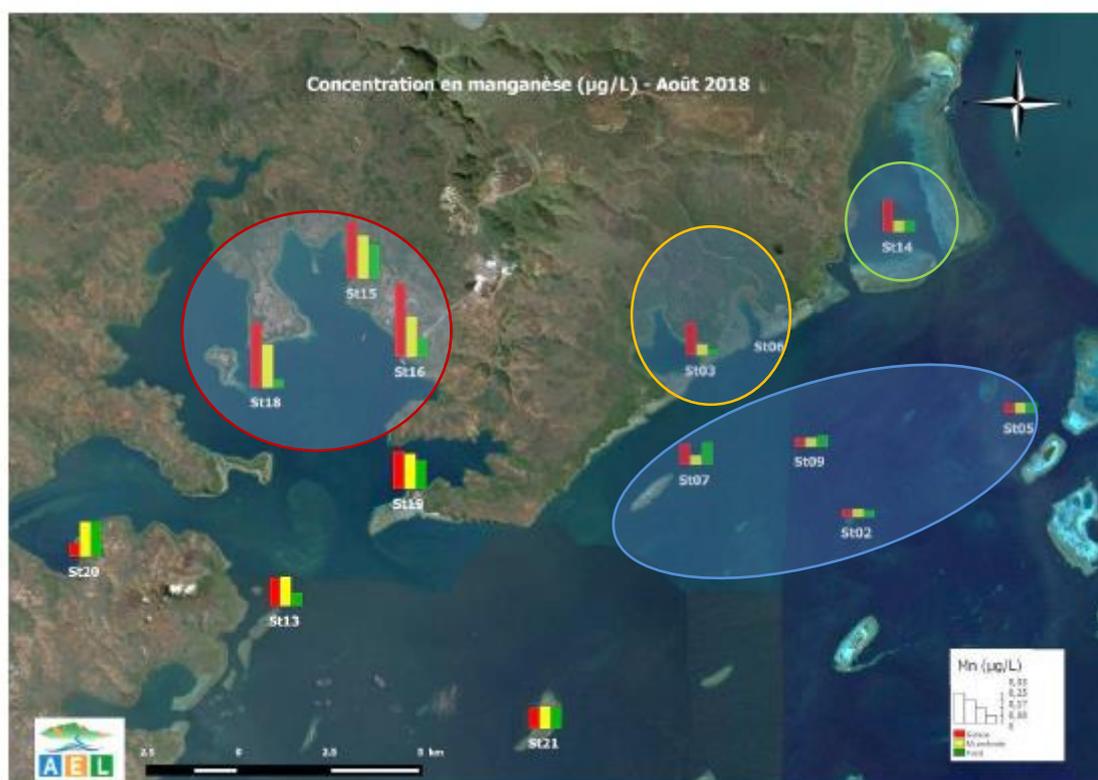
- En baie Kwé les concentrations en cobalt (comme en nickel) dissous sont très faibles < LQ



- Dans le canal de la Havannah aucune détection de l'effluent via le Cobalt, même en zone proche du diffuseur (St09) et même en profondeur, en MARS comme en AOUT 2018

Le manganèse Mn présente les mêmes caractéristiques que le Ni et le Co :

Figure 36 : Concentrations Mn sur toutes les stations- AOUT 2018



Manganèse

- La baie Kwé présente en cette saison sèche des concentrations en Mn très faibles < LQ 0,028 µg/L et < à celles observées en baie témoins de Port boisé.
- **En zone proche du diffuseur lors de ce prélèvement d'AOUT 2018, (comme en MARS 2018) il n'y pas d'influence du Mn, même en profondeur.**

En résumé pour les 3 métaux indicateurs terrigènes Ni, Co et Mn et durant l'année 2018

- ✓ **Aucune influence du diffuseur même en eau profonde sur la Station St09 (proche du diffuseur)**
- ✓ **En baie Kwé les teneurs sont très faibles et inférieures à celle relevées dans la baie qui est son témoin**

Remarque : le Mn n'est pas un indicateur terrigène stable, même si classé avec le Ni et le Co.

Chrome total et Chrome VI

C'est un indicateur terrigène dans le contexte géologique calédonien.

Le Chrome TOTAL (Cr T) :

- En MARS 2018 : L'eau de surface sur la station Témoins Casy (St18) en baie du Prony, présentait un pic en CrT (2,97 µg/L) qui indiquait que les eaux de ruissellement sur les anciennes mines de chrome de Prony- Ouest affectaient fortement le lagon à ce niveau.

La baie de port Boisé (Témoins) montrait des concentrations en Cr Total (1,116 µg/L en surface) supérieures à celles de la baie Kwé (0,83 µg/L) dans la veine d'eau de surface. Les eaux plus profondes (mi fond et fond) présentent des concentrations en Chrome très faibles.

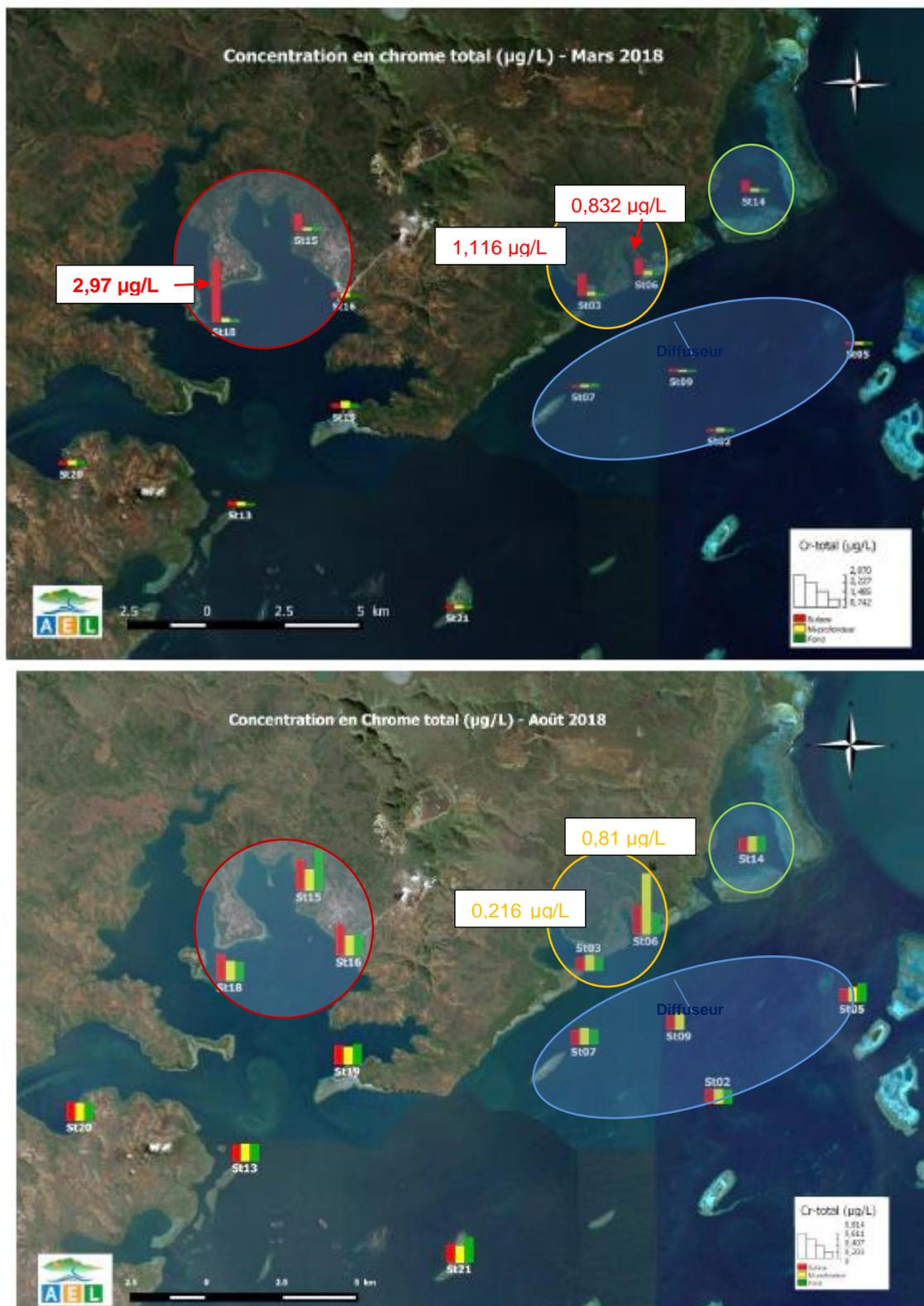
Aucune influence de l'effluent n'était décelable dans le canal de la Havannah même près de la zone de rejet de l'effluent et même en profondeur. (Cf. la figure suivante qui rappelle les résultats S1/2018)

- En AOUT 2018 : les concentrations en Cr Total ont bien diminué en baie de Prony, la saison sèche et explique un moindre apport d'eau de ruissellement (0,356 µg/L sur Casy µg/L soit 8 fois moins qu'en mars)
En baie Kwé à mi profondeur, Le chrome total reste du même ordre de grandeur qu'en mars (0,8 µg/L) ; et en baie de port boisé: 0,216 µg/L, les eaux plus profondes présentent des concentrations en Chrome faibles

Aucune influence de l'effluent n'est décelable dans le canal de la Havannah près de la zone de rejet de l'effluent St09 et même en profondeur, au niveau du Chrome Cr T, en MARS comme en AOUT.

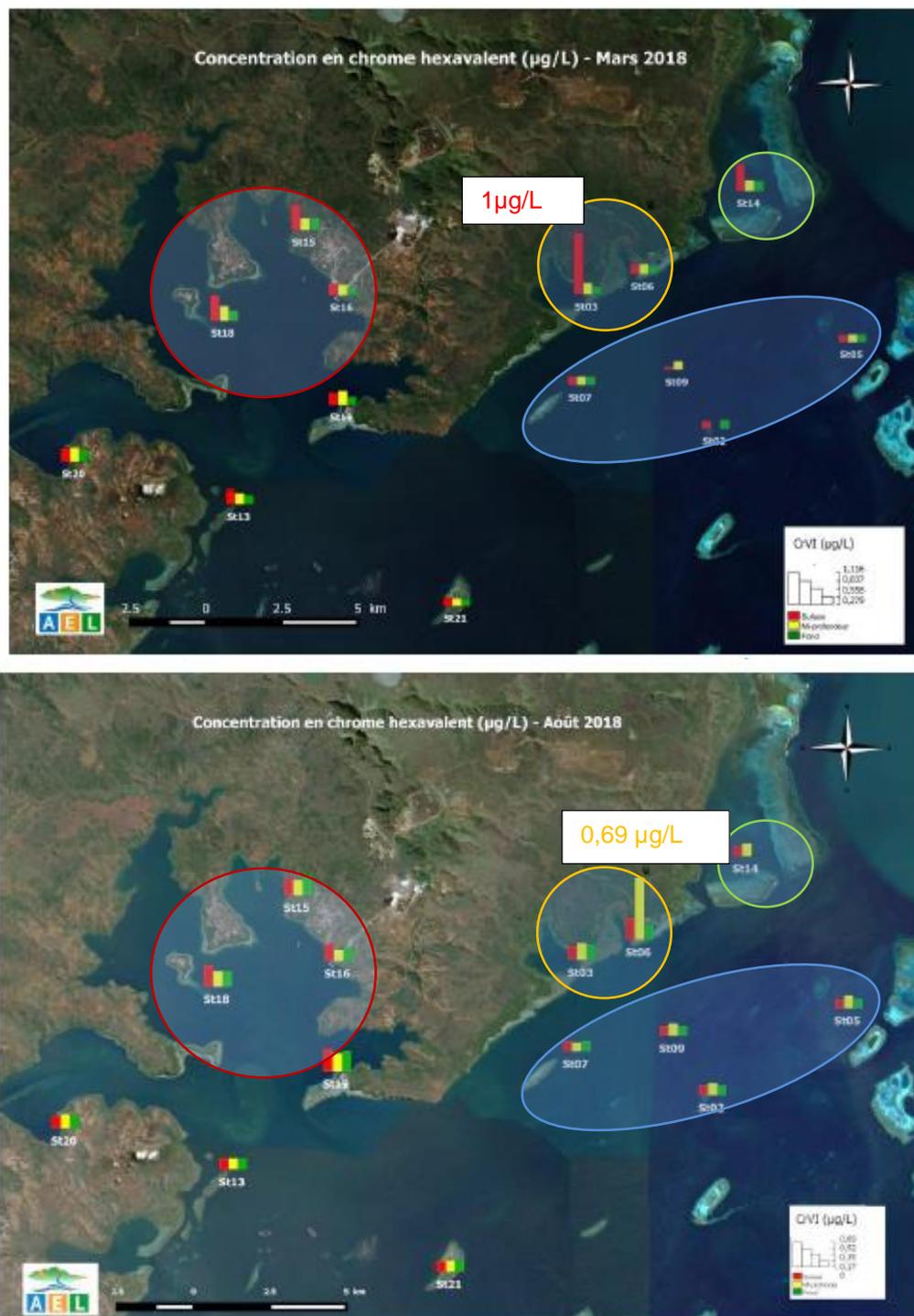
Tableau 16 : Concentrations en métaux dissous Cr Total et Cr VI lors des prélèvements de MARS et d'AOUT 2018 en baie Kwé et baie de port Boisé

Cr µg/L	2018	Port boisé St03 Témoins			Baie Kwé St06			Canal Havannah St09 Fond proche effluent	Guide CNRT 2011
		Surface	Mi fond	Fond	Surface	Mi fond	Fond	Fond ou mi fond	
Cr Total	Mars (fortes pluies)	1,116	0,242	0,160	0,832	0,258	0,170	0,156	Perturbation si : Cr (VI)>0,6 dans les baies
	Aout (+ sec)	0,188	0,216	0,196	0,398	0,814	0,282	0,216	
Cr VI	Mars (fortes pluies)	1,004	0,191	0,134	0,173	0,173	0,141	0,145	
	Aout (+ sec)	0,164	0,190	0,177	0,257	0,690	0,174	0,119	
		Veine d'eau de surface perturbée Eau plus profonde non perturbée			Veine eau de surface ponctuellement perturbée. Eau plus profonde non perturbée			Eau non perturbée	

Figure 37 : Concentrations Cr Total sur toutes les stations- MARS et AOUT 2018
Attention à l'échelle différente sur les deux figures en raison des moindres concentrations en AOUT


Le Chrome (VI) :

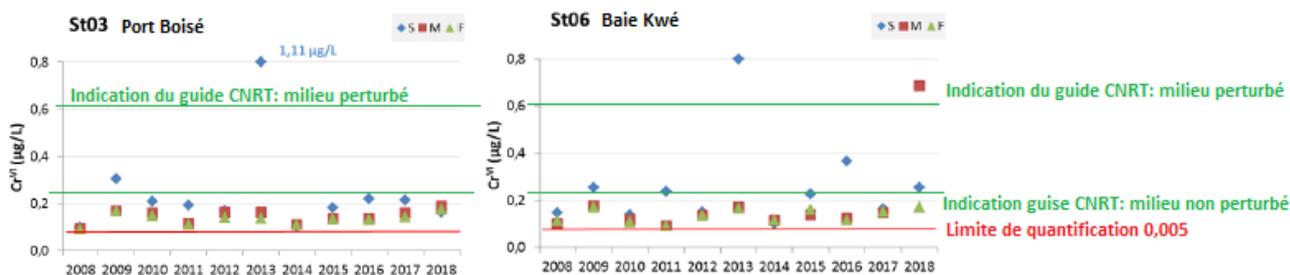
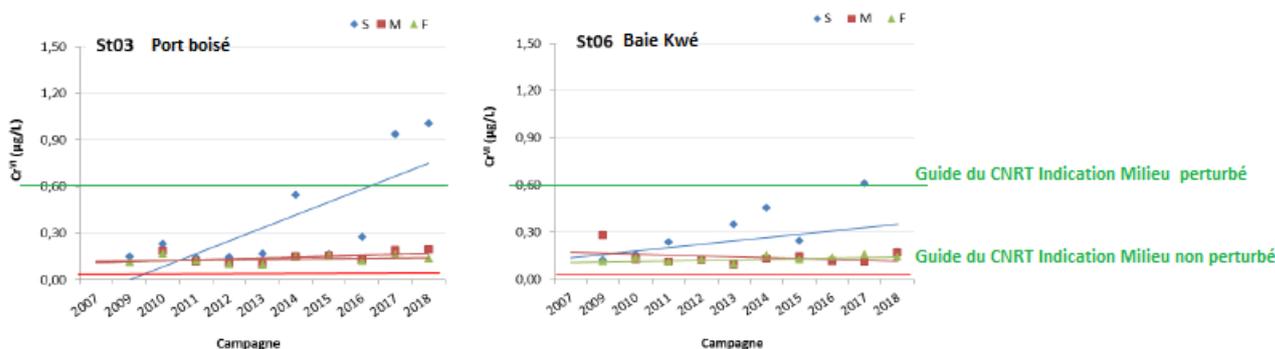
Figure 38 : Concentrations Cr (VI) sur toutes les stations- MARS et AOUT 2018



Le guide du CNRT (version 2011, en cours de révision en 2018) indique pour le Cr (VI) : En hydro région de baies, le milieu est considéré comme **non perturbé avec [Cr VI] < 0,25 µg/L**. Une perturbation modérée est probable au-dessus de cette concentration avec une alerte de **forte perturbation présumée si [Cr VI] > 0,60 µg/L**.

La baie Kwé, comme la baie de Port Boisé (Témoins), atteignent ces concentrations en Cr (VI) ponctuellement, dans leur eau de surface, en relation avec les épisodes pluvieux intenses, à cet égard elles sont toutes les deux ponctuellement perturbées par l'érosion sur les bassins versants qui débouchent dans ces deux baies. Aussi bien la baie- témoins de Port boisé que la Baie Kwé.



Figure 39 : Evolution temporelle des concentrations en Cr (VI) lors des diverses campagnes de saisons fraiches sur St03 et St06 (Prélèvements en AOÛT de 2008 à 2018)

Figure 40 : Evolution temporelle des concentrations en Cr (VI) lors des diverses campagnes de saisons chaudes sur St03 et St 06 (Prélèvements en MARS de 2007 à 2018). Après une forte pluviométrie


Courbes de tendance et coefficients de détermination des graphiques ci-dessus

Surface : $y = 0,0832x - 0,167$, $R^2 = 0,5597$

Surface $y = 0,0215x + 0,1173$, $R^2 = 0,1564$

A l'égard du Cr(VI) les concentrations relevées restent globalement inférieures à la limite de perturbation donnée par la version 2011 du guide du CNRT/ZoNeCo sur toute la zone étudiée. Les eaux profondes présentent toujours de très faibles concentrations.

Dans les baies qui reçoivent des apports d'eau douce via des creeks pérennes, les eaux de surface présentent ponctuellement des pics de concentration en Cr, notamment si les prélèvements ont lieu après un évènement pluvieux intense, ces pics montrent une perturbation terrigène, aussi bien en baie du Prony-Ouest (Casy) et baie de Port Boisé (qui ne sont pas sous influence VNC), qu'en baie Kwé sous influence VNC.

Aucune influence du diffuseur au niveau des eaux même profondes du canal de la Havannah pour Cr Total et Cr (VI) ★

Globalement, les concentrations en métaux indicateurs terrigènes Cr_(VI), Cr-total, Co, Mn et Ni mesurées en 2018 restent du même ordre de grandeur que celles recueillies lors des campagnes précédentes depuis 2007, le gradient [Côte/Large] et le gradient [Eau de surface/Eau plus profonde] sont marqués. L'influence de la pluviométrie est forte dans les baies côtières sur la veine d'eau de surface. En période de prélèvement relativement sèche, Mn et Ni sont en dessous de la limite de quantification en baie Kwé. La veine d'eau de surface issue des creeks de la façade Ouest de la baie du Prony est un facteur d'influence fort de la zone témoins dite « Casy ». La qualité de l'eau en baie Kwé et en baie-témoins de Port boisé, évolue de façon très homologue

Le chapitre suivant est très important, il s'agit de l'analyse de l'évolution des paramètres au fil des missions effectuées.

En effet, il est nécessaire de ne pas raisonner uniquement en photographies d'un instant « t » parce que l'état ponctuel dépend du fond géologique et géographique ainsi que de la météorologie et de la ←

courantologie de l'hydro- région concernée. Il est nécessaire d'analyser les évolutions des paramètres, en corrélation avec les événements météorologiques qui peuvent être très intenses sous les tropiques et en prenant en compte les fluctuations saisonnières.

Les variations elles-mêmes doivent être significatives et prendre en compte les cycles saisonniers (sur les algues par exemple), une comparaison entre deux seules années consécutives n'a pas de sens, d'autre part des années exceptionnellement favorables (2015 par exemple, au niveau du corail et des poissons) ne peuvent qu'être suivies d'une année moins exceptionnelle, sans pour cela que cela soit un signe alarmiste.

Les experts ont recommandé de séparer les données de la saison chaude (MARS) et celles de la saison fraîche (AOUT)

3.2.2.3. ANALYSES TEMPORELLES des fluctuations des paramètres

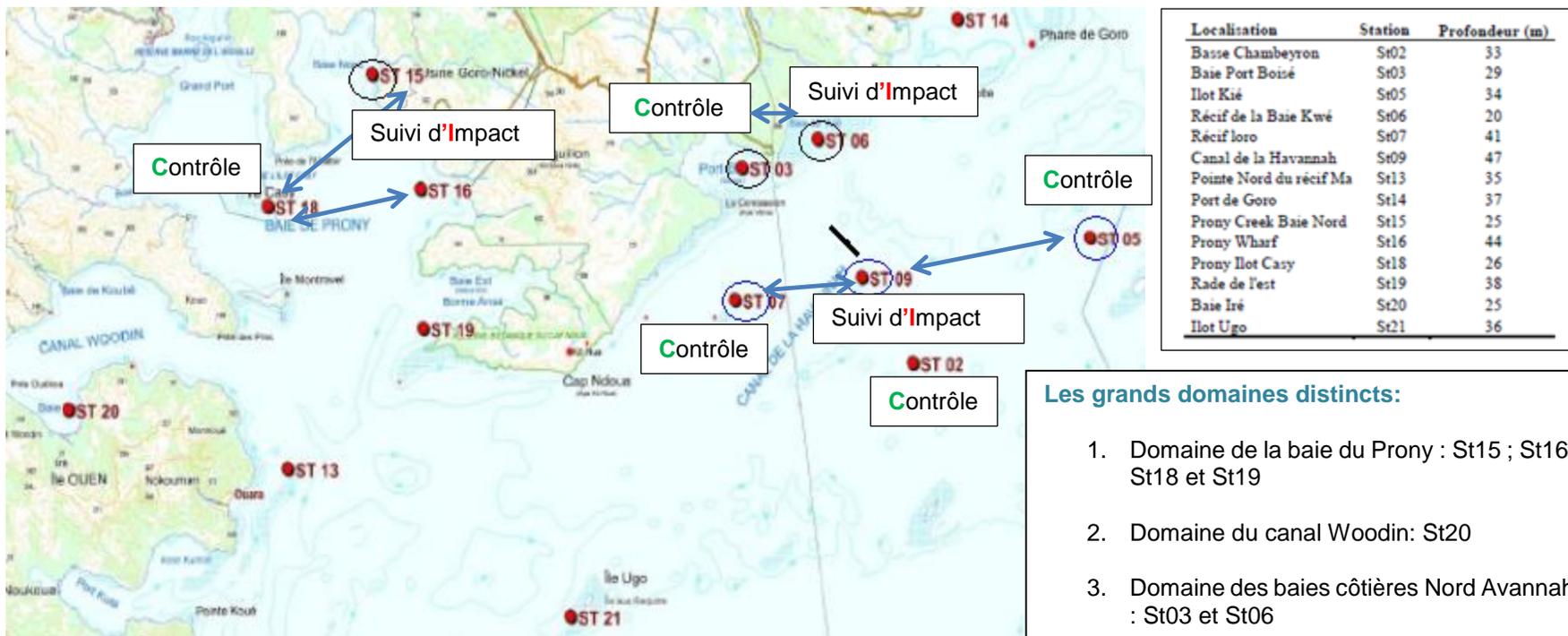
Les stations sentinelles présentées ici pour cette analyse temporelles sont :

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

Si possible allant par paires avec 1 station sous influence Vale NC et son homologue hors influence.

Méthode: **BACI** (**B**efore/**A**fter & **I**mpact /**C**ontrol)

Figure 41: Rappel de la position et de la nomenclature des stations « sentinelles » 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 2017

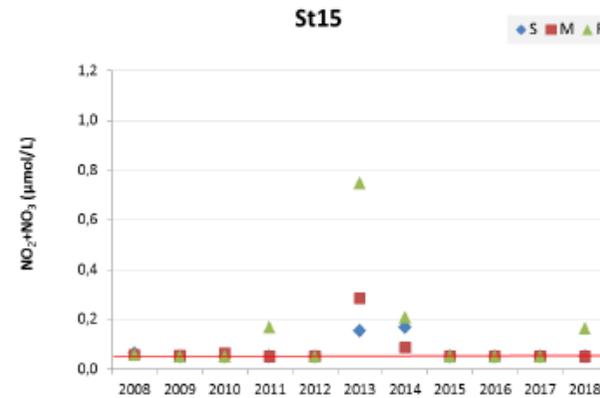
Sur des stations sélectionnées comme sentinelles et si possible allant de pair : station sous influence Vale NC et son homologue hors influence (Méthode de suivi : Impact/Control qui, couplée au suivi temporel de la station sentinelle surveillée : Before/After, conduit à une **stratégie BACI**)



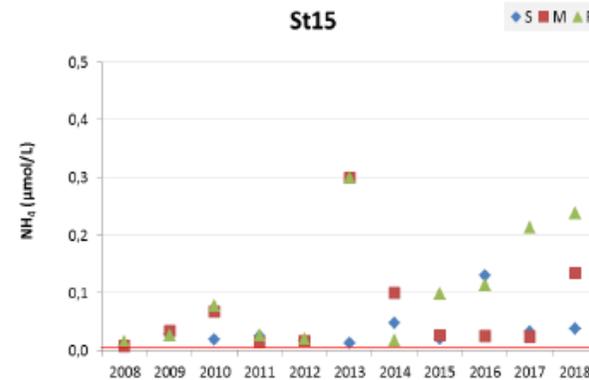
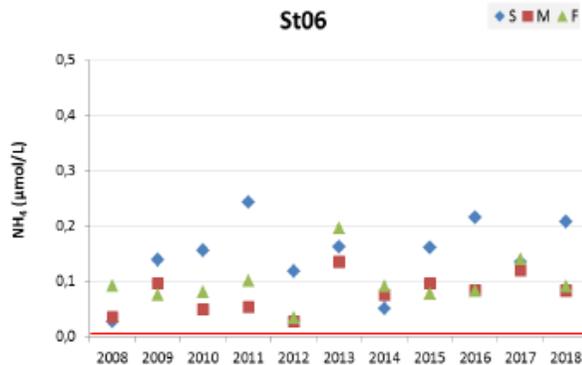
Figure 42 : Evolution des concentrations Nitrates et Nitrites (NO₃+NO₂) et Ammonium (NH₄⁺) aux stations les plus pertinentes à leurs égards

BAIE KWE (St06) et CREEK BAIE NORD-PRONY (St15) entre 2008 et 2018 en saison fraiche (AOUT)

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)- La ligne rouge représente la limite de quantification pour les éléments considérés (Nitrates : 0,050 µmol/L et Ammonium : 0,002 µmol/L).

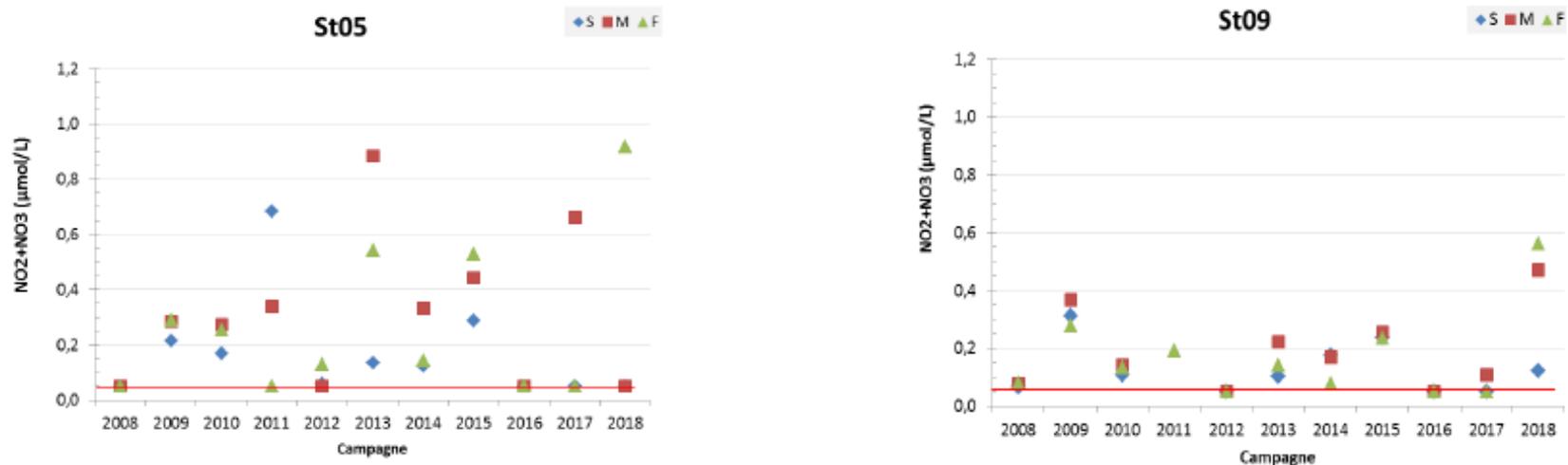


La limite de risque d'eutrophisation est de NO₃ > 20 µ moles/L (pour les nitrates seuls – Zones littorales et baies- Guide CNRT/Zonoco), les concentrations en [nitrates + nitrites] relevées depuis 2008 sont rassurantes et n'indiquent pas de pollution. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.

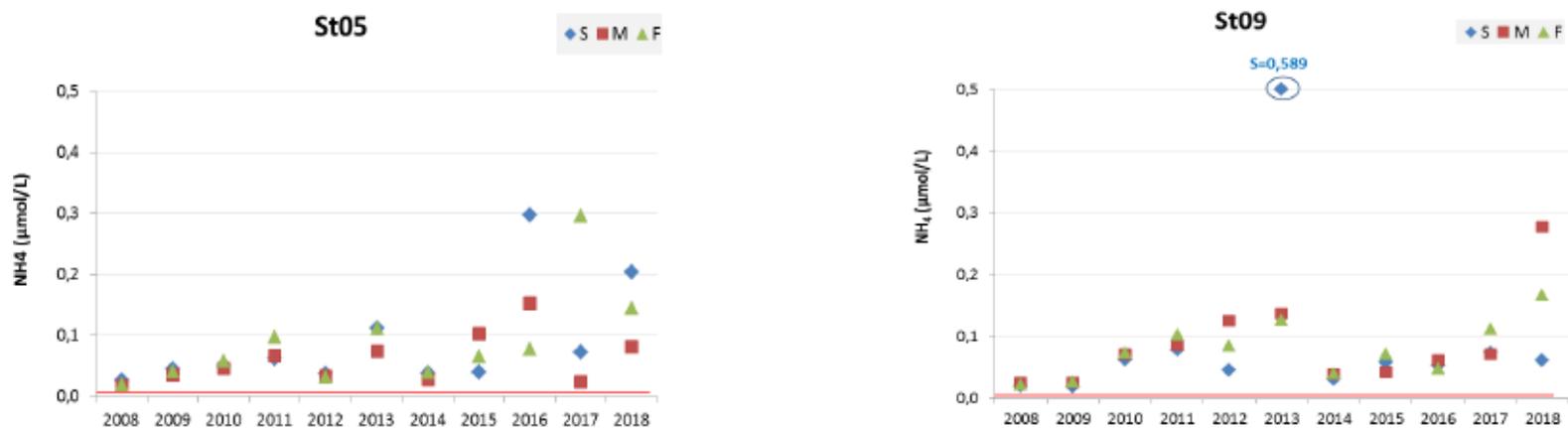


Pour l'ammonium NH₄ le guide indique une perturbation inquiétante si NH₄ > 1 µ moles/ L. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée. La station ST09 « surveillance » le rejet d'effluent traité, elle n'indique aucune perturbation et reste comparable à la station témoins St 05.

Figure 43 : Evolution des concentrations Nitrates et Nitrites (NO_3+NO_2) et Ammonium (NH_4) sur St09 proche du DIFFUSEUR et sur son TEMOINS St05 de 2008 et 2018 en saison fraiche (AOUT)



La limite de risque d'eutrophisation (sur ce type d'hydro-région) est de $\text{NO}_3 > 3 \mu\text{moles/L}$ (pour les nitrates seuls – Zone lagon calédonien- Guide CNRT/Zoneco), les concentrations en [nitrates + nitrites] relevées depuis 2007 sont rassurantes et n'indiquent pas de pollution pour cet indicateur.



Pour l'ammonium NH_4 le guide indique une perturbation avec risque d'eutrophisation si $\text{NH}_4 > 0,7 \mu\text{moles/L}$. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.

Figure 44 : Evolution des concentrations en Cobalt (Co) aux stations sentinelles entre 2008 et 2018, en saison FRAICHE (AOUT)
 Entre 2007 et 2018 S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond) **La ligne rouge est la limite de quantification (Co : 0,027 µg/L).**

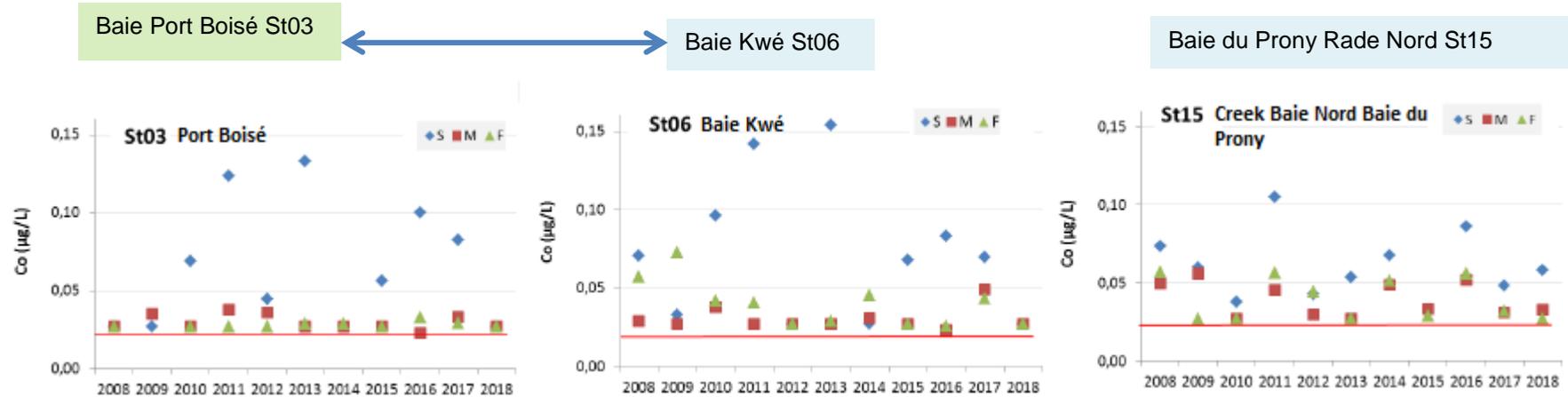
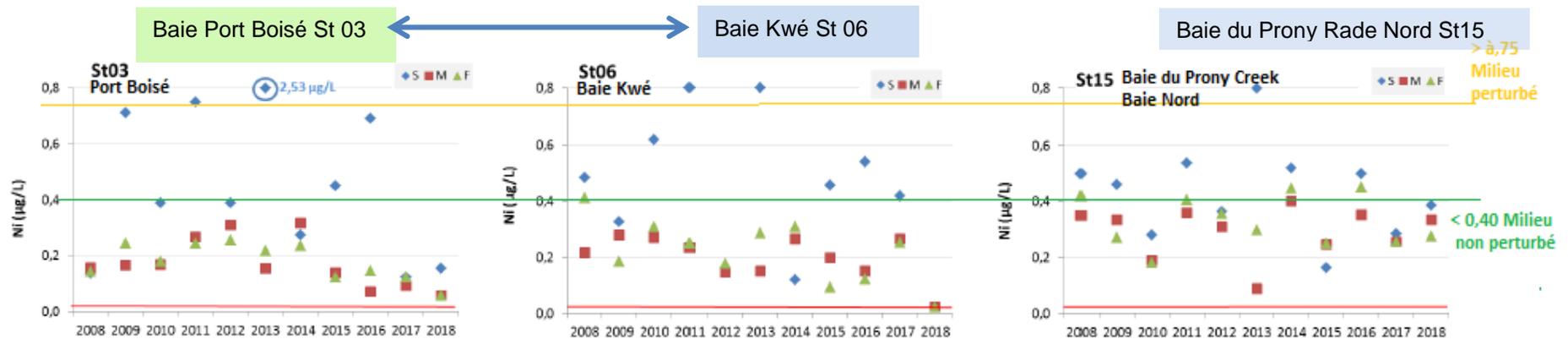


Figure 45 : Evolution des concentrations en Nickel (Ni) aux stations sentinelles entre 2007 et 2017 en saison fraiche



Le trait rouge représente la limite de quantification pour cet élément (Ni : 0,022 µg/L). A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : **en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé** et **en orange la concentration indiquant une perturbation éventuelle 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), le guide est en cours d'optimisation.)

Figure 46 : Evolution des concentrations en **Manganèse (Mn)** aux stations sentinelles entre 2008 et 2018 en saison Fraiche (AOUT) .
BAIE KWE (St06) / son témoins : PORT BOISE (St03) et CREEK BAIE NORD-PRONY (St15)



Le trait rouge représente la limite de quantification. (Mn : 0,028 µg/L et pour le Cr (VI): 0,050 µg/L). A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : **en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé** et **en orange la concentration indiquant une perturbation pour une valeur supérieure** (anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo 2011.)

Figure 47 : Evolution des concentrations en **Chrome hexavalent (CrVI)** aux stations sentinelles entre 2008 et 2018 en saison Fraiche (AOUT) .

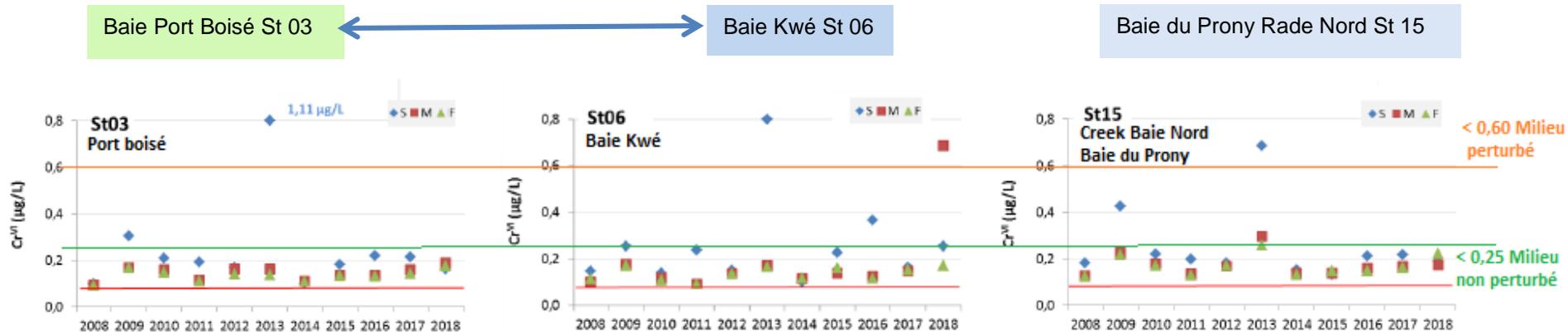


Figure 48 : Evolution des concentrations en métaux dissous (Le Nickel) dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2018 – Saisons FRAICHES (AOUT)
 Station proche du DIFFUSEUR (St 09) et deux TEMOINS dans le canal : St 07 et St 05

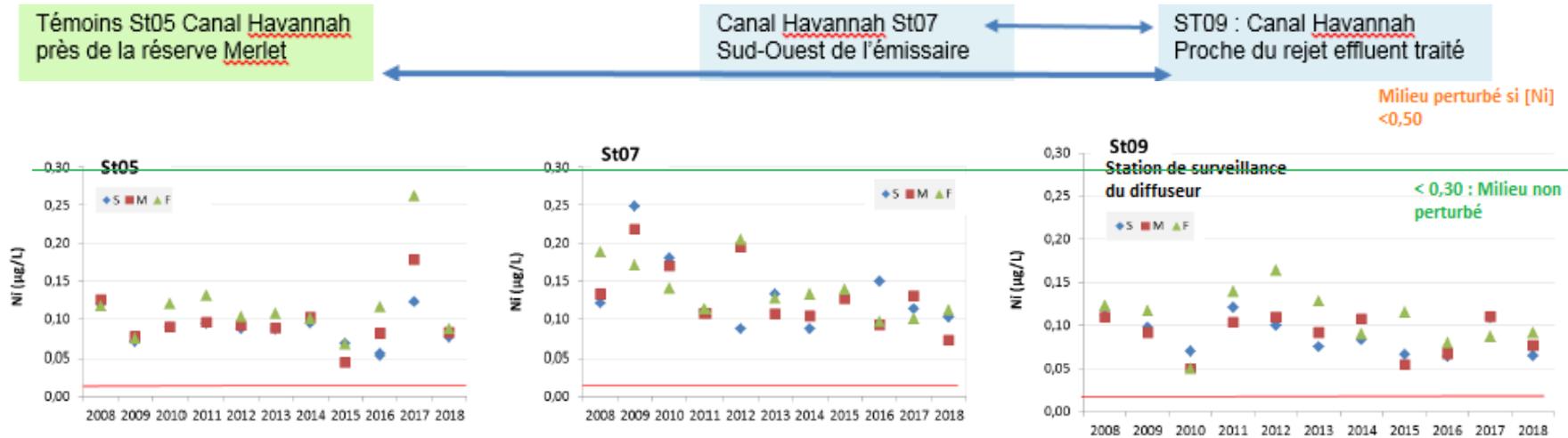


Figure 49: Evolution en métaux dissous (Le manganèse (Mn)) dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2018 -Saisons fraiches (AOUT)

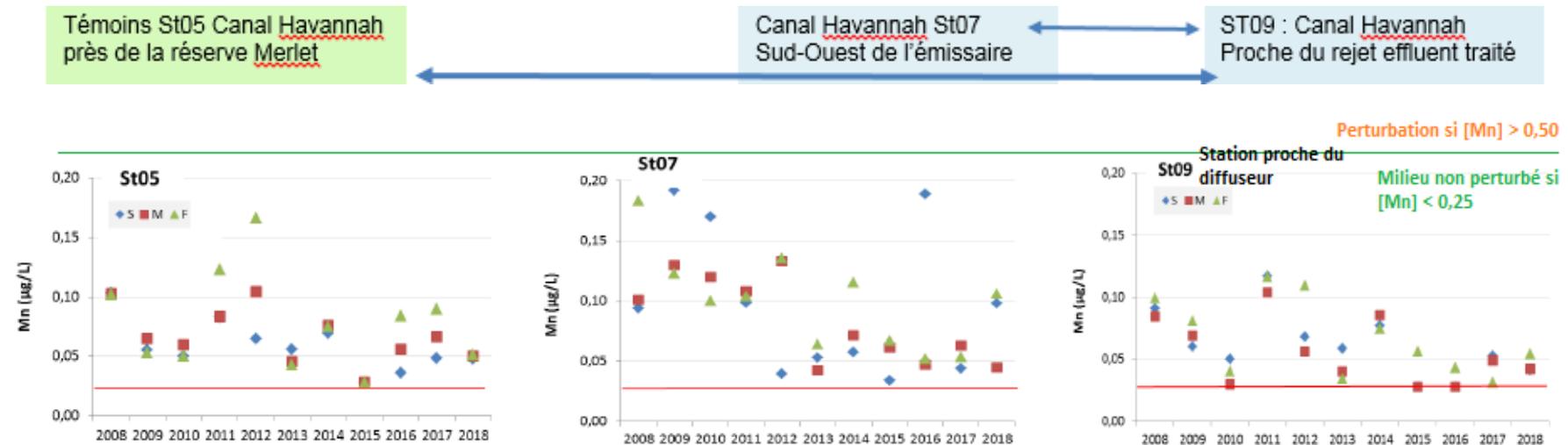
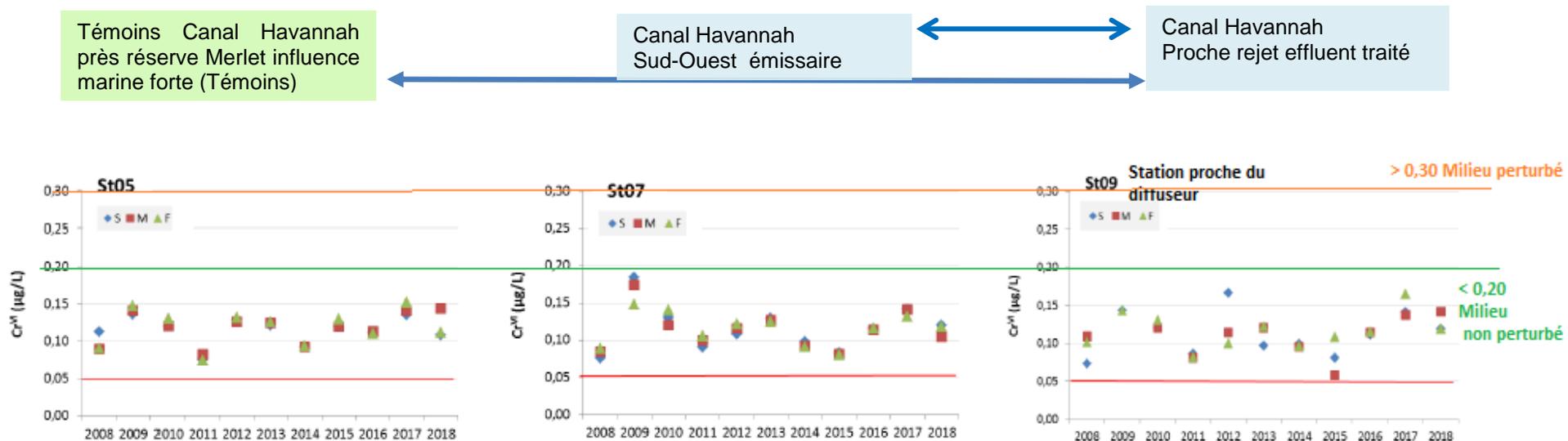


Figure 50: Evolution en métaux dissous Le Chrome (VI) dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2018 en saisons fraiches (AOUT)


Le trait rouge représente la limite de quantification. (Pour Cr(VI) : 0,050 µg/L) **A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concertation donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé (<0,20) et en orange la concentration indiquant une perturbation pour une valeur supérieure (>0,30)** (Perturbation anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo- 2011

CONCLUSION : SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DE L'EAU DE MER S2 / 2018



Au cours de la campagne du premier semestre 2018 il n'apparaît aucune non-conformité aux valeurs attendues :

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

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

3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

Il n'y a eu aucun manquement à l'égard du suivi réglementaire.

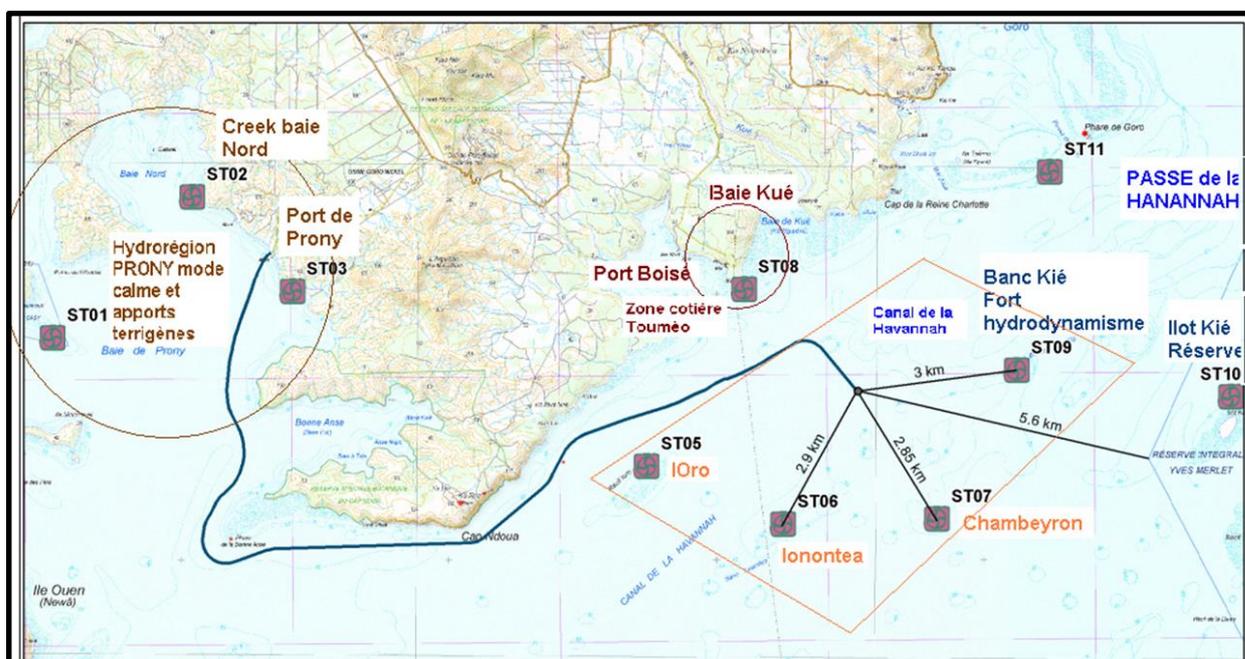
Les missions de suivi du second semestre 2018 se sont déroulées en novembre 2018. Les phases lunaires de mortes eaux sont privilégiées. (Cf. annexe 1 sur la méthodologie) car les missions ciblent les périodes de moindre marée (syzygie lunaire) et de courants relativement faibles, notamment aux heures d'étales.

Tableau 17 : RAPPEL : Caractéristiques et position des stations et de leurs transects et carte associée

Stations	Statut	Localisation	Longitude	Latitude	Profondeur des transects (mètres)		
					A	B	C
ST05	C	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072	5	10	20
ST06	I	Banc Ionontea	166°58.995	22°23.650	9	15	21
ST07	C	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591	7	17	22
ST08	I	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243	9	12	—
ST09	C	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070	7	17	20
ST010	N	Ilot Kié	167°03.862	22°22.324	10	16	21
ST011	N	Récif Touémo	167°01.875	22°20.046	6	11	20
ST012	N	Ugo	166°55.625	22°26.438	5	13	-
Stations		Localisation	Longitude	Latitude	Profondeur des transects en m		
ST01	C	Ilot Casy	166°51.033	22°21.799	7	10	-
ST02	I	Creek de la baie Nord	166°52.546	22°20.356	10	12	-
ST03	I	Port de Prony	166°53.639	22°21.312	5	10	13
ST04	N	Canal Woodin	166°49.593	22°22.933	4	11	21

C : station de contrôle témoins ; I : station de surveillance d'Impact ; N : station éloignée « neutre »

Figure 51 : Rappel de la position des stations de suivis écosystémiques et de leur distance au diffuseur d'effluent traité (la station Ugo et la station dans le canal Woodin ne sont pas indiquées ici)



3.2.3.1. Bilan des observations par station suivie (Second semestre 2018)

La baie du Prony

► La station ST01 (Ilot Casy, face Sud) - Station C : Témoins de contrôle

- Recouvrement corallien très faible de 1 % sur les transect A et B. Le transect B, par 10m de fond quasi abiotique est peu significatif, il n'y a pas de 3eme transect C car la zone est quasi abiotique.
- **2017 : 13 spécimens d'étoile de mer *Acanthaster planci* ; mai 2018 : 7 étoiles de mer et le % de recouvrement corallien a diminué, en novembre 2018 : 1 seule *Acanthaster* mais presque tous les coraux sont morts.** Le reste de la partie biotique est constituée essentiellement par des alcyonaires et la classe « coraux mort recouverts d'algues ».
- Les poissons sont représentées par des juvéniles.
- **Densité 1.98 poissons/m²** pour une biomasse de **94.5 g/m²**.

► La station ST02 (Sud de l'embouchure du creek Baie Nord) Station I : impact éventuel

- Station à la richesse spécifique corallienne la plus importante des stations en baie du Prony (**120 espèces coralliennes dont 114 espèces de scléactiniaires**).
- **Le recouvrement corallien est en forte hausse** avec 47.5% et 29.5% sur les transect A et B ce qui est un % très élevé.
- **Blanchissement corallien** : très faible
- **Pas d'étoile de mer *Acanthaster planci***
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*, très peu de cyanobactéries.
- Poissons : **Densité en hausse : 3.03 poissons/m²** pour une biomasse en forte hausse : **14.08 g/m²**. Il y a toujours beaucoup de poissons juvéniles.
- Station très diversifiée dont la sédimentation n'affecte pas les esp adaptées à ce type d'écosystème.
- Indices de très bonne santé.

► La station ST03 à l'Est du port de Prony Station I : impact éventuel

- **Biodiversité corallienne importante (117 espèces dont 113 de scléactiniaires)**
- Recouvrement corallien stable avec **6,5 %** en A, **29,5 %** en B et **11,5 %** en C
- **Aucun blanchissement corallien durant les deux campagnes 2017 (très rare en zone côtière) et très faible en 2018.**
- 1 seule étoile de mer d'*Acanthaster planci*
- Algues brunes Lobophora. Recouvrement est stable
- Poissons : **densité 0.99 poisson/m²** pour une **biomasse de 2.56 g/m²**. Les poissons sont tous des juvéniles.

► Conclusion : Etat actuel (2018) en baie du Prony (Typologie : Fond de baie)

Le blanchissement corallien observé début 2016 (blanchissement généralisé) n'atteignait pas le niveau d'impact qu'il a pu montrer dans d'autres régions du Pacifique. **Fin 2016 ce blanchissement avait nettement diminué et en 2018 la résilience semble terminée avec une très bonne vitalité des stations sur la face Est de la baie.**

MAIS : Les étoiles de mer *Acanthaster*, dévoreuses des polypes coralliens, ont été détectées en nombre invasif par l'IRD début 2018 sur Montravel ; elles avaient été observées par les suivis Vale NC en nombre significatif en 2017 sur Casy. Fin 2018 elles ont disparu de la station Casy mais après avoir ravagé le corail déjà peu représenté sur cette station, elles n'ont pas atteint les stations du port de Prony et du Creek baie Nord à date (Nov. 2018).

La station ST04 dans le canal Woodin (trop éloignée pour être une station de surveillance d'impact ou une station témoins) **subit une attaque par les étoiles de mer *Acanthaster***, en novembre 2018 : Prolifération d'*Acanthaster planci* importante aux 3 transects (respectivement 6, 33 et 12 spécimens soit **51 individus / 300 m²**). Ces corallivores arrivent du bas et remontent le récif. La mortalité corallienne est conséquente et concerne surtout les colonies d'*Acropora tabulaires*

Stations du canal de la Havannah

► La station ST08 (côtère pointe Puka en sortie Ouest de la Baie Kwé) Station I : impact éventuel

Elle était dégradée depuis mars 2011 (tempête tropicale Vania) puis suite aux très fortes dépressions de 2013 (pluies de juillet 2013). En 2014 la résilience était bien amorcée et elle s'est poursuivie en 2015 où le blanchissement corallien était absent. Début 2016 elle reste relativement stable malgré le blanchissement généralisé du à « El nino » Fin 2016 la richesse corallienne augmente avec la présence de colonies juvéniles, stabilité en 2017. Les nouvelles espèces sont adaptées à la turbidité et en 2018: bon état.

La biodiversité corallienne est importante et en légère augmentation

Recouvrement corallien en hausse 33 % en A et 2 % en B

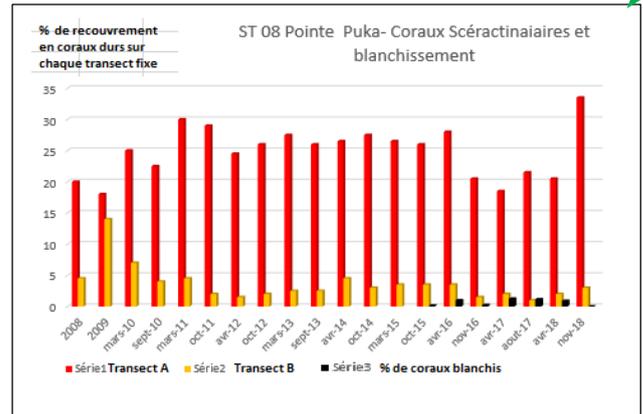
Blanchissement corallien absent (très rare e milieu cotié)

Absence d'*Acanthaster planci*

Cynobactéries stables

Densité de 1.79 poissons/m² pour une biomasse de 11.04 g/m².

Le peuplement est monotone et composé de nombreux juvéniles.



► La station ST06 d'lononatea (la plus proche du diffuseur) Station I : impact éventuel

La plus proche du diffuseur (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 bien fréquentée sont notables. Bonne diversité coralliennes (123 esp dont 117 esp. de Scléractiniaires).

- Forte courantologie et brisures mécaniques des coraux robustes adaptées à ces conditions
- **Recouvrement corallien important et stable: 32,5%, 30% et 11 %**
- Pas d'étoile de mer dévoreuse des coraux.
- Blanchissement corallien très faible.
- **Densité des poissons forte et stable : 4,11 poisson/m² et Biomasse: 269.22 g/m².** Biodiversité stable.
- Au niveau des indicateurs poissons les stations sur loro, lononatea et Chambeyron rivalisent avec la réserve Merlet pour leurs excellents scores.

► Les stations dans le canal de la Havannah (ST05, ST06, ST07, ST09 et ST12) Stations C : Témoins de contrôle

Elles ne présentent aucune non-conformité à l'égard des suivis précédents et ont été peu affectées par le phénomène général de blanchissement corallien qui a sévi dans le Pacifique sud en 2016

1 Etoile de mer *Acanthaster* sur St05 (loro) et 1 étoile de mer *Acanthaster* sur ST12 (Ugo)

- **Aucune espèce exogène n'a été observée**
- **Pas de menace par étoiles de mer dévoreuses du corail sur ces stations du canal de la Havannah, cependant des cas isolés d'étoiles aultes ont été observées sur Ugo et loro.**

► 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 d'avantages 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.**

3.2.3.2. Comparaisons spatiales des stations entre elles au temps t de la mission

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

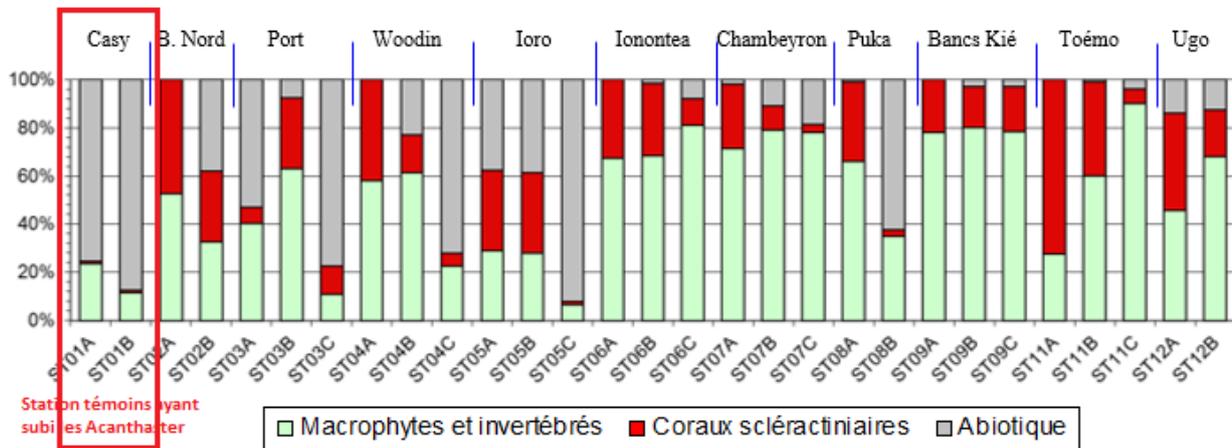
- 1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)
- 2)-Le benthos (sur couloirs fixes)
- 3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)

Figure 52 : SUBSTRAT (sous le cordon fixe de 20m de long)

Comparaison entre stations pour le substrat, MAI 2018

Recouvrement en % du substrat sur chaque transect LIT en considérant des compartiments clés : 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 »

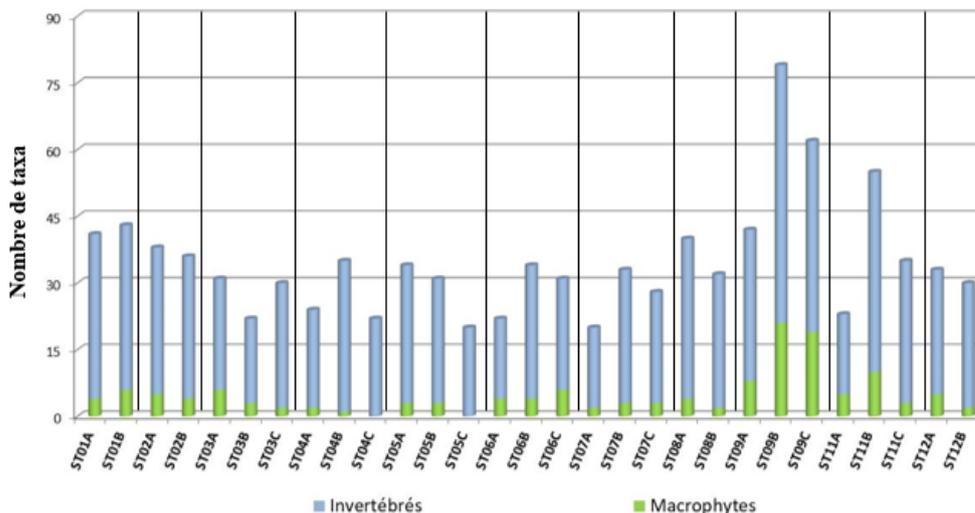


Les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que celui des transects supérieurs (5 à 10 m de profondeur). Certains transects majoritairement abiotiques ou avec très peu de coraux durs continuent à être suivis, car réglementairement imposés mais leur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

Figure 53: BENTHOS sur couloir de 100m² Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés. Comparaisons entre stations pour le benthos, MAI 2018.

► BENTHOS

- Les Invertébrés (coraux compris)
- Les Macrophytes (algues)



- **Biodiversité corallienne** : Les espèces inféodées à la baie de Prony développent des adaptations particulières, les paramètres environnementaux de cette baie rendant le développement des coraux unique. La richesse spécifique des stations de la baie de Prony est plus faible que pour les stations du canal de la Havannah, sauf pour la station ST02 (Creek baie Nord) qui recense un nombre très important d'espèces.
- **Algues : La biodiversité des macrophytes** est suivie avec attention. Une extension de la couverture algale significative au-delà des variations saisonnière serait signalée et étudiée de plus près. Cela n'est pas le cas et les variations saisonnières commencent à bien être cernées. Il n'a jamais été constaté une prolifération de **cyanobactéries** qui perdure dans le temps. Leur recouvrement peut-être important mais jusqu'à ce jour, leur développement n'a jamais été pérenne.
- **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*. La présence d'*Acanthaster* sur la station de l'îlot Casy, puis sur Montravel (Mission IRD 2018) et maintenant sur la station dans le canal Woodin est à mettre en lumière.

► **POISSONS :**

- 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 ;
En 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 $\alpha=0,025$.
- Ish : Indice de Shannon ; Eq : Indice d'quitabilité ; Int. de Conf. : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\square = 0,025$.

Tableau 18 : Relevés ichtyologiques. Comparaison des stations entre elles au temps t. NOV 2018

2018 B	Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	94,5	1,98	19,19	26	50	74	3,844	0,818
	ST02 CREEK BAIE NORD	188	3,03	14,08	16	38	54	1,378	0,345
	ST03 PORT	39,67	0,99	2,56	18	45	61	3,328	0,798
	Variances (σ^2)	5625,06	1,04	72,56	28	36,33	103	1,69	0,07
	Ecart types (σ)	75	1,02	8,52	5,29	6,03	10,15	1,3	0,27
	Moyennes (μ)	107,39	2	11,94	20	44,33	63	2,85	0,65
	Coef. de Var(σ/μ)	0,7	0,51	0,71	0,26	0,14	0,16	0,46	0,41
Int. de Conf. 95%	86,6	1,18	9,84	6,11	6,96	11,72	1,5	0,31	
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	534,67	7,21	438,1	74	100	135	4,509	0,726
	ST05 IORO	93,67	0,93	31,12	47	66	94	4,594	0,827
	ST06 IONONTEA	267,33	4,11	269,22	74	88	123	4,53	0,729
	ST07 B. CHAMBEYRON	201	3,08	152,94	57	79	110	4,456	0,764
	ST08 PUKA	61	1,79	11,04	30	80	105	4,206	0,857
	ST09 BANCS KIE	151	1,88	13,76	51	71	96	4,525	0,798
	ST11 TOEMO								
	ST12 UGO	178	1,66	40,1	56	84	117	4,43	0,763
	Variances (σ^2)	109,5	1,94	15,3	33	65	87	4,115	0,816
	Ecart types (σ)	22605,6	4,09	24703,9	267,93	139,55	261,13	0,03	0
	Moyennes (μ)	150,35	2,02	157,17	16,37	11,81	16,16	0,17	0,05
	Coef. de Var(σ/μ)	199,52	2,83	121,45	52,75	79,13	108,38	4,42	0,79
Int. de Conf. 95%	0,75	0,72	1,29	0,31	0,15	0,15	0,04	0,06	

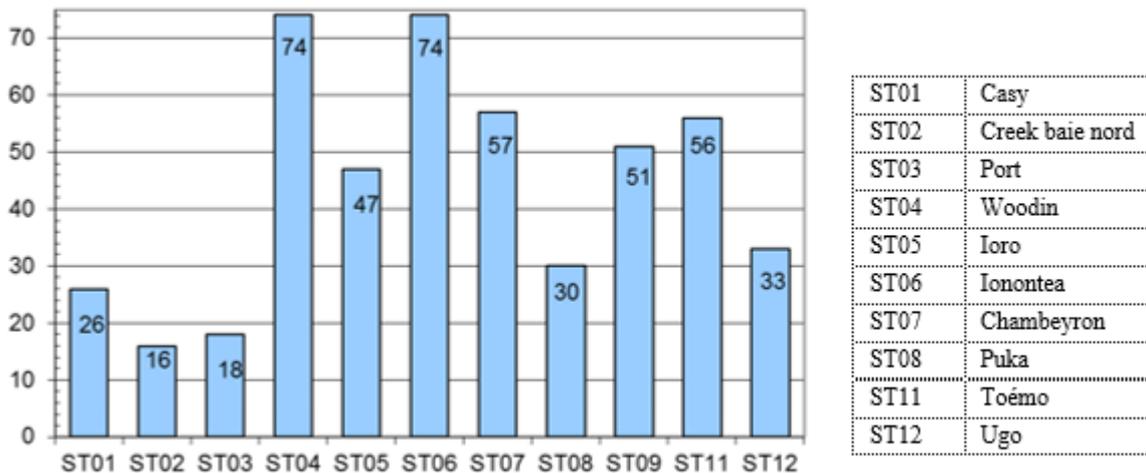
Rappel : Les 3 indicateurs imposés par le plan de suivi sont :

- La richesse spécifique (mais sur liste restreinte, c'est la Biod 1), Les experts s'accordent pour dire la biodiversité est peu significative sur une liste restreinte, à cet égard VNC demande un travail additionnel sur liste exhaustive.
- la densité et
- la biomasse.

RICHESSSE SPECIFIQUE

Figure 54: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station (sur liste restreinte imposée, même methodology depuis 2007)

NOV 2018



Les stations situées en baie du Prony ont toujours montré 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 en baie du Prony.

La station ST04, dans le canal Woodin est exceptionnelle d'un point de vue ichtyologique.

Le récif Ionontea (ST 06, massif corallien le plus proche du diffuseur) est aussi très riche en diversité de poissons

.A ce stade les *Acanthaster* présentes sur ST04 n'affecte pas la population de poissons.



Figure 55 : Densité de l'ichtyo faune par station (liste restreinte imposée, , même methodology depuis 2007)

MAI 2018

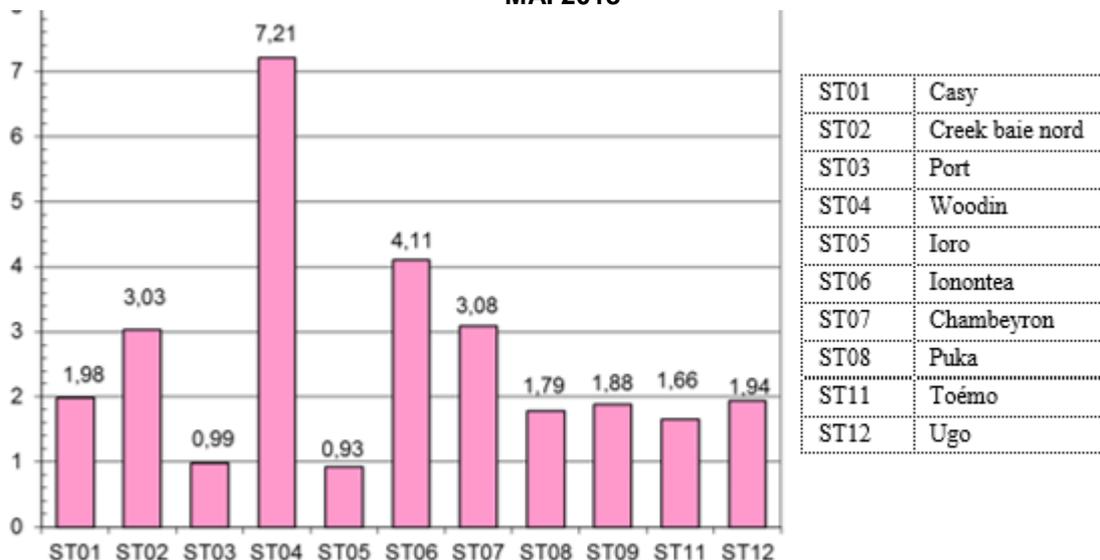
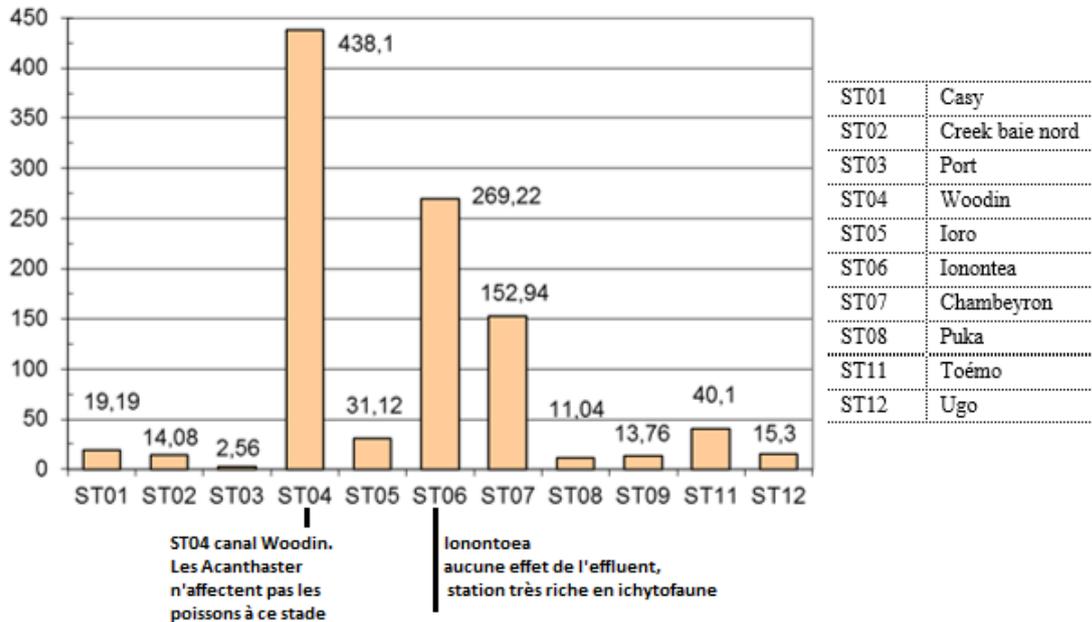


Figure 56 : Biomasse de l'ichtyo faune par station (liste restreinte imposée, , même methodologie depuis 2007)
NOV 2018


La présence du diffuseur n'est aucunement affectante pour la biodiversité des coraux et poissons sur les bancs et massifs les plus proches, notamment les indices poissons sont très bons sur ST05, ST06 et 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 égard : une zone éloignée de tout récif sensible) et une station en indicateurs « poissons » comprables aux autres 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 différents systèmes (ou hydro-régions) :

- **Baie de Prony** avec un gradient du Nord au Sud entre la typologie de « fond de baie » et la typologie : « canal de la Havannah »
- **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), l'influence marine est d'autant plus grande que l'on se rapproche de la passe de la Havannah (vers l'Est)
- **Baies avec apports terrigènes au Nord du canal** : baie de port Boisé et baie Kwé (qui se rapprochent d'avantage de la baie du Prony-Nord que du canal de la Havannah)
- **Baie de Goro** (à part, c'est une hydro- région en soit).
- **Canal Woodin** (à part).

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 aussi avec les modélisations hydrodynamiques et les 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.

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

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 intégral 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.
- 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 NC ne fait que relever leurs conclusions dans le présent rapport.
- 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)

➤ Le substrat (LIT fixes)

Pour suivre une évolution globale, il est « non-indiquant » de suivre l'évolution de 28 items, et cela alourdirait trop les bilans. L'audit INERIS/IFREMER conseille par ailleurs de diminuer ce nombre d'item en regroupant certains. 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 ces 2 compartiments : **CORAIL DUR VIVANT / AUTRES** composantes.

Au niveau des zones de fond de baie ce sont les compartiments **VASE / AUTRES** composantes qui sont suivis 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, notamment sur ST08-Puka) ou du cycle de présence /absence de tuf algal sur des débris coralliens. (Avec turf : biotique/ sans turf : abiotique).

Globalement les stations sont stables

Avec 2 stations qui voient leurs coraux en pleine croissance / recrutement

- le transect A de la ST02 (Baie du Prony- Creek baie Nord, station sous pression de l'usine VNC) : + 22% (soit un taux à 47.5% comme en octobre 2015)
- le transect A de la ST11(Toémo) : +24%.



Sauf sur les deux stations (qui ne sont aucunement sous influence Vale NC) qui ont subi et/ou subissent la pression des étoiles de mer *Acanthaster* :

- **Le transect B de la ST04 (Woddin) perd - 16.5% dans son recouvrement en scléactiniaires (coraux durs) (au profit du compartiment abiotique : débris et sable). Il y a en effet une attaque massive d'*Acanthaster planci* avec en conséquence, en plus, un effondrement de certaines colonies mortes.**
- **La station ST01 (Casy) a déjà perdu – 30% dans son recouvrement en scléactiniaires (coraux durs) (au profit du compartiment abiotique : débris et sable) à cause des *Acanthaster* qui l'ont ravagée en 2017.**



➤ Le benthos (couloirs fixes)

La présence de nombreuses espèces mobiles est un indicateur du bon 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.

En mai 2018, la diversité absolue des invertébrés a augmenté quasiment sur tous les transects, principalement du fait des groupes faunistiques suivants: espèces mobiles (mollusques et échinodermes : astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles à faible fixation au substrat (ascidies et spongiaires).

En novembre 2018, la diversité absolue des invertébrés est en tendance baissière sur les mêmes groupes faunistiques et des espèces sessiles (ascidies, alcyonaires et spongiaires).

Ce sont les niveaux bathymétriques les plus exposés à l'hydrodynamisme qui présentent de fortes variations de diversité.

L'attention doit être porte sur la prolifération des étoiles de mer *Acanthaster* qui semble s'étendre dans le canal Woodin.

➤ Les poissons : ichtyo faune

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

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

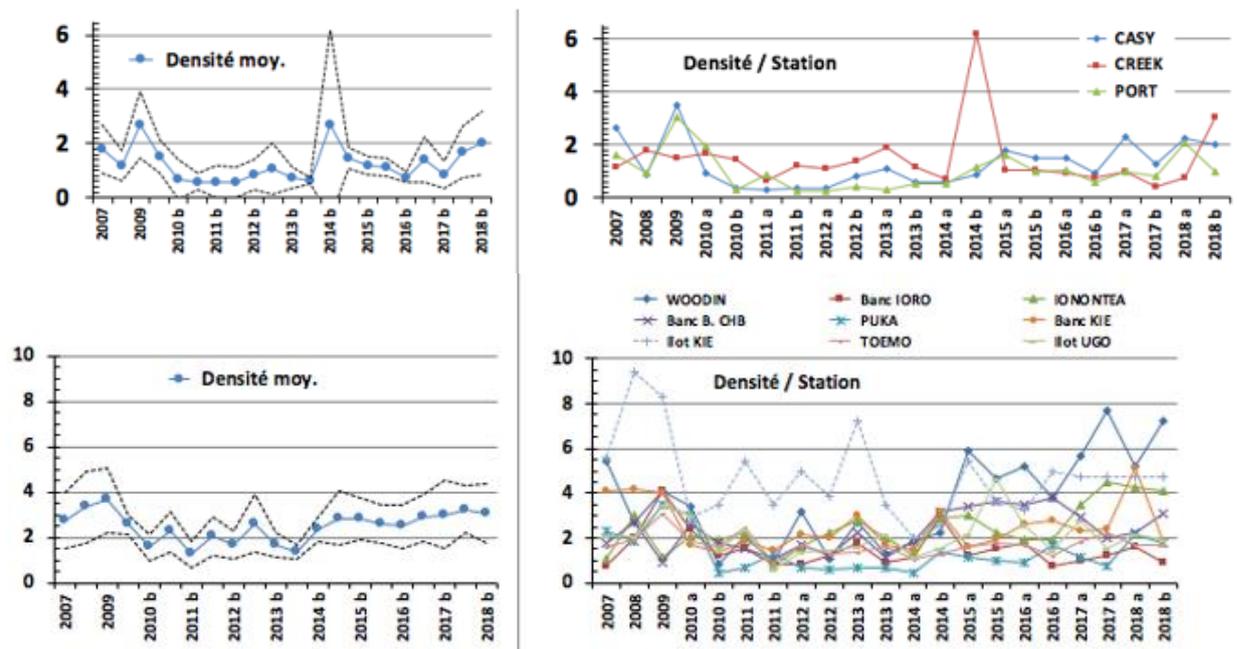
La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

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

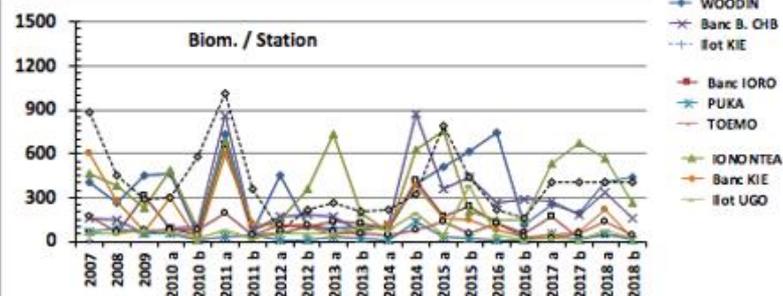
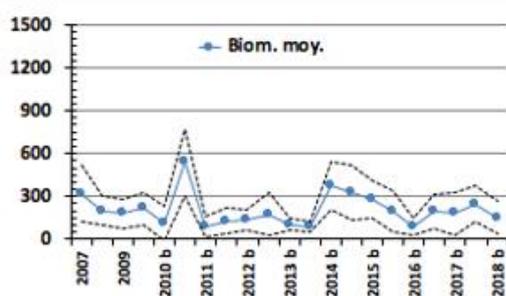
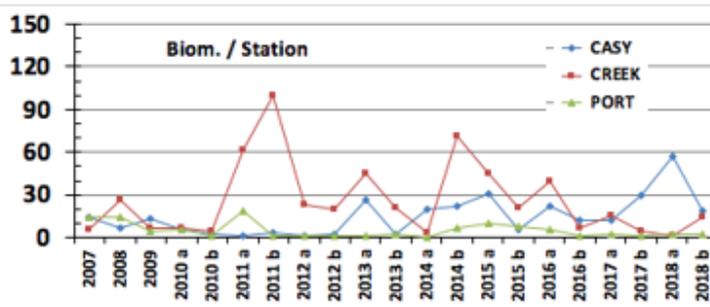
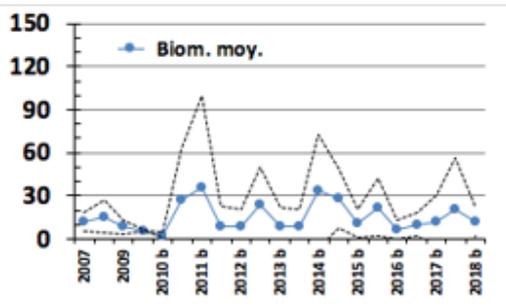
Rappel : la Biomasse s'exprime en grammes de poissons /m² par transect et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie réglementaire 2006 et CCB).

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

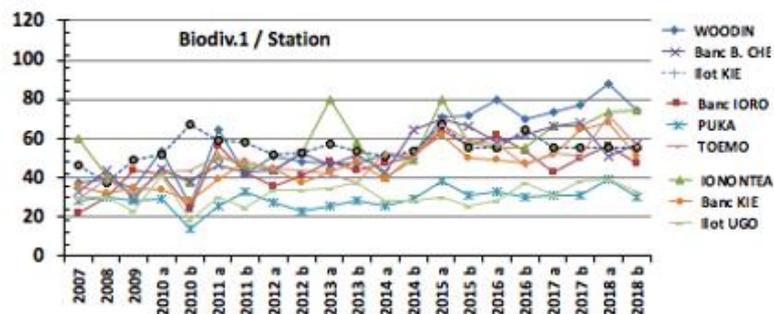
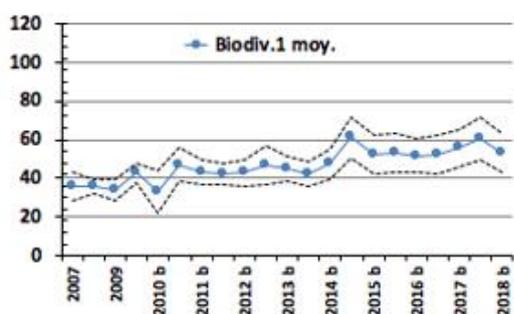
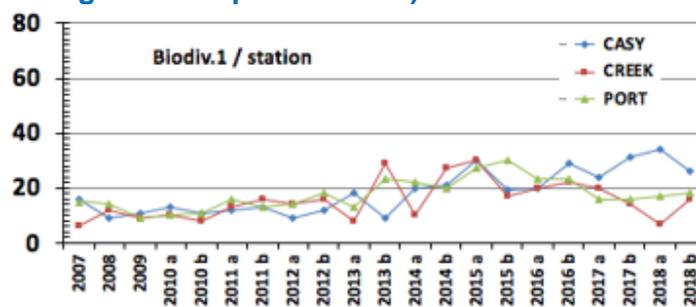
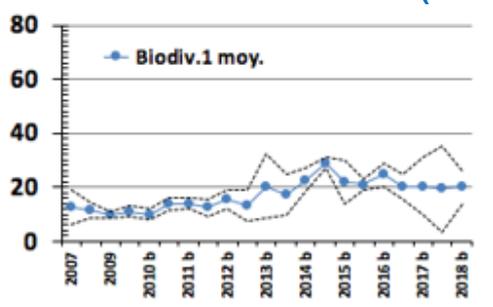
DENSITE (selon les exigences du plan de suivi et donc sur liste restreinte)



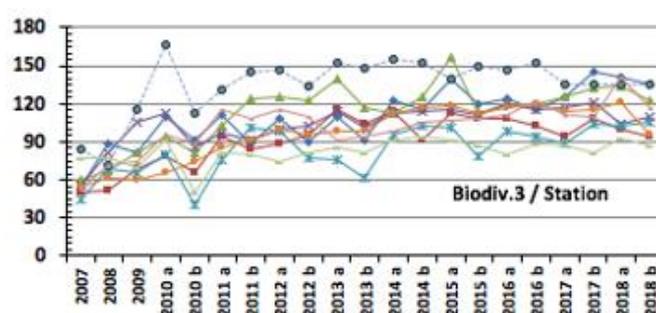
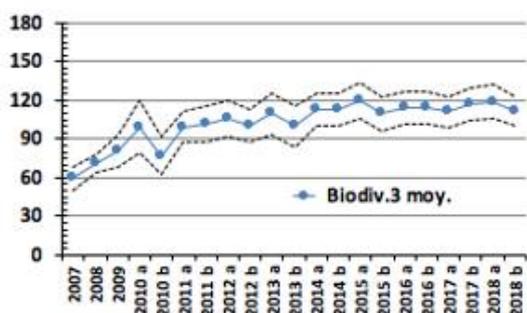
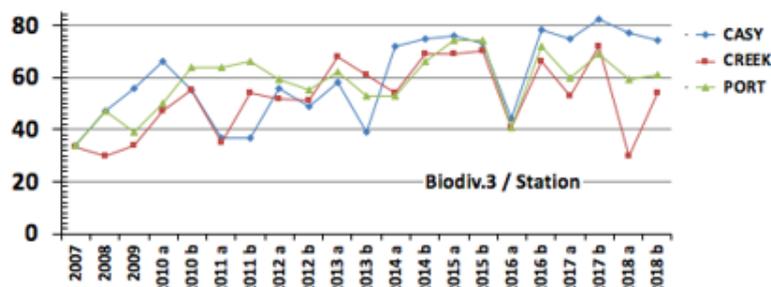
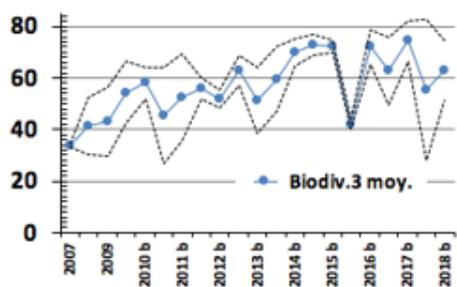
BIOMASSE (selon les exigences du plan de suivi)



DIVERSITE 1 (Selon les exigences du plan de suivi)



BIODIVERSITE 3 (Le meilleur indicateur d'après l'ichtyologue)



Les stations de la Baie de Prony sont invariablement peuplées de nombreux juvéniles. Au niveau des transects, la station du Port (St03) ne présente d'ailleurs que des juvéniles. Ce caractère renforce les différences entre les stations de Prony et celles du Canal de la Havannah

Tableau 19: Cotation des missions depuis 2007

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm	
2007	3	3	2	2,50	bon
2008	3	2	2	2,25	médiocre
2009	3	2	2	2,25	médiocre
2010 a	3	2	3	2,75	bon
2010 b	2	1	2	1,75	médiocre
2011 a	2	4	3	3,00	bon
2011 b	2	1	3	2,25	médiocre
2012 a	2	1	3	2,25	médiocre
2012 b	2	2	3	2,50	bon
2013 a	3	2	3	2,75	bon
2013 b	2	3	3	2,75	bon
2014 a	2	1	3	2,25	médiocre
2014 b	3	3	3	3,00	bon
2015 a	3	3	4	3,50	Très bon
2015 b	3	3	3	3,00	bon
2016 a	2	2	4	3,00	bon
2016 b	3	2	3	2,75	bon
2017 a	3	2	3	2,75	bon
2017 b	3	2	3	2,75	bon
2018 a	4	3	4	3,75	Très bon
2018 b	3	2	3	2,75	bon

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

Conclusion sur le domaine ichtyologique :

Les stations du Port, d'Ioro, de Toémo et d'Ugo sont descendues dans le classement, alors que celles du Creek (surtout) et de la pointe Puka sont remontées. Les autres sont quasi stables.

La forte affectation des coraux par des étoiles de mer *Acanthaster* (Casy et canal Woodin) n'est pas perceptible sur l'indicateur « poissons ».

Le constat sur cette période d'observation de 11 ans, donc de « temps long », est que le peuplement de poissons du canal de la Havannah et de la baie de Prony est de bonne qualité et stable.

3.2.4. L'herbier

Un herbier situé en baie Kwé avait été mentionné dans les années 1995, puis déclaré comme « non retrouvé » lors des états initiaux, puis à nouveau signalé en 2010 et inventorié de façon précise sur demande de Vale NC en 2014. Des variations saisonnières ou cycliques de sa surface et de sa composition peuvent être supposées.

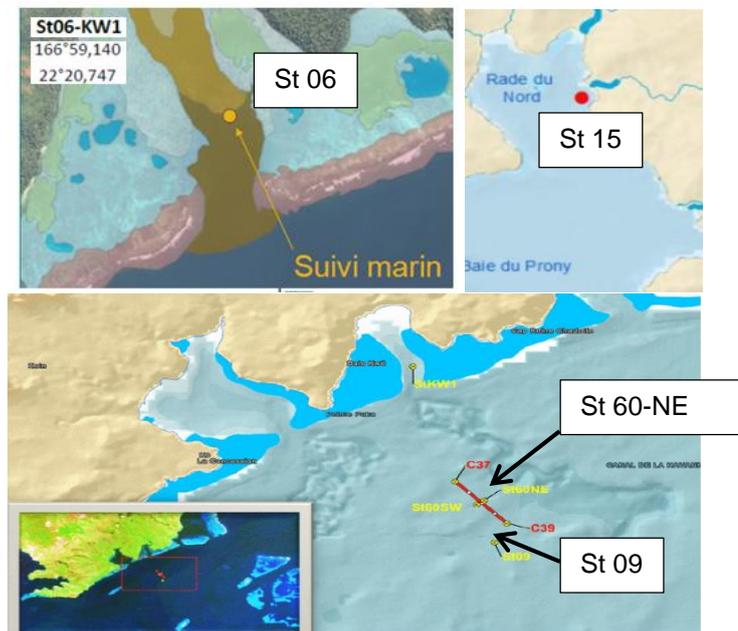
Le suivi de l'herbier est devenu réglementaire grâce à l'arrêté AEM-2016 et grâce à la mise en place d'une méthodologie de suivi, les connaissances quant à sa variabilité, sa composition et sa surface vont permettre de quantifier son évolution lors des suivis suivants, la fréquence des missions de suivi de l'herbier est triennale. Une campagne de suivi a été effectuée en AVRIL 2017. Les résultats et le rapport intégral de ce suivi ont été incorporés au rapport S1/2017, ils sont consultables dans le bilan 2017. **Prochaine campagne en 2020.**

3.2.5. Suivi des flux sédimentaires

Il consiste en un suivi temporel des densités de flux de MEST 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) sont utilisés. Les flux sédimentaires sont suivis à 60 mètres du diffuseur (représenté par un trait rouge sur la carte schématique ci-dessous) station : St 60NE ; dans le chenal d'entrée en baie de la Kwé (St KW1) et en baie de Prony sur la station (St 15). Le point St 09 quant à lui est une station de suivi de la qualité physico chimique de l'eau et des sédiments.

Figure 58 : Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires

En baie Kwé le point suivi est StKW1. En baie du Prony : St 15 proche embouchure creek Baie Nord et dans le canal de la Havannah le suivi est sur St 60NE à 60m du diffuseur



Les principaux résultats montrent qu'en saison chaude comme en saison fraîche, la distribution de 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 :

- la pluviométrie ;
- 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.

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

Un suivi intégrateur de 48 jours ne peut absolument pas s'affranchir d'épisodes pluvieux intenses.

Lors de la campagne S1/2018 le cyclone Hola est passé à l'Est de la Nouvelle-Calédonie entraînant des pluies intenses entre le 07 et le 10 mars

➤ **Pour 2018**

1 campagne : 12 fois 4 jours soit 48 jours de prélèvements séquentiels

S1/2018:

- Début de la collecte : 03/03/2018
- Fin de la collecte : 19/04/2018

S2/2018 :

- Début de la collecte : 30 /05/2018
- Fin de la collecte : 16/07/2018

➤ **Résultats**

Rapport intégral en annexe. Synthèse ci-dessous pour les zones de surveillance prioritaire : St 15 Creek Baie Nord, St06 en baie Kwé et St60 à 60m du diffuseur.

• **St15 Creek Baie Nord**

- **Les masses moyennes collectées sur St15 sont faibles**, avec une moyenne de 0,871g ± 0,561
- Les MES piégées sont principalement composées de fraction fine comme toujours.
- **Les teneurs en carbonates dans la fraction fine collectée** ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) se distribuent entre 33 % et 40 % avec une moyenne de $37 \pm 2 \%$ soulignant, une influence marine, certes mais **une influence prépondérante des apports terrigènes à cette station**. Cela confirme les définitions des hydro-régions et les particularités des zones dites «fond de baie» comme le Nord de la baie du Prony.
- **La fraction fine de MES récoltées est analysée**, le tableau suivant compile les données depuis 2007.

Figure 59 : Compilation des données moyenne ± écart-type des concentrations en métaux et en calcium obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à la station St15.

St15						
Campagne	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Mars – Avr. 2007	61 870 (n=1)	208 (n=1)	8 500 (n=1)	205 660 (n=1)	1 949 (n=1)	2 742 (n=1)
Janv. - Mars 2014	11 118 ± 153	295 ± 27	13 796 ± 1 654	245 119 ± 15 893	2 368 ± 547	3 927 ± 665
Sept. – Oct. 2014	87 180 ± 6 927	265 ± 23	8 111 ± 535	217 647 ± 12 561	1 881 ± 191	2 798 ± 177
Janv. - Mars 2015	78 349 ± 29 017	440 ± 14	14 204 ± 757	290 374 ± 11 196	3 788 ± 569	5 012 ± 266
Juil. - Sept. 2015	85 568 ± 10 844	228 ± 18	8 016 ± 728	177 466 ± 13 141	2 148 ± 207	2 751 ± 248
Mai - Juil. 2016	60 636 ± 34 192	195 ± 37	5 682 ± 1 080	170 877 ± 75 892	1 981 ± 303	3 101 ± 569
Oct. – Nov. 2016	91 451 ± 16 898	178 ± 33	6 057 ± 1 016	198 270 ± 35 176	1 861 ± 511	2 339 ± 383
Avr.- Mai 2017	101 352 ± 17 811	184 ± 21	8 150 ± 859	231 480 ± 23 743	1 246 ± 174	2 501 ± 281
Sept. – Nov. 2017	76 373 ± 7 445	221 ± 4	7 797 ± 163	192 953 ± 51 953	1 687 ± 85	2 614 ± 61
Mars – Avr. 2018	62 558 ± 11 186	206 ± 14	8 004 ± 556	225 530 ± 12 942	1 999 ± 186	2 599 ± 130
Mai – Juil. 2018	131 705 ± 7 255	122 ± 4	4 357 ± 167	154 270 ± 5 575	1 126 ± 72	2096 ± 52

- **Le ratio Ca/Fe** est intéressant ; s'il augmente l'influence marine augmente et l'influence terrestre diminue.

Figure 60 : Compilation des données moyennes ± écart-types de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES collectées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à particules à St 15.

St15			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Mars - Avr. 2007	0,301 (n=1)	Oct. – Nov. 2016	0,464 ± 0,052
Janv. - Mars 2014	0,050 ± 0,081	Avr. – Mai 2017	0,448 ± 0,115
Sept. – Oct. 2014	0,401 ± 0,023	Sept. – Nov. 2017	0,418 ± 0,107
Janv. - Mars 2015	0,273 ± 0,106	Mars – Avr. 2018	0,280 ± 0,064
Juil. - Sept. 2015	0,481 ± 0,041	Mai – Juil. 2018	0,855 ± 0,061
Mai - Juil. 2016	0,459 ± 0,323	-	-

- **Les flux calculés** : Les flux en MES totale et Nickel calculés sont compilés ici dessous.

■ Attention : les flux de MES « de passage » et le taux de sédimentation (suivi des taux de sédimentation par carottage) sur une station donnée sont deux informations indicatrices différentes. Un flux ne se dépose pas toujours sur (sous) son lieu de mesure.



Figure 61 : Compilation des moyenne \pm écart-type des flux en matière particulaire totale et des cumuls de masses de MES totales piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15 (Creek Baie Nord)

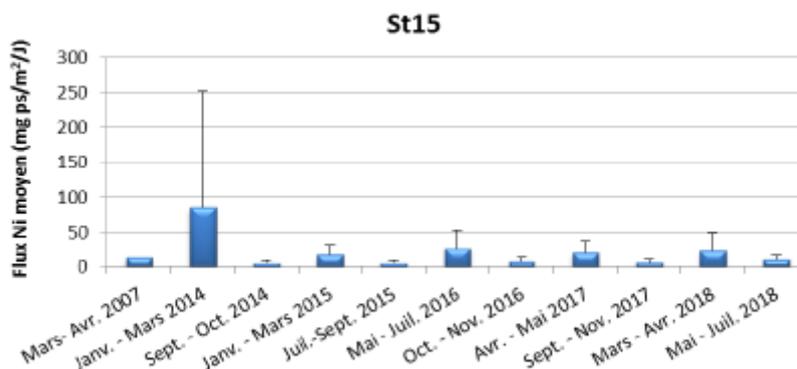
St15					
Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)	Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)
Oct. – Nov. 2006	1,05 \pm 0,64	25,2	Mai - Juil. 2016	8,67 \pm 7,44	416
Mars - Avr. 2007	1,55 \pm 1,45	37,1	Oct. – Nov. 2016	2,19 \pm 2,48	105
Janv. - Mars 2014	22,2 \pm 44,5	1 063	Avr.- Mai 2017	8,05 \pm 5,78	386
Sept. – Oct. 2014	0,91 \pm 1,23	43,8	Sept. – Nov. 2017	5,95 \pm 6,08	71
Janv. - Mars 2015	2,78 \pm 2,98	134	Mars – Avr. 2018	8,34 \pm 9,63	400
Juil. - Sept. 2015	1,31 \pm 1,34	62,7	Mai – Juil. 2018	4,35 \pm 2,81	209

- : pas de campagne

La densité de flux moyen de MES totale sur ST15 (Embouchure creek Baie Nord) lors de la campagne S2/2018 est de : **4,35 g/m²/j**.
 Pour rappel, le guide ZoNeCo/CNRT indique que des flux de MES 14 g/m²/j à 46 g/m²/j. selon la saison pluvieuse ou plus sèche, sont usuels près de l'embouchure des creeks.

Illustré par le cas du Ni, les flux métalliques moyens lors de cette campagne sont de 23,2 \pm 25,2 mg ps/m²/j. Entre les campagnes, les valeurs moyennes montrent une très forte variation. Ainsi, en janvier-mars 2014, la valeur moyenne est maximale avec 86 \pm 165 mg ps/m²/j) puis, elle diminue et demeure en dessous du seuil de 27,0 mg ps/m²/j. La valeur extrême maximale de 2014 est à relier avec la pluviométrie exceptionnelle de 920,2 mm mesurée au moment de la campagne 2014.

Figure 62 : Compilation des moyenne \pm écart-type des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes de 48 jours d'immersion des pièges séquentiels sur la station St15. Rade Nord en baie du Prony.



Les flux de MES sur la station St15 à l'endroit du Creek Baie nord sont conformes aux flux d'une hydro-région de type « baie », dépendant de la pluviométrie sans pour autant atteindre des pics très élevés ; ils dépendent aussi de l'orientation et de la force des vents qui peuvent confiner les eaux en fond de baie du Prony.

Les concentrations en matériaux latéritiques et le ratio Ca/Fe sont stables.

- **St 06 - KW1 En baie Kwé**

(Intégralité du rapport en annexe de ce bilan).

- **Les masses moyennes collectées sur St06 (Baie Kwé) :** Les masses de MES collectées en St06-KW1 se distribuent entre 0,716 g et 18,7 g par godets, avec une moyenne de 6,01 g,

Les diverses observations effectuées lors de précédentes missions montrent que la variabilité des masses collectées à cette station est dépendante 1)- de l'intensité des précipitations mais aussi 2)- de l'orientation et de la force des vents qui conditionnent la dispersion et/ou le confinement des panaches turbides et de plus : 3)- les vents de secteur Sud lèvent une houle ou un ressac remettant en suspension les sédiments du marin du platier. Les pourcentages de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) qui composent les MES est largement majoritaire (84%).

Tableau 20 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, des pourcentages massiques en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et des teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06-KW1.(Baie Kwé)

St06-KW1							
Campagne	MES totale (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)	Campagne	MES totale (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)
Oct. - Nov. 2006	1,46 \pm 0,74	ND	74 \pm 2	Janv. - Mars 2015	13,6 \pm 7,2	79 \pm 4	73 \pm 3
Mars - Avr. 2007	4,61 \pm 4,47	ND	76 \pm 3	Oct. - Nov. 2015	7,77 \pm 6,10	68 \pm 6	47 \pm 3
Juil. - Août 2011	5,07 \pm 4,86	ND	69 \pm 4	Juil. - Sept. 2016	5,74 \pm 4,58	80 \pm 2	60 \pm 6
Janv. - Mars 2012	7,89 \pm 6,64	75 \pm 3	84 \pm 5	Oct. - Nov. 2016	3,69 \pm 2,78	79 \pm 4	70 \pm 5
Sept. - Oct. 2012	5,28 \pm 2,62	70 \pm 4	67 \pm 3	Avr. - Mai 2017	9,06 \pm 8,06	75 \pm 3	71 \pm 4
Janv. - Févr. 2013	9,29 \pm 5,71	77 \pm 5	67 \pm 8	Sept. - Nov. 2017	4,08 \pm 4,61	83 \pm 2	71 \pm 6
Juil. - Août 2013	11,6 \pm 17,6	74 \pm 4	46 \pm 13	Mars - Avr. 2018	19,5 \pm 27,3	68 \pm 6	62 \pm 5
Janv. - Mars 2014	12,1 \pm 6,8	82 \pm 4	84 \pm 3	Mai - Juil. 2018	6,01 \pm 4,57	84 \pm 2	68 \pm 3
Sept - Oct. 2014	2,37 \pm 1,68	84 \pm 2	65 \pm 4	-	-	-	-

- **Les teneurs en carbonates** dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) en St06 KW1 montrent que dans le chenal au centre de la baie Kwé l'influence marine est prépondérante avec 60 % à 72 % de carbonates (moyenne de 68 \pm 3 %.)
La fraction fine est majoritairement composée de minéraux d'origine marine, notamment la calcite et l'aragonite. Ces fines carbonatées dépendent de la houle et des vents de secteurs Sud ou Sud-Ouest qui les mettent en suspension en baie Kwé ouverte à ce secteur.
- **La goethite de signature terrestre est également décelée dans tous les prélèvements** (Moyenne de 18%), ce qui est logique dans une baie qui reçoit un cours d'eau permanent, en cohérence avec l'hydro-région identifiée.
- **La fraction fine de MES récoltées est analysée**, le tableau suivant compile les données depuis 2007. Les concentrations en Co, Cr Fe, Mn et Ni obtenues lors de la campagne S2/2018 sont comparables aux moyennes enregistrées en 2007 pour l'état de référence. Quant à la concentration moyenne en Ca, elle est légèrement plus faible que celle mesurée en 2007. En revanche, elle est largement supérieure à celle obtenue en juillet-août 2013 (après de très fortes pluies).

Figure 63 : Compilation des données moyenne \pm écart-type des concentrations en métaux et calcium obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06 KW1.

Campagne	St06-KW1					
	Éléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Mars – Avr. 2007	290 310 (n=1)	58,0 (n=1)	2 667 (n=1)	68 940 (n=1)	577 (n=1)	1 142 (n=1)
Juil. - Août 2011	256 455 \pm 19 652	82,9 \pm 10,2	2 945 \pm 287	81 853 \pm 6 980	703 \pm 75	1 460 \pm 132
Janv. - Mars 2012	239 104 \pm 5 873	101 \pm 10	3 414 \pm 302	103 323 \pm 6 769	822 \pm 77	1 885 \pm 144
Sept. - Oct. 2012	264 386 \pm 8 238	106 \pm 15	3 874 \pm 547	111 616 \pm 11 753	840 \pm 95	1 829 \pm 201
Janv. - Mars 2013	236 752 \pm 14 017	127 \pm 19	4 634 \pm 547	123 394 \pm 15 208	1 123 \pm 162	2 258 \pm 321
Juil. - Août 2013	164 585 \pm 51 369	215 \pm 77	7 111 \pm 2 797	189 733 \pm 55 033	1 688 \pm 656	3 540 \pm 1 392
Janv. - Mars 2014	308 430 \pm 13 137	46,1 \pm 18,4	1 259 \pm 257	31 190 \pm 8 848	471 \pm 210	588 \pm 195
Sept. - Oct. 2014	242 858 \pm 15 301	115 \pm 19	3 829 \pm 581	132 978 \pm 17 334	885 \pm 147	1 999 \pm 258
Janv. - Mars 2015	271 510 \pm 10 830	82,8 \pm 12,1	3 007 \pm 354	85 407 \pm 11 481	735 \pm 94	1 563 \pm 233
Oct. - Nov. 2015	165 560 \pm 11 919	108 \pm 34	4 126 \pm 1 307	101 619 \pm 24 237	940 \pm 267	1 882 \pm 421
Juil. - Sept. 2016	219 412 \pm 25 986	109 \pm 23	3 083 \pm 692	136 205 \pm 22 923	974 \pm 208	2 148 \pm 403
Oct. - Nov. 2016	260 620 \pm 20 111	86,3 \pm 18,3	3 085 \pm 557	116 993 \pm 22 213	723 \pm 149	1 770 \pm 370
Avr. - Mai 2017	270 681 \pm 14 894	80,8 \pm 12,9	2 928 \pm 429	110 875 \pm 19 017	690 \pm 102	1 716 \pm 296
Sept. - Nov. 2017	264 210 \pm 24 159	95,0 \pm 13,6	3 422 \pm 417	120 591 \pm 12 247	742 \pm 101	1 791 \pm 224
Mars – Avr. 2018	228 717 \pm 18 985	86,7 \pm 81,8	3 279 \pm 743	113 470 \pm 23 892	783 \pm 206	1 766 \pm 450
Mai – Juil. 2018	249 671 \pm 13 443	51,6 \pm 8,8	2 001 \pm 335	81 583 \pm 12 926	448 \pm 74	1056 \pm 178

Figure 64 : Evolution des concentrations en Ni obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06 Baie Kwé.

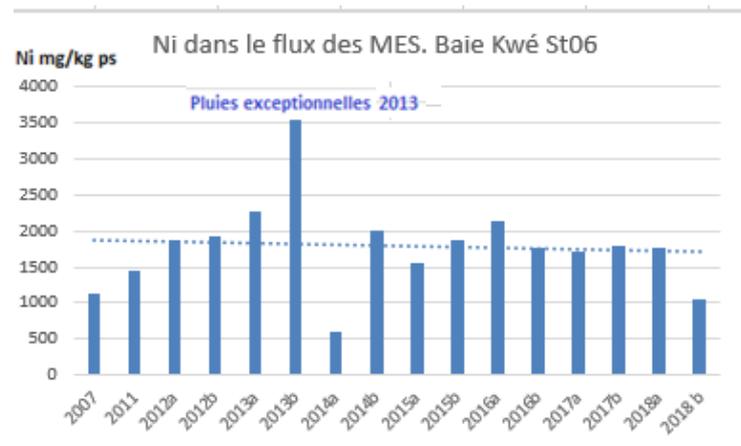
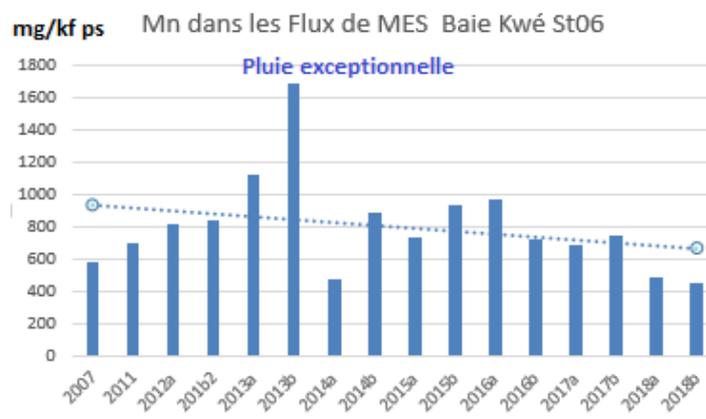


Figure 65 : Evolution des concentrations en Mn obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06 Baie Kwé.



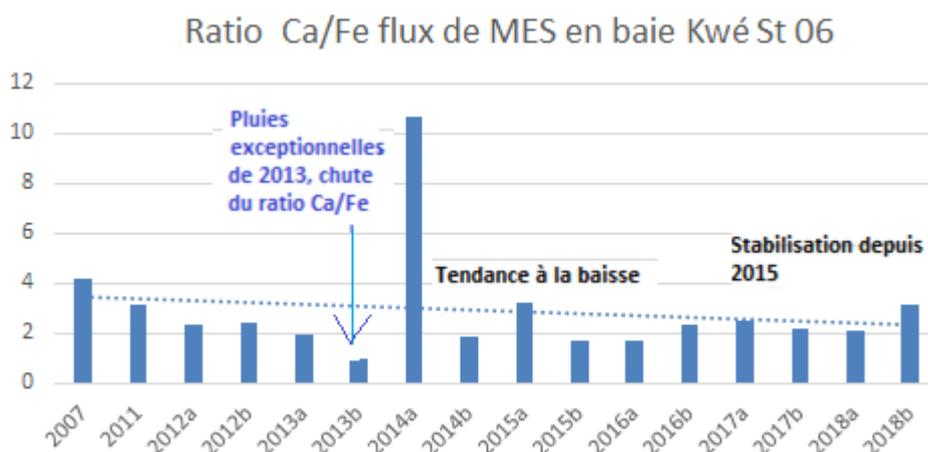
- **Le ratio Ca/Fe est intéressant** : s'il augmente l'influence marine augmente et l'influence terrestre diminue.

Figure 66 : Compilation des données moyenne \pm écart-type de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges à St06-Baie Kwé.

St06-KW1			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Mars - Avr. 2007	4,21 (n=1)	Janv. - Mars 2015	3,24 \pm 0,53
Juil. - Août 2011	3,17 \pm 0,50	Oct. - Nov. 2015	1,72 \pm 0,44
Janv. - Mars 2012	2,32 \pm 0,18	Juil. - Sept. 2016	1,68 \pm 0,48
Sept. - Oct. 2012	2,40 \pm 0,31	Oct. - Nov. 2016	2,32 \pm 0,53
Janv. - Mars 2013	1,95 \pm 0,33	Avr. - Mai 2017	2,52 \pm 0,53
Juil. - Août 2013	0,98 \pm 0,46	Sept. - Nov. 2017	2,21 \pm 0,31
Janv. - Mars 2014	10,7 \pm 3,13	Mars - Avr. 2018	2,11 \pm 0,49
Sept. - Oct. 2014	1,86 \pm 0,27	Mai - Juil. 2018	3,16 \pm 0,69

- : pas de campagne.

Figure 67 : Normalisation du calcium par le fer obtenu dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges à St06-Baie Kwé.



Ce ratio Ca / Fe suivi depuis 2007 sur la station St 06 de la baie Kwé, (dans la partie fine des M.E.S. récoltées) montre une légère tendance à la baisse surtout en raison de sa forte valeur en 2007. En 2013 ce ratio chute à cause de l'épisode exceptionnel pluvieux de juillet 2013 (inondations en Calédonie) suivi d'un début 2014 sec et d'un ratio exceptionnellement haut. A partir de fin 2014 : le ratio Ca/Fe est stable avec une hausse fin 2018, ce qui indique une influence terrestre en baisse.

- **Les flux calculés (St06 - Baie Kwé)**

La densité de flux moyen global mesurée lors de la campagne est élevée avec S2/2018 sur St06 KW1 avec **30,1 \pm 22,8 g/m²/j**. Entre les différentes campagnes, les densités moyennes de flux peuvent varier fortement, en fonction de la pluviométrie et des vents qui remettent les sédiments en suspension en augmentant l'hydrodynamisme dans l'entrée de la baie.

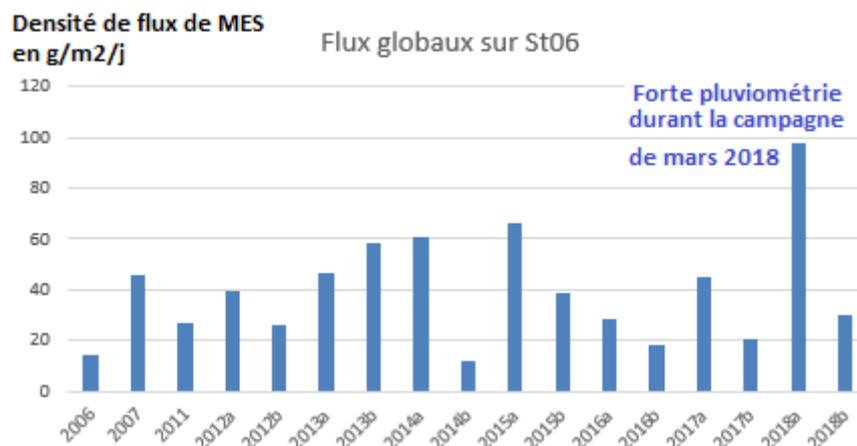
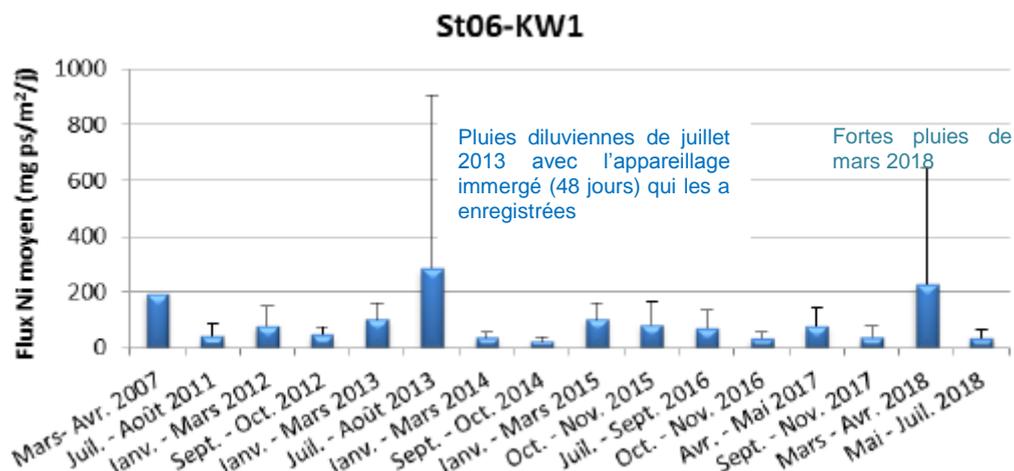
Durant cette campagne, un vent d'intensité supérieure à la normale (13,6 \pm 3,3 m/s) a été enregistré, ce qui est à mettre en lien avec cette forte densité de flux (Ressac et remise en suspension)

Pour rappel, le guide ZoNeCo/CNRT indique que des flux de **MES 14 g/m²/j à 46 g/m²/j** selon la saison pluvieuse ou plus sèche, sont usuels près de l'embouchure des creeks.

Les flux en MES totale et Nickel calculés sont compilés ici dessous.

Figure 68 : Compilation des moyenne ± écart-type des flux en matière particulaire totale et des cumuls de masses de MES total piégées lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St 06

St06-KW1					
Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégées (g/m ²)	Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégées (g/m ²)
Oct. - Nov. 2006	14,6 ± 7,4	350	Janv. - Mars 2015	66,3 ± 36,1	3 181
Mars - Avr. 2007	46,1 ± 44,7	1 106	Oct. - Nov. 2015	38,8 ± 30,5	1 864
Juil. - Août 2011	27,1 ± 30,0	1 299	Juil. - Sept. 2016	28,7 ± 22,9	1 379
Janv. - Mars 2012	39,5 ± 33,2	1 894	Oct. - Nov. 2016	18,5 ± 13,9	886
Sept. - Oct. 2012	26,4 ± 13,1	1 267	Avr. - Mai 2017	45,3 ± 40,3	2 173
Janv. - Févr. 2013	46,5 ± 28,5	2 231	Sept. - Nov. 2017	20,4 ± 23,0	979
Juil. - Août 2013	58,1 ± 87,8	2 786	Mars - Avr. 2018	97,7 ± 136,6	4 690
Janv. - Mars 2014	60,7 ± 34,1	2 914	Mai - Juil. 2018	30,1 ± 22,8	1 443
Sept - Oct. 2014	11,8 ± 8,41	569	-	-	-

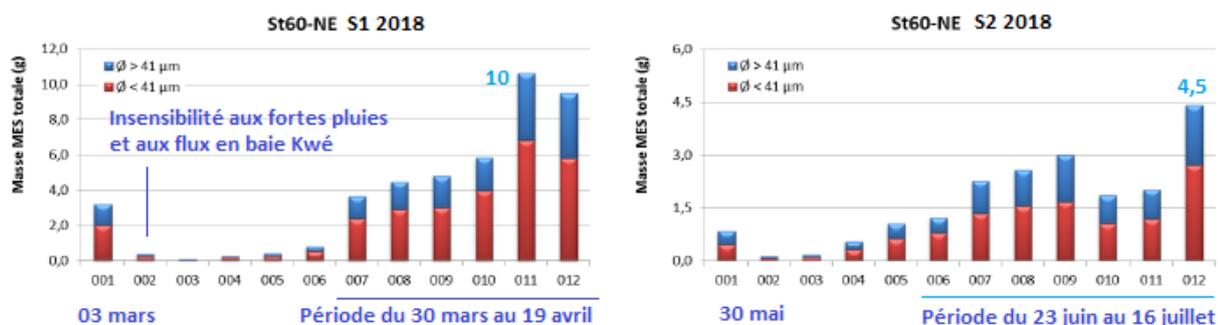

Figure 69 : Compilation des moyenne ± écart-type des flux en nickel dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES piégées lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St 06 -KW1.


Globalement, sur St06-Baie Kwé, les flux de MEST totale comme leur concentration en Nickel, ne montrent pas une évolution significative depuis 2007, en dehors des pics pluviométriques intenses (juillet 2013 et mars 2018). La légère diminution du ratio Ca/Fe indique que l’influence terrigène a augmenté de 2007 à 2013, cependant les MES d’origine marine restent toujours prédominantes et ce ratio semble se stabiliser voire augmenter à nouveau ses dernières années.

• St 60 NE Près du diffuseur (canal de la Havannah)

- **Les masses moyennes collectées sur St 60 NE** : lors de cette campagne S2/2018 se distribuent entre 0,138 g et 4,41 g avec une moyenne de $1,67 \pm 1,27$ g. ce qui est très faible par rapport à la station en baie Kwé et 2,2 fois moins qu'au premier semestre. Les MES piégées sont composées majoritairement de fraction fine ($\varnothing < 41\mu\text{m}$) - A ne pas confondre avec la nature du sol composé de sédiments lourds et grossiers – arénites- dans le fond du canal.
 - Les godets qui ont recueilli le plus de MES ne sont pas ceux qui ont subi une forte séquence pluvieuse (comme le godet n°2 campagne S1/2018)
 - Ce sont les derniers godets qui montrent une augmentation de la récolte en MES dans le flux soit ceux de la période : d'avril (Période sans forte pluviométrie), puis de juillet mais le second semestre présente 2 fois moins de MES, comme chaque saison fraîche.
 - La barrière hydro dynamique est bien confirmée, le fort flux (godet n°2) issu de la baie Kwé sous l'influence des pluies violentes, n'est pas enregistré sur St06

Figure 70 : Masse totale des MES piégées durant 48 jours par les 12 godets (suivi continu séquentiel des flux de MES) dans le champ proche du rejet de l'effluent (St 60-NE) et fraction fine (<41µm) ou grossière lors de la campagne en saison chaude (S1 2018) et en saison fraîche (S2 2018)



L'évolution temporelle est suivie depuis 2007, état initial avant la mise en fonction du diffuseur, la valeur de 2007 n'est pas atteinte.

Il se dessine une saisonnalité entre les flux de la saison S1 chaude (moyenne : 2,9 g) plus élevés que ceux de la saison S2 fraîche (moyenne 1,6g) La figure suivante le montre bien.

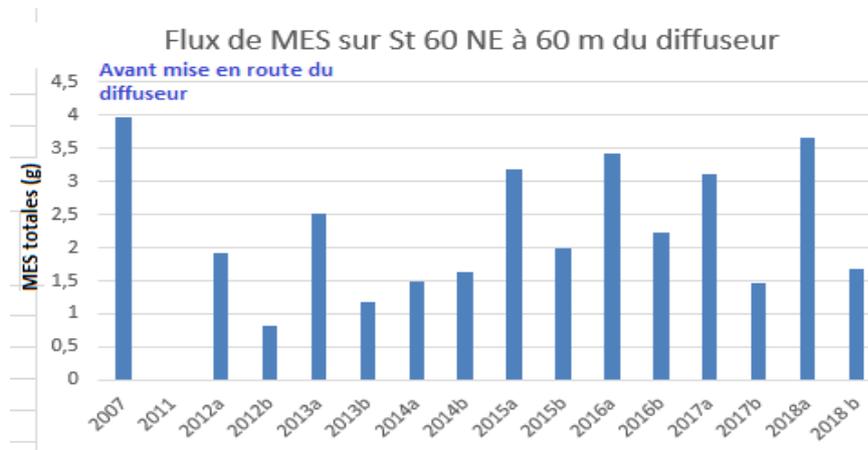
Tableau 21 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, masses en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

St60-NE							
Campagne	MES totaux (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)	Campagne	MES totaux (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)
Févr. - Mars 2007	3,95 \pm 5,02	ND	96 \pm 1	Janv. - Mars 2015	3,19 \pm 3,11	63 \pm 8	88 \pm 3
Juil. - Août 2011	ND	ND	ND	Juil. - Sept. 2015	1,98 \pm 1,84	61 \pm 6	91 \pm 6
Janv. - Mar 2012	1,92 \pm 1,77	60 \pm 18	80 \pm 3	Mai - Juil. 2016	3,42 \pm 2,03	49 \pm 6	76 \pm 9
Sept. - Oct. 2012	0,82 \pm 1,08	39 \pm 9	85 \pm 1	Oct. - Nov. 2016	2,23 \pm 3,52	28 \pm 13	91 \pm 7
Janv. - Mars 2013	2,51 \pm 2,71	49 \pm 14	77 \pm 1	Avr.- Mai 2017	3,11 \pm 2,84	61 \pm 5	91 \pm 2
Juil. - Août 2013	1,17 \pm 1,42	41 \pm 7	75 \pm 4	Sept. - Nov. 2017	1,46 \pm 1,27	59 \pm 4	86 \pm 2
Avr. - Juin 2014	1,49 \pm 1,01	74 \pm 8	83 \pm 2	Mars - Avr. 2018	3,66 \pm 3,62	62 \pm 6	77 \pm 1
Sept. - Oct. 2014	1,63 \pm 1,82	60 \pm 4	83 \pm 2	Mai - Juil. 2018	1,67 \pm 1,27	58 \pm 4	81 \pm 1

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Les causes envisagées sont un mixte de pluviométrie + un développement d'organismes (tests carbonatés) en fin de saison chaude dans le canal de la Havannah

Les pluies ne sont pas directement corrélées aux flux de MES sur cette station au centre du canal de la Havannah, contrairement aux stations en baie Kwé ou baie du Prony.

Figure 71 : Masses en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.


- Les saisons chaudes (a) présentent des flux de MES (principalement carbonatées) supérieurs aux saisons fraîches (b)
- **Les teneurs en carbonates** sont de l'ordre de 95% (dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) en St 60 NE), Mes MES sont quasi-exclusivement composés de minéraux d'origine marine, notamment l'aragonite et la calcite. Cela confirme bien le zonage des hydro-régions, **le centre du canal de la Havannah est très peu influencé par les apports terrigènes même au droit des baies de Port boisé et de la baie Kwé et même lors des fortes pluies.**

- Le soufre

Il est logique de se questionner sur une possibilité de MES de nature « gypse Ca SO_4 ». Entre les différentes campagnes conduites à St60-NE, les concentrations moyennes en S montrent peu de variations.

Depuis la campagne d'état de référence en 2007, les concentrations moyennes sont du même ordre de grandeur voire inférieure, comme cela est le cas pour cette campagne.

Figure 72 : Concentration en soufre mesuré sur la fraction fine des prélèvement des MES sur St06 NE

St60-NE			
Campagne	S (mg/kg ps)	Campagne	S (mg/kg ps)
Févr. - Mars 2007	ND	Janv. - Mars 2015	2 887 ± 74
Juil. - Août 2011	ND	Juil. - Sept. 2015	2 776 ± 168
Janv. - Mars 2012	2 903 ± 183	Mai - Juil. 2016	2 746 ± 83
Sept. - Oct. 2012	3 001 ± 131	Oct. - Nov. 2016	2639 ± 503
Janv. - Mars 2013	3 113 ± 284	Avr. - Mai 2017	2808 ± 118
Juil. - Août 2013	2 656 ± 556	Sept. - Nov. 2017	2 816 ± 238
Avr. - Juin 2014	3 812 ± 834	Mars - Avr. 2018	3 325 ± 357
Sept. - Oct. 2014	2 805 ± 161	Mai - Juil. 2018	2 236 ± 113

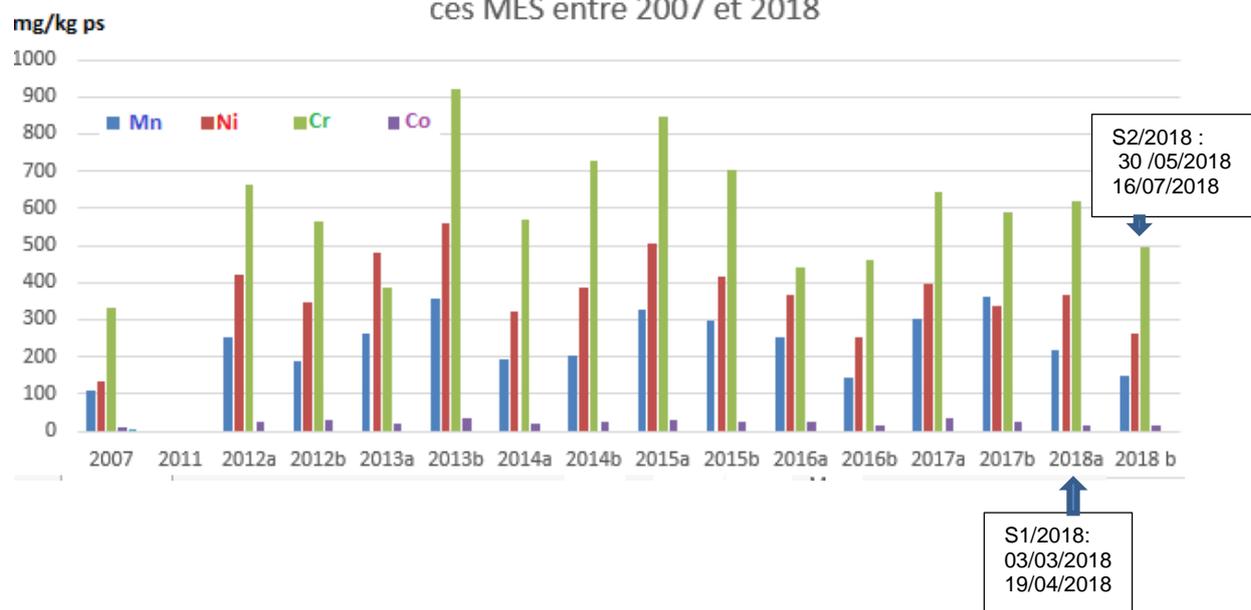
- **La fraction fine de MES récoltées est analysée**, le tableau suivant compile les données depuis 2007. Entre les différentes campagnes conduites à St60-NE, les concentrations moyennes des éléments varient peu, plus particulièrement pour le Ca qui est grandement majoritaire. Le Mn est stable.

Figure 73 : Compilation des données moyenne \pm écart-type des concentrations en métaux et calcium obtenues dans les fractions fines ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges à St60-NE.

St60-NE						
Campagne	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Févr. - Mars 2007	340 410 (n=1)	11,0 (n=1)	332 (n=1)	9 910 (n=1)	109 (n=1)	136 (n=1)
Juil. - Août 2011	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Janv. - Mar 2012	293 760 \pm 16 723	25,6 \pm 6,6	662 \pm 72	20 959 \pm 2 895	254 \pm 123	423 \pm 78
Sept. - Oct. 2012	345 918 \pm 19 677	29,0 \pm 5,0	566 \pm 23	18 347 \pm 1 641	189 \pm 49	345 \pm 68
Janv. - Mars 2013	306 914 \pm 5 219	21,3 \pm 2,6	834 \pm 58	26 131 \pm 2 022	262 \pm 25	478 \pm 39
Juil. - Août 2013	280 315 \pm 16 630	35,5 \pm 10,5	921 \pm 179	32 693 \pm 6 925	358 \pm 93	558 \pm 106
Avr. - Juin 2014	302 211 \pm 9 477	19,6 \pm 2,3	569 \pm 41	17 740 \pm 1 958	195 \pm 32	322 \pm 36
Sept. - Oct. 2014	313 173 \pm 7 856	24,8 \pm 3,8	725 \pm 101	25 695 \pm 4 668	204 \pm 30	386 \pm 64
Janv. - Mars 2015	325 637 \pm 9 166	31,6 \pm 6,5	848 \pm 174	28 754 \pm 5 415	329 \pm 61	506 \pm 95
Juil. - Sept. 2015	347 224 \pm 3 5214	25,6 \pm 3,8	702 \pm 63	22 628 \pm 2 287	298 \pm 38	416 \pm 41
Mai - Juil. 2016	279 965 \pm 3 4471	25,9 \pm 5,2	439 \pm 51	22 735 \pm 2 589	251 \pm 35	365 \pm 52
Oct. - Nov. 2016	342 228 \pm 27 452	17,1 \pm 1,5	461 \pm 33	17 288 \pm 1 125	143 \pm 16,3	252 \pm 17,2
Avr. - Mai 2017	349 128 \pm 7 429	33,2 \pm 5,87	643 \pm 58,9	19 309 \pm 2 487	302 \pm 76,9	397 \pm 32,1
Sept. - Nov. 2017	322 239 \pm 9 420	23,8 \pm 3,4	589 \pm 44	22 557 \pm 1 566	361 \pm 269	335 \pm 29
Mars - Avr. 2018	287 342 \pm 4 920	23,3 \pm 0,9	621 \pm 29	24 993 \pm 1 291	219 \pm 42	365 \pm 25
Mai - Juil. 2018	302 748 \pm 5 187	15,7 \pm 0,8	497 \pm 30	19 765 \pm 1 210	149 \pm 11	264 \pm 16

ND : valeur non déterminée.

Flux des MES totales captées à 60m au NE du diffuseur sur St60NE (48 jours de captages par saisons) et concentrations en métaux dans ces MES entre 2007 et 2018



Les deux campagnes 2018 de suivi des flux de MES et de concentration en métaux dans les MES captées, sur St 60NE, à 60 m du diffuseur, ne montrent pas de variations significatives même si le diffuseur est en partie obstrué depuis juin 2018. Il n'y pas de hausse du Mn mais une tendance baissière.



- Les flux calculés

La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de **$8,37 \pm 6,34 \text{ g/m}^2/\text{j}$** .

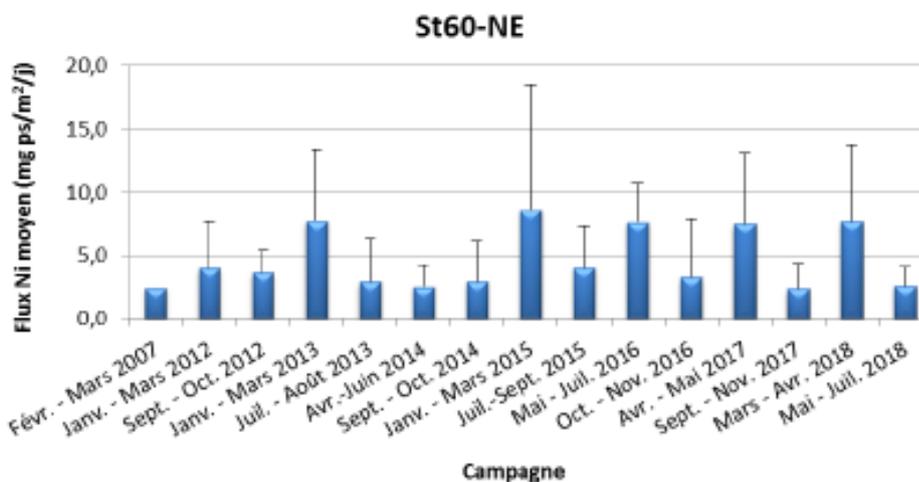
Les comparaisons montrent que les moyennes obtenues depuis 2012 demeurent toutes inférieures à celle enregistrée en 2007 qui était de $31,6 \text{ g/m}^2/\text{j}$

Figure 74 : Compilation des moyenne \pm écart-type des flux en matière particulaire et des cumuls de masses de MES totales piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE. (Champ proche du diffuseur).

St60-NE					
Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)	Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)
Févr. - Mars 2007	$31,6 \pm 40,1$	949	Janv. - Mars 2015	$16,0 \pm 15,6$	766
Juil. - Août 2011	ND	ND	Juil. - Sept. 2015	$9,88 \pm 9,20$	474
Janv. - Mar 2012	$9,61 \pm 8,87$	461	Mai - Juil. 2016	$17,1 \pm 10,2$	822
Sept. - Oct. 2012	$4,10 \pm 5,39$	197	Oct. - Nov. 2016	$11,1 \pm 17,6$	535
Janv. - Mars 2013	$12,6 \pm 13,6$	603	Avr. - Mai 2017	$15,5 \pm 14,2$	745
Juil. - Août 2013	$5,85 \pm 7,09$	281	Sept. - Nov. 2017	$7,28 \pm 6,36$	350
Avr. - Juin 2014	$7,43 \pm 5,05$	356	Mars - Avr. 2018	$18,3 \pm 18,1$	897
Sept. - Oct. 2014	$8,13 \pm 9,08$	390	Mai - Juil. 2018	$8,37 \pm 6,34$	402

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Figure 75 : Compilation des moyenne \pm écart-type des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE. (Champ proche du diffuseur)



Les saisons chaudes présentent des flux de MES supérieurs aux saisons fraîches et cette alternance saisonnière se ressent aussi sur les flux de MES et de Ni inclus.

Le second semestre 2018 présente une concentration en Ni dans les MES captées à 60 m du diffuseur sur St60NE très basse.

➤ Synthèse des résultats sur le suivi des flux

Rapports intégraux et données brutes en annexe de ce rapport, ainsi que la méthodologie détaillée.

Baie Kwé : Les particules terrigènes piégées à la station St06-KW1 proviennent d'une même formation géologique. Comme souvent observées, la quantité et la nature de matière piégée est majoritairement influencée par les variations de direction et vitesse du vent, entraînant des courants et du clapot, et occasionnellement, par l'intensité des précipitations.

Par ailleurs, la station subit des influences terrigènes et marines alternées. Globalement, entre 2007 (état de référence) et 2013, la diminution importante du ratio moyen Ca/Fe permet de constater une influence grandissante du terme source terrigène. Cette observation est étayée également par les valeurs moyennes des concentrations en métaux qui sont en augmentation **sauf pour cette campagne 2018 où les concentrations obtenues en Co, Cr, Fe, Mn et Ni ainsi que le ratio Ca/Fe sont, soit comparables aux moyennes enregistrées en 2007, soit les ont rapproché.**

Lors des forts épisodes pluvieux de caractères cycloniques, le flux en MEST augmente rapidement sur St06 (centre baie Kwé) ; il diminue ensuite rapidement, tel un pic pulsatile ; par contre lors des épisodes pluvieux modérés, le flux en MEST reste stable. (L'action des bassins de sédimentation est supposée).

Rade Nord en baie du Prony : Stabilité des flux. La relative stabilité des valeurs moyennes du ratio Ca/Fe depuis 2007 (état de référence), permet de constater que la forte influence terrigène continue de s'exercer à St15, conformément à son hydro- région de « fond de baie », même **pour cette campagne 2018 où les valeurs moyennes des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni sont bien inférieures à celles relevées en 2007.** Elles représentent, sans exception, les minimales enregistrées jusqu'au présent.

Canal de la Havannah proche du diffuseur : Sur St60-NE les MEST récoltées restent faibles par rapport au MES des baies.

Les concentrations en calcium et en soufre (Ca et S) sont stables, aucune trace d'enrichissement anormal n'est discernée sur St60-NE proche du diffuseur et dans son panache de rejet.

Les concentrations en S comme pour les métaux latéritiques sont en baisse pour cette campagne 2018, par rapport aux concentrations relevées des campagnes précédentes.

Les pics de MES enregistrés en baie Kwé (lors des fortes pluies) n'atteignent pas St60-NE.

3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16 et ST03)

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

- **La structure et la qualité de l'eau**: 4 fois/ an (*pH, concentrations en métaux dissous, hydrocarbures...*)
- **Les sédiments**: 1 fois/an.
- **Les écosystèmes** : 2 fois/an.

Figure 76: Position des stations suivies au port de Prony

ST03 station écosystémique (benthos, substrat et poissons) **St16** : station des suivis physico- chimie de l'eau et des sédiments

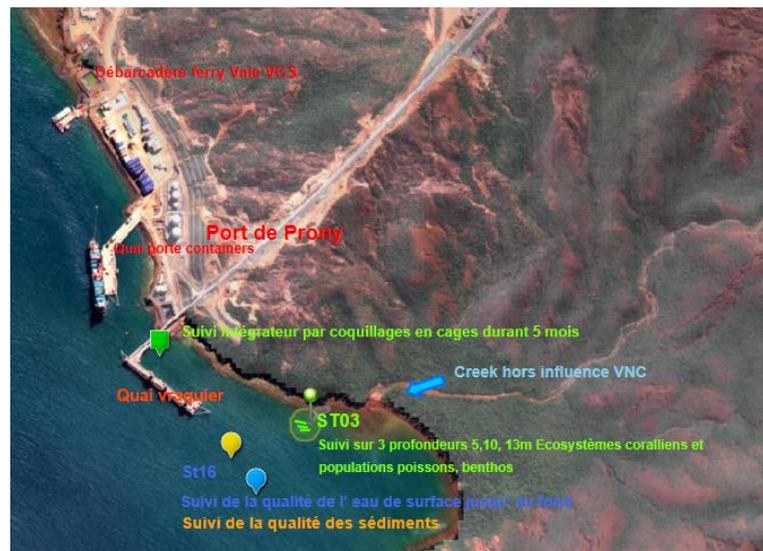
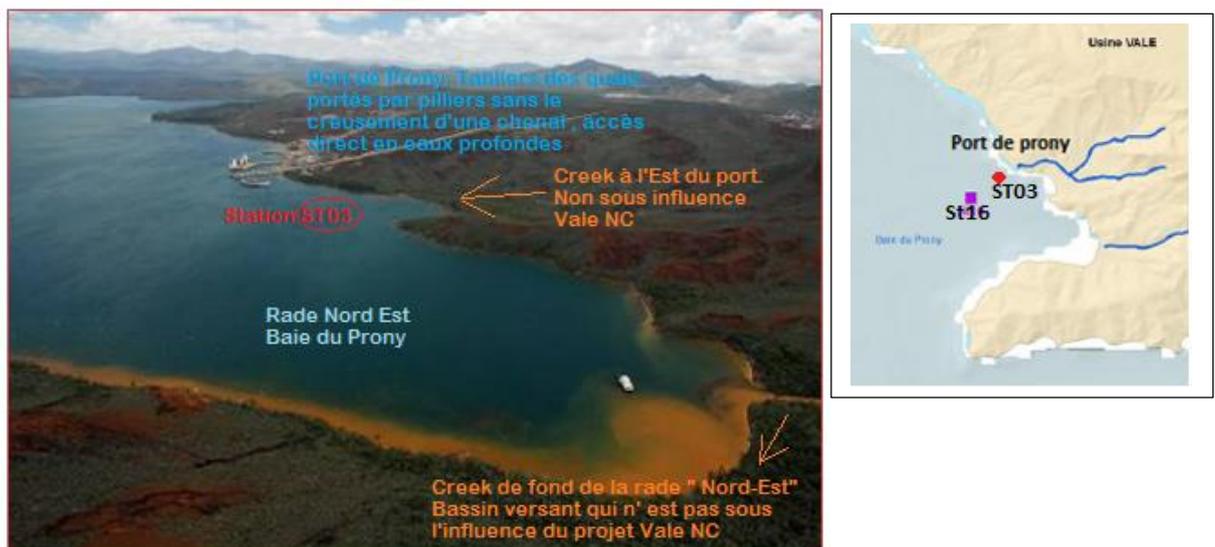


Figure 77 : Photographie du port de Prony après un épisode pluvieux Cstations ST03 et St15 et creek non permanent



► Rappel : Travaux de nettoyage et de récolte du calcaire/charbon/soufre à l'aplomb du quai vraquier (2015)

Le travail de nettoyage à l'aplomb du quai vraquier (tablier sur pilotis) a été achevé en 2015. Le suivi des opérations a permis de constater que les prélèvements des chutes par succion des blocs et gravas n'a pas causé impact, ni pendant les travaux de prélèvements, ni après.

Une nouvelle inspection a eu lieu en octobre 2017, les jauges implantées indiquent :

A l'aplomb du quai vraquier une accumulation irrégulière : 20 cm /27 mois. Soit : < 9 cm/an.

Figure 78 : Inspection des quais- Octobre 2017.



Photographie des fonds le 05/10/2017

Il est constaté :

- La faible présence de matériaux devant les piliers et au niveau des piquets de référence.
- Les nouvelles installations techniques et procédures de déchargement sont efficaces pour minimiser les chutes et les dépôts.
- Les dépôts sont localisés sur une étroite bande à l'aplomb de la zone de chute.
- La fréquence des contrôles ne doit pas être plus courte que tous les deux ou trois ans, afin d'obtenir des données significatives.

► Synthèse des suivis 2007 à 2017 au niveau du port de Prony (Stations : St16 et ST03)

3.2.6.1. L'écosystème corallien et populations associées -Station : ST03-Port de Prony

Les 3 transects de cette station indiquent les % suivants lors de la mission de suivi S2/2018 :

Figure 79 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat sur ST03 et ses 3 transects A,B et C

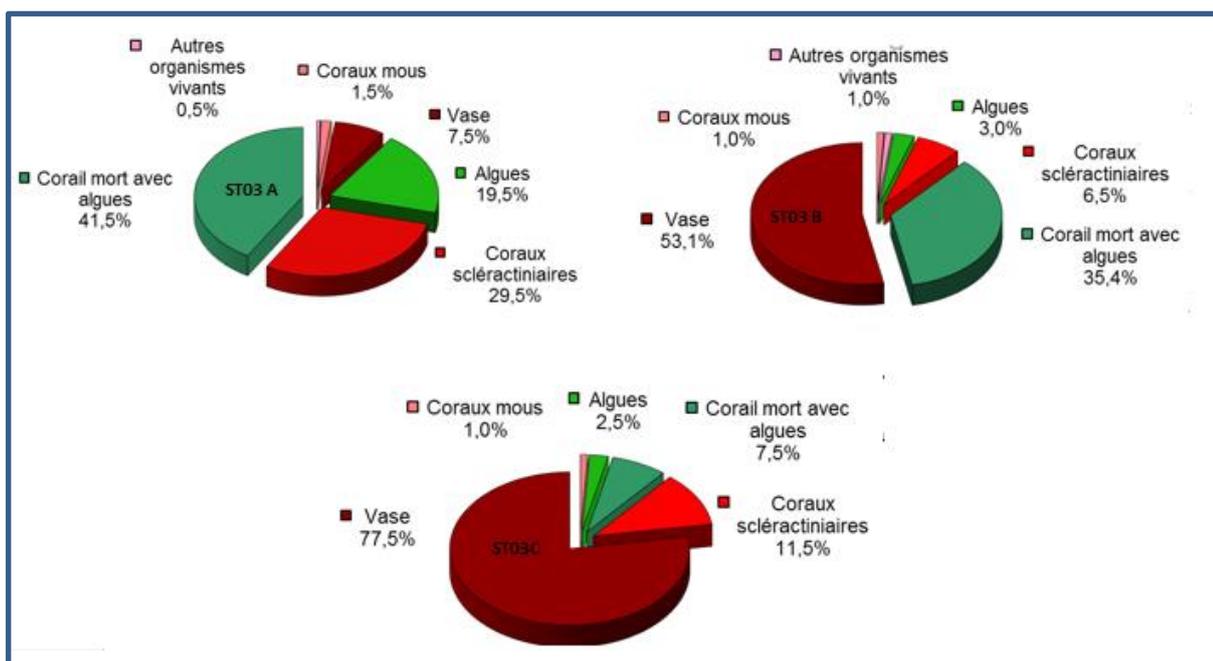
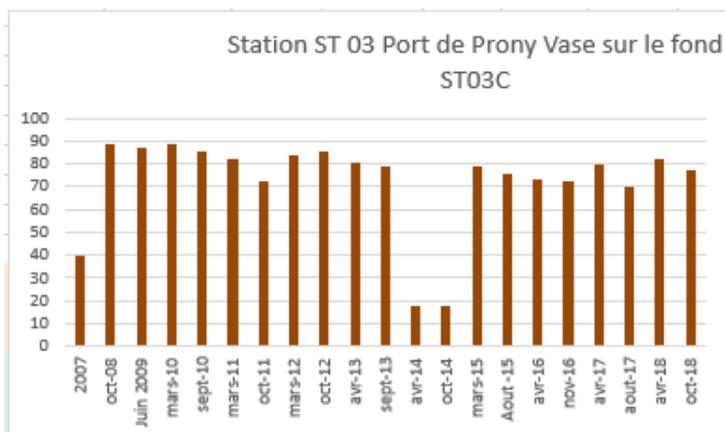


Figure 80 : Evolution temporaire du % de vase et des coraux sur le transect de fond (C) de la station ST03-Port de Prony depuis 2007



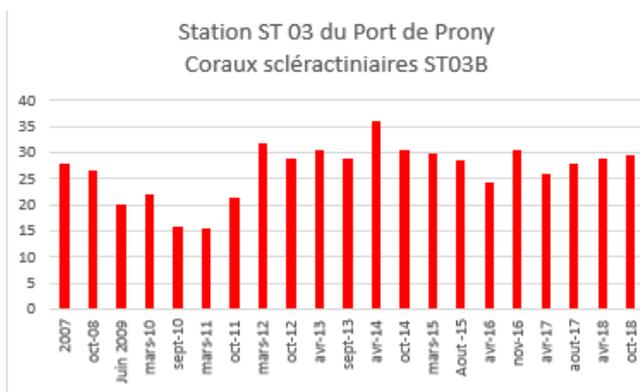
Il n'y a pas d'évolution de l'envasement au niveau de cette station de surveillance ST 03 du port de Prony.

Les fonds sédimentaires de toute la baie du Prony sont constitués de particules fines (cf. Etudes des états initiaux) et l'envasement est naturel, de plus la station ST03 est située en face le déboucher d'un petit creek temporaire.



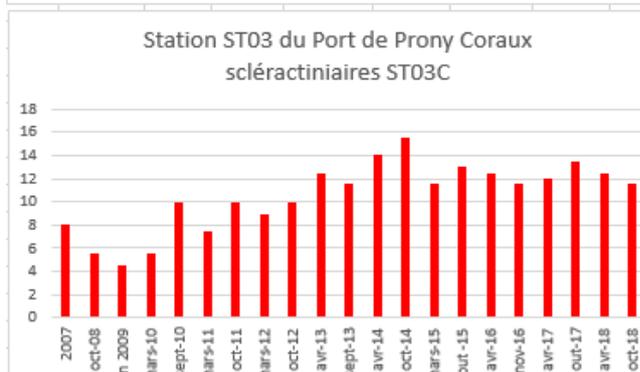
Au niveau de cette station ST 03 les coraux ne présentent ni dégradation ni évolution significative de leur représentativité depuis 2007, comme le montre la figure suivante.

Figure 81 : Evolution temporaire du % de coraux durs (scléractiniaires) et des coraux sur le transect de fond (C) et de mi profondeur (B) de la station ST03-Port de Prony depuis 2007



Une seule étoile de mer Acanthaster mais leur envahissement de la baie du Prony n'exclue pas leur arrivée sur ST03

Le corail est stable sur ST03



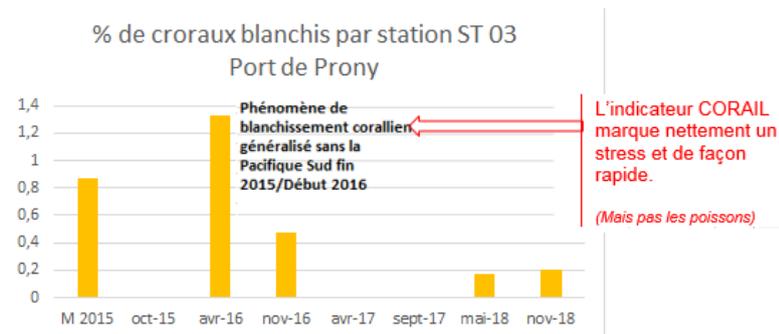
En octobre/novembre 2018, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

- 39 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 7 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Le blanchissement corallien indicateur d'un stress est faible

L'envahissement des étoiles de mer Acanthaster, (qui dévorent les polypes coralliens), qui a fortement affecté les coraux de la partie Ouest de la baie du Prony depuis fin 2016 n'a pas atteint la station ST03 du port de Prony, en novembre 2018 une seule étoile de mer a été observée.

Figure 82 : Blanchissement corallien au niveau de la stations ST03 (Port de Prony)



Au niveau des poissons sur cette station ST03 :

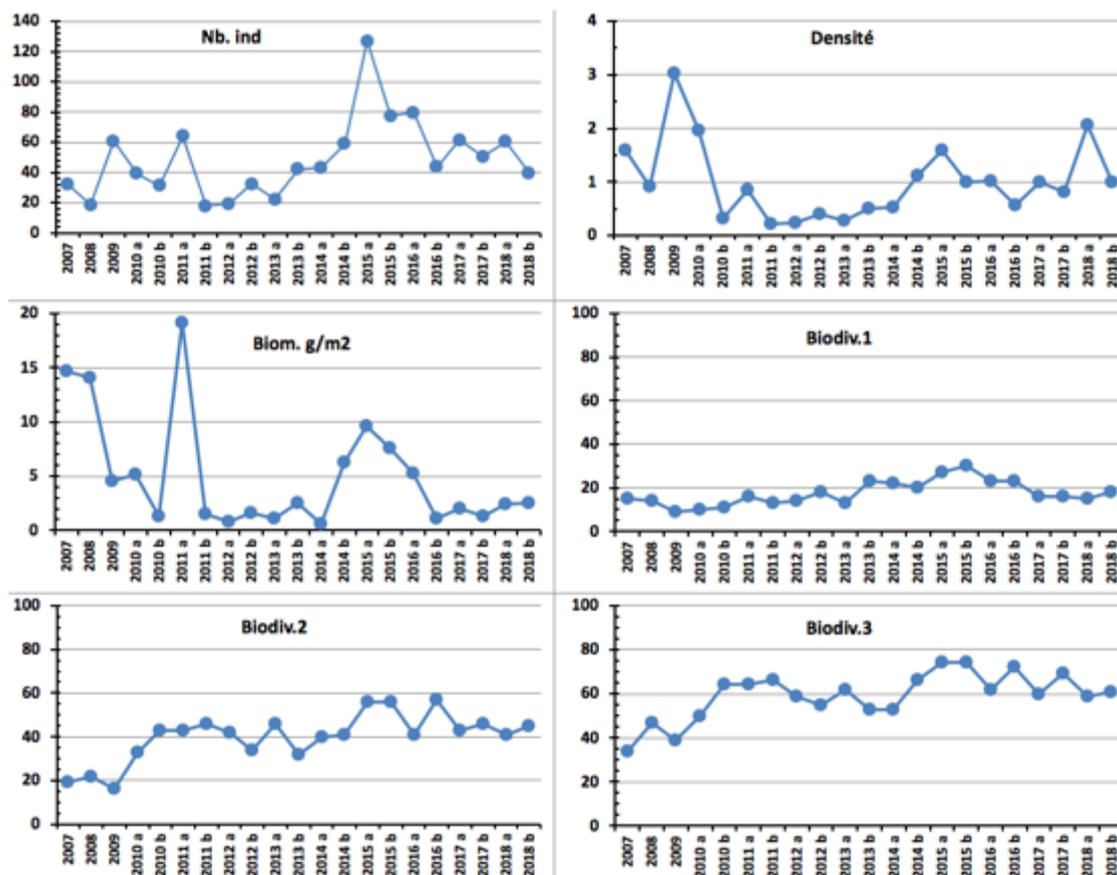
Sur l'ensemble des *transects* de la station, 110 individus appartenant à 18 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent **une densité de 0.99 poisson/m²** pour **une biomasse de 2.56 g/m²**. 61 espèces complémentaires (e.g. hors des *transects* et hors liste restreinte) ont été observées sur la station.

La totalité des poissons vus sur les *transects* sont des juvéniles.

Tableau 22 : Synthèse des suivis poissons sur ST03 (Port)

Port ST03		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2018 b	Transect A	49	1,23	1,08	9		
	Transect B	34	0,85	3,12	7		
	Transect C	36	0,90	3,46	10		
	Moy. ABC	39,67	0,99	2,56	18	45	61
2018 a	Moy. ABC	61,33	2,07	2,42	17	41	59
2017 b	Moy. ABC	50,33	0,82	1,33	16	46	69
2017 a	Moy. ABC	61,33	1,00	2,05	16	43	60
2016 b	Moy. ABC	43,67	0,57	1,06	23	57	72
2016 a	Moy. ABC	79,00	1,02	5,25	23	41	63
2015 b	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

- 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)

Figure 83 : Evolution des paramètres suivis pour l'étude des poissons, depuis 2007 sur la station ST03 (Port de Prony)

ANNEE 2018 ST03 (Port) :

- Pas d'impact par des étoiles de mer *Acanthaster planci* ;
- Peu de blanchissement corallien ;
- Adaptation des coraux à l'envasement de type « fond de baie » .Stabilité de leur couverture
- Stabilité du peuplement corallien
- Au niveau des poissons : Stabilité de peuplements de juvéniles

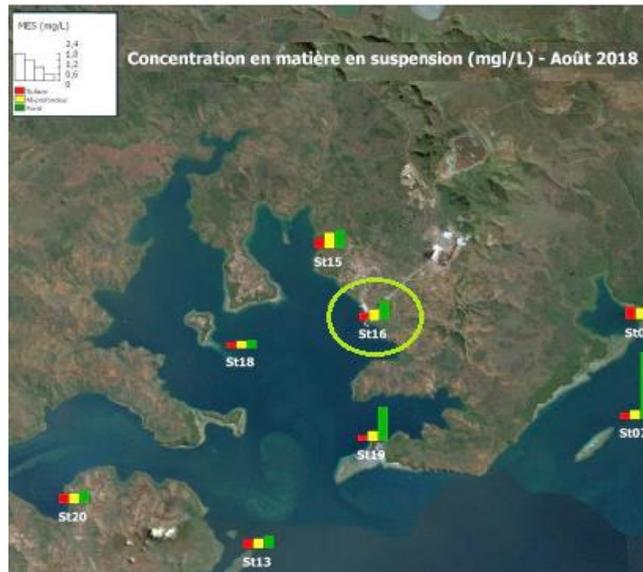
Cf. rapport intégral en annexe pour une description détaillée de cette station et l'ensemble des données.

3.2.6.2. La qualité de l'eau - Station : St16 (Port de Prony)

Suivis effectués en : Mars, Avril, Aout et Octobre 2018

- L'analyse des prélèvements de la station St16 n'a pas mis en évidence de concentrations en hydrocarbures totaux (HCT) supérieures à la limite de quantification (LQ = 0,09 mg/L)
- Les profils physiques (température, salinité, turbidité...) relevés lors des 4 missions trimestrielles par la sonde CTD ne montrent aucune anomalie. (*Cf rapport intégral en annexe*)
- Pas de matière en suspension anormales. (*Cf figure ci-dessous S2/2018*).

Figure 84 : Concentrations MES à 3 profondeurs sur la station St16 du port de Prony, comparaison avec des stations témoins qui ne sont pas sous pression (St18, St 19 et St03)

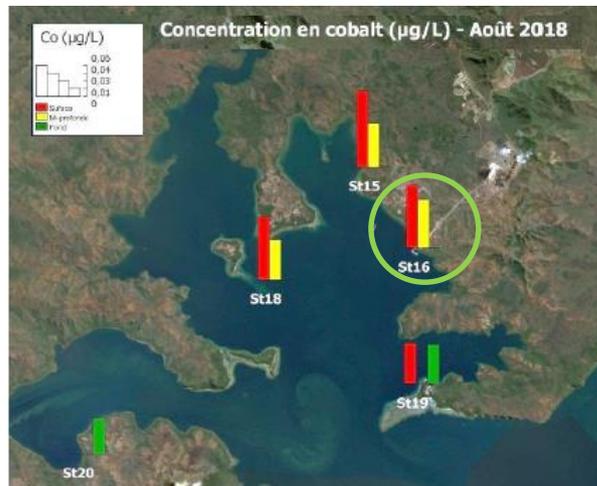


➤ **Comparaisons spatiales des concentrations en métaux dissous sur St16 par rapport aux autres stations de la baie du Prony**

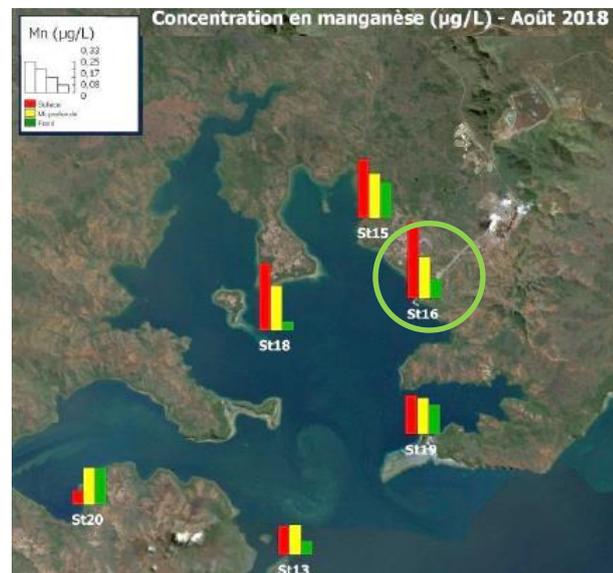
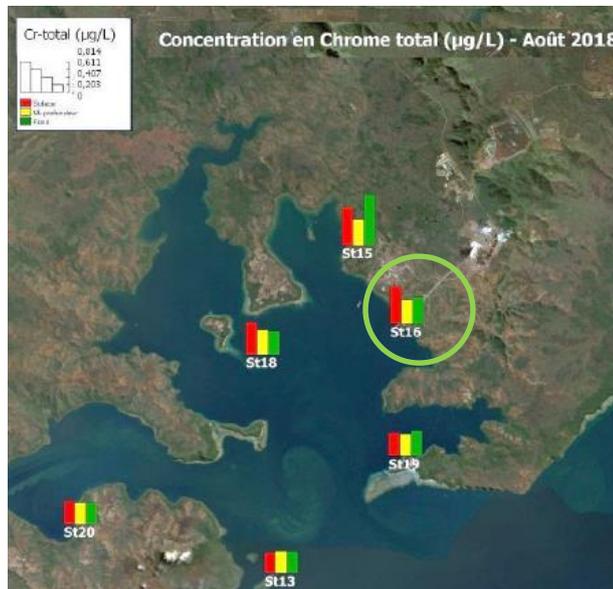
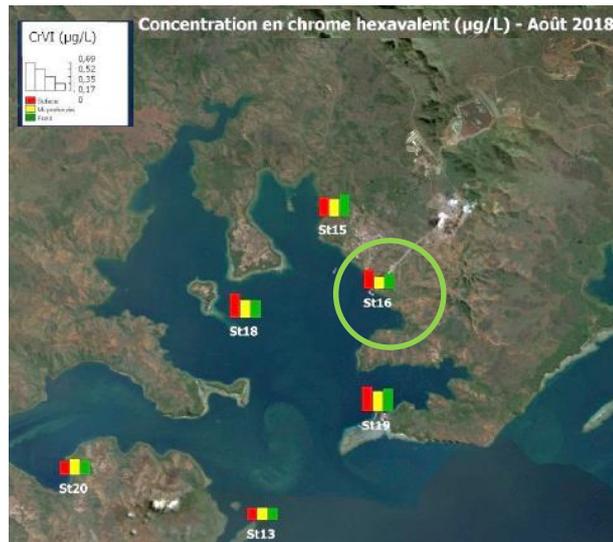
Comme le montrent les figures suivantes la qualité de l'eau sur la station St16 est bonne et comparable à celles des autres stations de la baie du Prony. Par comparaison avec les indications du guide CRNT 2011 sur le suivi du lagon, la qualité de l'eau sur St16 est bonne et ne présente pas une perturbation.



Figure 85 : Concentrations en métaux à 3 profondeurs sur la station St16 du port de Prony, comparaison avec des stations témoins qui ne sont pas sous pression portaire (St18, St 19 et St03)



: Concentrations en métaux à 3 profondeurs sur la station St16 du port de Prony, comparaison avec des stations témoins qui ne sont pas sous pression portuaire (St18, St 19 et St03)



Concentrations en métaux à 3 profondeurs sur la station St16 du port de Prony, comparaison avec des stations témoins qui ne sont pas sous pression (St18, St 19 et St03)

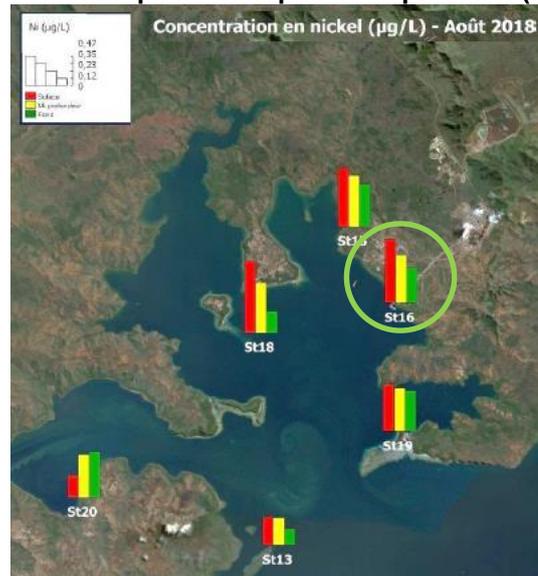
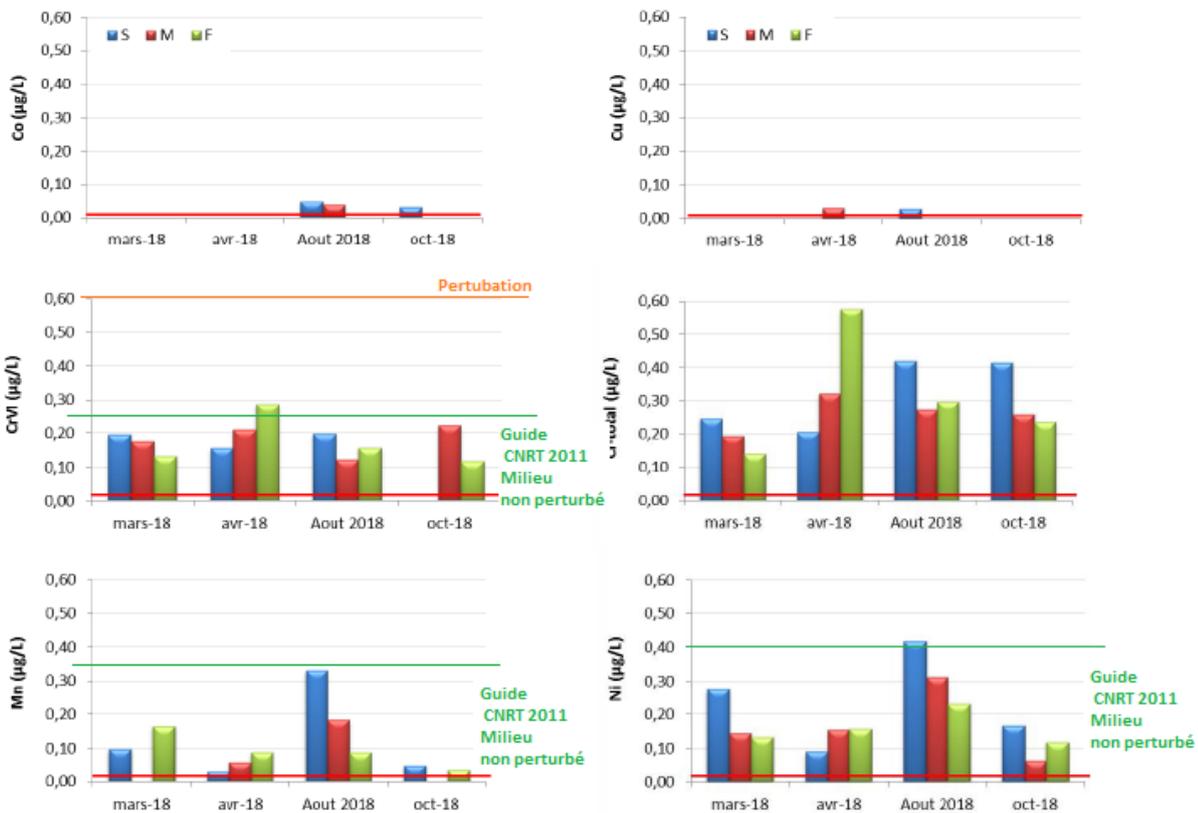


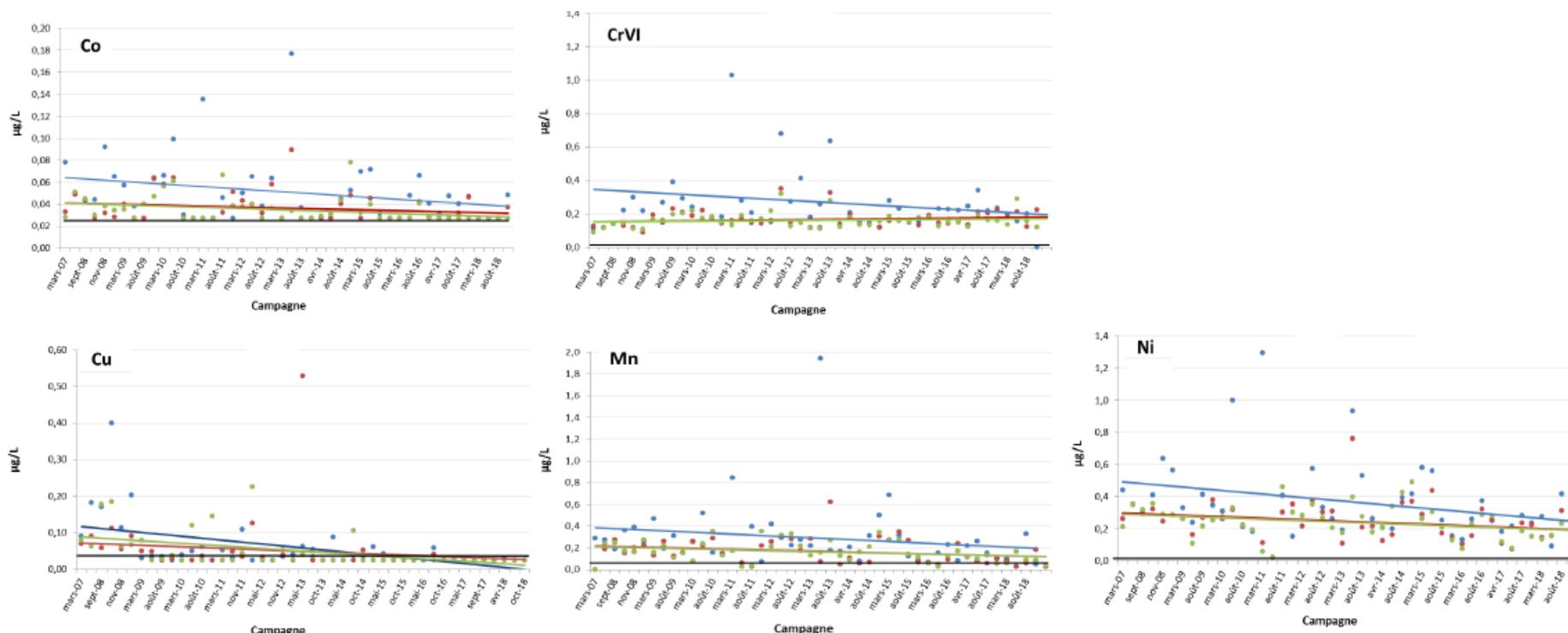
Figure 86 : Concentrations en métaux dissous (Co ; Cu ; Cr6+ ; Cr-total ; Mn et Ni) mesurées aux trois niveaux de profondeurs échantillonnés (S: surface ; M: mi-profondeur ; F: fond) lors des 4 campagnes (Les lignes rouges correspondent aux limites de quantification respectives de ces métaux : 0,027 ; 0,050 ; 0,050 ; 0,028 et 0,022 µg/L).



Les concentrations obtenues lors de cette campagne sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées lors des campagnes précédentes, et par conséquent, restent comprises dans le bruit de fond géochimique de ces métaux.

- **Evolution temporelle des concentrations en métaux sur la Station ST16 du port de Prony**

Figure 87 : ST 16 – Port de Prony- Concentrations de Co, Cr^{VI}, Cu, Mn et Ni dissous mesurées lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2018, accompagnées de leurs courbes de tendances respectives (surface en bleu ; mi-profondeur en rouge ; fond en vert). Limite de quantification en noir : Co=0,027µg/L, Cr(VI)=0,05µg/L, Cu=0,025µg/L, Mn=0,028µg/L et Ni=0,022µg/L.



Les droites de régression ne montrent aucune tendance avérée pour l'ensemble des éléments étudiés au fil des années, les concentrations en métaux dissous dans l'eau de mer sont stables sur la station St16. Les pics relevés sont sur la veine d'eau de surface et dépendent des fortes pluviométries naturelles qui altèrent les sols latéritiques et signent les eaux de mer côtières qui reçoivent des rivières pérennes.

3.2.6.3. Les sédiments- Station St 16- Port de Prony

Les fractions pélitiques (fines) des 4 horizons de la carotte sédimentaire St 16 sont composées principalement de Calcite et d'Aragonite représentant des apports marins. Des apports terrigènes d'origine latéritique (Goethite et Gibbsite) sont aussi retrouvés station sur l'ensemble de la carotte de façon assez homogène. Cela correspond à un profil typique d'une région dite « de fond de baie » sous influence terrigène, telle que la baie du Prony.

Remarque : Le suivi de la qualité des sédiments (triennal sur l'ensemble du réseau de 14 stations) a été effectué en 2018 et la station St 16 a été prélevée par benne « Van-Venne », comme toutes les autres. Les résultats sur la qualification des sédiments sont tout à fait cohérents entre : a)-le prélèvement par carottage (annuel) sur St16 résumé dans ce chapitre 3.2.6.3 (rapport dédié au port-annexe 5) et : b)-le prélèvement par benne des sédiments de surface (chapitre 3.2.8 / rapport sur la qualité des sédiments en annexe 6).

Tableau 23: Compilation des concentrations en métaux et calcium totaux (moyennes et écart-types) mesurées dans les fractions fines des 4 premiers horizons de la carotte sédimentaire pour les différentes campagnes à St16.

Campagne	Métaux totaux (mg/kg ps)							
	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
2010	207 208 ± 9 308	63,9 ± 6,30	2 038 ± 271	12,3 ± 0,3	33 270 ± 2 207	673 ± 36,5	773 ± 125	204 ± 0
2011*	222 483 ± 5 763	86,9 ± 0,06	2 817 ± 0	12,5 ± 1,1	82 220 ± 0	772 ± 0,06	1053 ± 0	207 ± 1
2012	206 651 ± 20 860	83,0 ± 13,7	2 328 ± 86	14,4 ± 0,4	73 892 ± 12 399	797 ± 87,5	1182 ± 218	209 ± 3
2013	100 446 ± 1 809	92,8 ± 2,58	3 234 ± 131	11,6 ± 0,1	75 988 ± 2 769	862 ± 39,0	1059 ± 37	205 ± 1
2014	205 293 ± 5 894	98,7 ± 1,53	3 288 ± 108	11,1 ± 0,1	77 996 ± 501	855 ± 38,0	1376 ± 22	204 ± 0
2015	173 808 ± 10 002	92,8 ± 2,19	2 786 ± 51	13,1 ± 1,1	98 526 ± 1 964	717 ± 32,0	1033 ± 123	215 ± 22
2016	236 224 ± 14 902	104 ± 2,23	3 213 ± 53	11,6 ± 0,1	76 617 ± 1 361	796 ± 32,8	1434 ± 47	206 ± 1
2017	205 426 ± 3554	102 ± 6	3 482 ± 420	13,1 ± 0,5	75 585 ± 5 483	1069 ± 23	1396 ± 101	231 ± 44
2018	179 968 ± 1 042	100 ± 17	3 693 ± 1 492	10,8 ± 0,0	112 645 ± 27 271	768 ± 111	1 424 ± 401	205 ± 0

* : pour la campagne de 2011, en raison de manque de matière, les concentrations des éléments n'ont pas pu être déterminées pour l'horizon 0-1 cm. Ainsi, les concentrations totales sont calculées sur les trois autres horizons (1-2, 2-3 et 3-4 cm).

Carottage annuel

Entre les différentes campagnes, à l'exception de Ca, Mn, Zn et Cu ; les autres éléments ont une évolution de tendance haussière depuis 2011, notamment le Co, Fe et Ni. Mais si l'on se réfère à l'état de référence de 2006 : Co: 85 mg/kg ps ; Cr : 4040 mg/kg ps ; Mn : 735 mg/kg ps et Ni 1262 mg/kg ps les concentrations sont stables

Cohérence entre les deux prélèvements de sédiments sur St16 et les deux séries d'analyses (suivi annuel du port et suivi triennal de la qualité des sédiments (Cf. tableau suivant)

Tableau 24 : Concentrations en Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées dans les fractions fines des sédiments de surface . Suivi triennal et prélèvements par benne Van-Venne .

Zone	Station	Concentrations en éléments totaux (mg/kg ps)							
		Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	Nord de la baie ST15	42410	238	12271	12,96	253875	1616	2828	215
	ST16	175246	87,82	2916	11,49	94628	635	1152	206
	ST18	194745	25,71	669	10,75	29299	260	266	205
	Sud de la baie ST19	237013	58,22	2221	10,75	62213	282	794	205

St 16 -Sédiments de l'horizon de surface : les **concentrations totales** en Co, Cr, Fe et Ni demeurent supérieures à celles enregistrées en 2010 pour l'état de référence sédimentaire de ce type de suivi. Les concentrations en métaux sur St 16 sont cohérentes avec celles des autres stations de la baie du Prony et son gradient d'influence terrigène qui va décroissant du Nord au Sud de la baie.

Si l'on se réfère aux suivis triennaux de la qualité des sédiments de surface (Cf. tableau suivant) depuis 2006, la station St 16 est très stable, à l'hétérogénéité naturelle près du fond.

Tableau 25 : Concentrations en Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées dans les fractions fines des sédiments de surface . Suivi triennal et prélèvements par benne .Evolution temporelle depuis 2006.

Station	Campagne	Concentrations totales (mg/kg ps)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
St16 Port de Prony	2006	ND	85	4040	112201	735	1262
	2009	ND	89	1593	52240	809	845
	2012	211837	95	3180	86582	840	1381
	2015	139265	93	3495	101015	958	1458
	2018	175236	88	2916	94628	635	1152

En ce qui concerne le ratio **Ca/Fe**, il montre des valeurs plus faibles pour la carotte 2018 en comparaison à celle de 2010; ce résultat suggère une tendance à l'accroissement des apports terrigènes par rapport à l'état de référence. Toutefois, ce ratio demeure comparable à celui obtenu en 2013 et 2015.

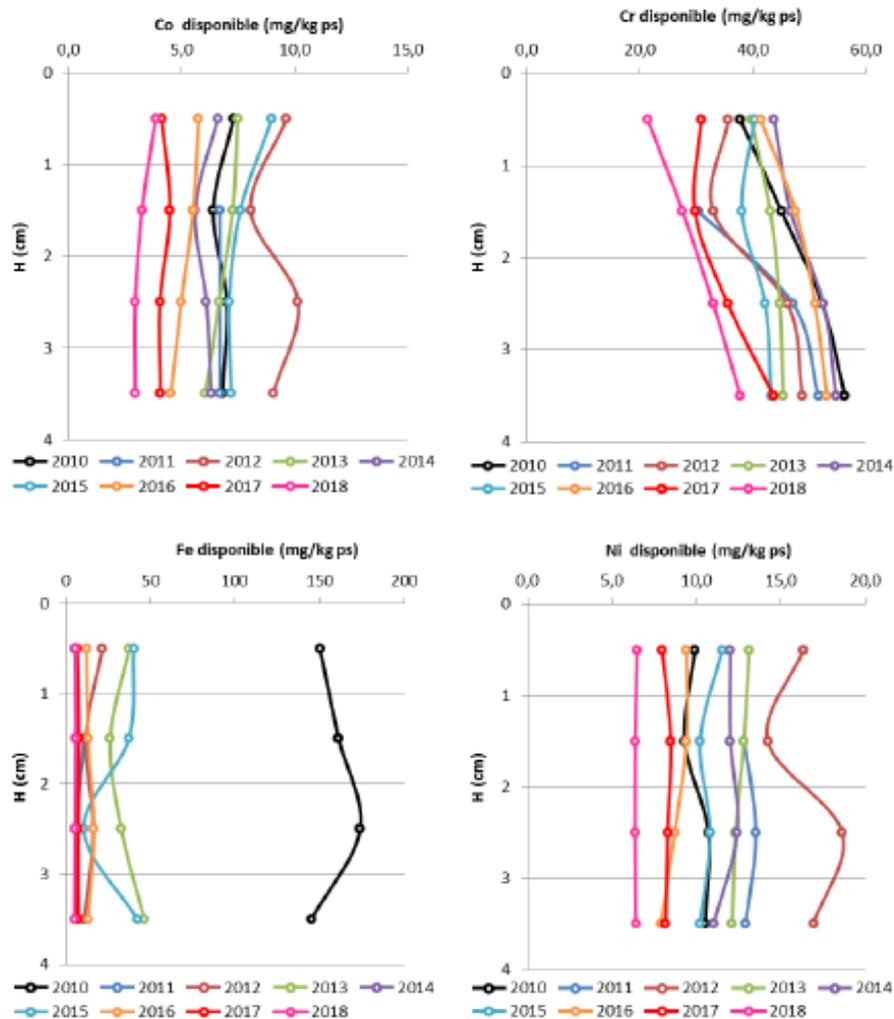
L'**extraction sélective séquentielle** permet de constater une fois de plus que les métaux latéritiques (Co, Cr, Fe et Ni) sont principalement contenus dans la phase résiduelle, très peu bio disponible ; tandis que le Mn se distribue entre les phases carbonatées et résiduelles. Par conséquent, le Mn serait plus facilement disponible aux organismes vivants que d'autres métaux.

Dans la fraction disponible aux organismes vivants (phase oxydable + acido-soluble) de Co, Cr, Fe, et Ni, les concentrations mesurées lors de cette campagne ont diminué par rapport à celles de 2010. Pour le Fe, cette baisse s'élève de l'ordre de 29 fois. Pour le Cr et notamment pour le Fe, ces mesures n'ont jamais excédé les seuils de référence respectifs. En revanche, celles de Co et Ni varient sensiblement autour de ceux-ci, avec un relativement fort dépassement enregistré en 2012. Depuis, les concentrations sont inférieures. Cette diminution progressive jusqu' à 2015 devient par la suite assez marquée. Les valeurs relevées pour cette campagne sont ainsi les plus basses enregistrées.

Les résultats intégraux et les données brutes sont en annexe de ce rapport dans le document consacré au port.

La figure suivante illustre ce fait

Figure 88 : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe et Ni disponibles mesurées dans les fractions pélitiques sur les 4 premiers horizons de la carotte sédimentaire pour les différentes campagnes à St16.



Les concentrations de S échangeable et lixiviable obtenues lors de cette campagne sont semblables à celles recueillies depuis 2011



Tableau 26 : Compilation des concentrations en S échangeable et lixiviable (moyennes et écart-types) obtenues dans les fractions fines des 4 premiers horizons de la carotte sédimentaire pour les différentes campagnes à St16

Campagne	Soufre (mg/kg ps)	
	Echangeable	Lixiviable
2011*	1 948 ± 416	1 574 ± 229
2012	1 725 ± 238	1 567 ± 295
2013	1 465 ± 112	1 332 ± 327
2014	1 746 ± 154	1 557 ± 262
2015	1 694 ± 131	1 567 ± 267
2016	2 135 ± 735	1 388 ± 812
2017	1 518 ± 113	1 443 ± 282
2018	1 801 ± 279	1 561 ± 274

* : pour la campagne de 2011, en raison de manque de matière, les concentrations du S n'ont pas pu être déterminées pour l'horizon 0-1 cm. Ainsi, la moyenne est calculée sur les trois autres horizons (1-2, 2-3 et 3-4 cm).

3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (triennal)

La dernière campagne de terrain a été réalisée en mai 2017 sur les 4 stations: St06 en baie Kwé ; St 16 au port ; St 15 en face le creek de la Baie Nord et St 13-3 au 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.

Les résultats ont été présentés dans le rapport annuel S2-2017. **Prochaine mission en 2020.**



3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments (triennal)

Les dernières campagnes d'analyses de la qualité des sédiments sur les 14 stations dédiées ont eu lieu en 2009, 2012 et 2015, ce suivi est triennal (sauf au port où il est annuel).

Les résultats synthétiques du bilan annuel 2018 sont présentés dans ce chapitre, le rapport intégral et les données brutes sont en annexe de ce rapport.

Prélèvements effectués en mars et avril 2018 par benne de surface.

3.2.8.1. Granulométrie des sédiments

Les conditions hydrodynamiques puissantes ne permettent pas la déposition de *pélites* (fraction fine), comme au centre du canal de la Havannah et en accord avec les études des états initiaux et les études de la typologie des fonds marins (IRD 2006/2009)

Dans les baies et notamment en baie du Prony, la fraction fine est majoritaire voire dépasse les 80 % sur un fond vaseux.

- Etat stable depuis 2006 en cohérence avec le zonage des hydro-régions et les modélisations des courants (Atlas IRD 2006/2009)
- Sur St09 proche du diffuseur : quasi absence de dépôt de *pélites* (de « fines »)
- Sur St06 en baie Kwé : pas d'augmentation du % de « fines » sur la station située dans le chenal d'entrée

Tableau 27 : Compilation des pourcentages de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) obtenus (moyennes et écart-types) lors des différentes campagnes du suivi de sédiments de surface.

Zone	Station	Fraction fine péltique		% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$			
		2006	2009	2012	2015	2018	
Baie du Prony	Creek Baie Nord St15	72,3	98,0	83,4	82,3	89,3	
	Port du Prony St16	56,2	97,8	78,5	80,2	96,3	
	St18	9,0	ND	2,6	0,3	7,8	
	Phare St19	SI	79,3	50,1	76,0	78,6	
Canal de la Havannah	St02	1,2	9,8	0,2	0,7	15,4	
	St03	0,6	70,6	34,6	59,7	54,6	
	St05	5,7	ND	ND	ND	ND	
	St06	48,6	39,0	16,9	52,5	37,7	
	St07	26,5	65,3	38,0	26,8	57,6	
	St09	2,7	13,6	ND	0,1	ND	
Ile Ouen	St14	0,1	27,0	23,0	24,5	22,6	
	St21	SI	SI	5,9	19,7	4,5	
	St13	47,9	58,1	36,3	41,7	49,5	
	St20	SI	41,3	30,5	43,0	46,5	

ND = valeur non déterminé ; SI = Station inexistante

Gradient vers la sortie sud de la baie du Prony

Baie de Port Boisé
Baie Kwé
Forts courants de fond près du diffuseur Quasi absence de *pélites*

3.2.8.2. Composition minéralogique des sédiments fins

- Calcite, Calcite magnésienne, Aragonite et d'Halite, ont une origine marine/
- Goethite, Gibbsite et Kandites ont une origine terrigène

Tableau 28 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des sédiments de surface.2018.

Zone	Station	% Calcite	% Calcite Mg	% Aragonite	% Halite	% Goethite	% Autres*
Baie du Prony	Creek baie Nord St15	5	7	2	0	54	32
	Port de Prony St16	24	26	8	1	23	19
	St18	22	52	12	7	4	3
	St19	25	35	12	0	21	6
Port boisé	Témoins de St06 St03	17	54	25	4	1	0
	Témoins de St09 St05	20	49	17	2	8	4
	Baie Kwé St06	15	39	15	0	25	5
Canal de la Havannah	St07	26	46	17	3	2	5
	Proche diffuseur St09	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	St14	16	50	23	2	4	5
	St21	23	49	18	9	1	0
Ile Ouen	St13	28	49	20	0	1	2
	St20	21	24	10	1	22	23

* : minéraux argileux, groupe des Kandites, Serpentine, Chlorite, Muscovite, Talc, alpha Quartz, Alpha quartz, groupe des Amphibole calcique et sodique, group des Plagioclase calcique et sodique, Feldspath et/ou Rutile et Gibbsite ; ND : valeur non déterminée.

En baie Kwé (St06) la fraction de Goethite d'origine terrigène (25%) reste minoritaire par rapport à la fraction de sédiments d'origine marine qui sont dus aux platiers coralliens (69%), de même en baie de Port Boisé (St03)



L'influence marine est minimale au nord de la baie du Prony, comme toujours depuis les états initiaux, avec 54% de Goethite. Cela correspond à la géochimie naturelle du fond (Nord) de la baie du Prony.

3.2.8.3. Composition chimique des sédiments de surface et leur évolution temporelle

Le manque de matières fines récoltées sur le fond n'a pas permis l'analyse élémentaire pour les stations St09 et St05, elle est insuffisante pour St02 et St21 ; ces stations ne sont pas donc considérées lors des interprétations suivantes

Cu et Zn : les concentrations obtenues sont très faibles parfois sous les limites de quantification respectives.

La matrice de corrélation inter-éléments montre la similarité d'évolution des concentrations massiques pour Co, Cr, Fe, Ni et Ni ($R^2 > 0,8300$), il s'agit du cortège latéritique. Et une corrélation significative mais négative entre le **Ca**. Etant donné que Ca est un marqueur de l'influence marine et que Fe est un marqueur d'origine latéritique, le calcul des ratios Ca/Fe renseigne sur l'importance des deux influences respectives, il est suivi en temps qu'indicateur.

3 groupes d'influence sont observés :

- terrigené quasi-exclusive avec un ratio Ca/Fe < 1 ; cas de la station St15 en fond de la baie du Prony (Creek Baie Nord) ;
- marine prédominante mais sous une influence terrigène avec un ratio compris entre 1 et 5 ; cas des stations St06 (Baie Kwé), St16 (Port de Prony), St19 et St20 ; et St03 (Baie de port Boisé)
- marine quasi-exclusive avec un ratio Ca/Fe > 5 ; cas des stations du centre du canal de la Havannah St02, St07, St13 et St14.

Cela confirme la différenciation d'hydro régions bien différentes entre elles.

Tableau 29 : Concentrations TOTALES en Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées dans les fractions fines (pélitique) des sédiments de surface - 2018.

Zone	Station	Concentrations en éléments totaux (mg/kg ps)							
		Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	ST15	42410	238	12271	12,96	253875	1616	2828	215
	ST16	175246	87,82	2916	11,49	94628	635	1152	206
	ST18	194745	25,71	669	10,75	29299	260	266	205
	ST19	237013	58,22	2221	10,75	62213	282	794	205
Canal de la Havannah	ST02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ST03	259862	25,57	747	10,75	27220	211	305	205
	ST05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ST06	222497	92,05	2977	10,76	83048	399	1118	206
	ST07	275090	15,68	532	10,81	19758	107	221	204
	ST09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ST14	217594	14,39	839	10,75	17828	119	157	204
Ile Ouen	ST21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ST13	270275	24,43	852	10,75	26574	167	341	204
	ST20	172997	134	4945	10,75	111193	692	1592	205

ND : valeur non déterminée. Manque de sédiments fins sur un fond soumis à un fort hydrodynamisme

Au niveau du port de Prony (St16) les résultats obtenus par cette mission de prélèvements triennaux, par benne, sont cohérents avec le suivi annuel du port effectué par carottage.

Tableau 30 : Evolution des ratios Ca/Fe mesurés dans les fractions pélitiques lors des différentes campagnes du suivi géochimique des sédiments de surface.

Zone	Station	ratio Ca/Fe		
		2012	2015	2018
Rade nord de Prony (creek baie Nord)	St15	0,208	0,113	0,167
Baie du Prony	Port St16	2,45	1,38	1,85
	St18	6,13	0,92	6,65
	St19	4,93	3,62	3,81
	St02	27	21	ND
Canal de la Havannah	Port boisé St03	2,77	4,93	9,55
	St05	ND	ND	ND
	Baie Kwé St06	2,94	1,64	2,68
	St07	11,6	11,7	13,9
	St09	ND	ND	ND
Ile Ouen	St14	12,6	12,1	12,2
	St21	370 (!)	19	ND
	St13	12,6	8,9	10,2
	St20	1,92	1,84	1,84

ND : valeur non déterminée. Pas de sédiments fins

Si le ratio Ca/ Fe diminue de façon significative, alors l'influence terrigène augmente. Il n'y pas de variations au niveau des stations sentinelles St16-Port, St15 -Creek baie Nord et St06-Baie Kwé

L'analyse temporelle montre au niveau des métaux dans les sédiments fins que les concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni analysées pour cette dernière campagne demeurent comparables, voire plus basses que celles mesurées en 2006 (St06) et en 2009 (St03)

Sur la station St06 en baie Kwé, le suivi 2018 des métaux dans les sédiments fins montre des concentrations stables ou en baisse avec : Cr ; Mn ; Ni... (Cf. figure suivante)

Tableau 31 : Evolution des concentrations totales en Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées dans les fractions péloïtiques des stations sentinelles lors des différentes campagnes du suivi géochimique des sédiments de surface ; BAIE KWE et BAIE PORT BOISE

Station	Campagne	Concentrations totales (mg/kg ps)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Baie de Port boisé St03	2006	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2009	ND	70	1035	30320	485	551
	2012	243045	88	3012	87739	696	1654
	2015	283969	66	2250	57561	435	1013
	2018	259862	26	747	27220	211	305
Baie Kwé St06	2006	ND	67	3326	112500	658	1116
	2009	ND	79	1891	60066	666	1043
	2012	251858	87	2928	85756	677	1604
	2015	225917	115	5510	137848	817	2371
	2018	222497	92	2977	83048	399	1118

Tendance
baissière →

Tendance
stable ou
baissière →



Les stations en baie du Prony sous influence VNC (St15 et St16 au port) montrent une grande stabilité au niveau des métaux dans les sédiments fins.

Tableau 32 : Evolution des concentrations totales en Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni mesurées dans les fractions péloïtiques des stations sentinelles lors des différentes campagnes du suivi géochimique des sédiments de surface ; BAIE DU PRONY

Station	Campagne	Concentrations totales (mg/kg ps)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Rade Nord (Fond Nord de la baie du Prony -Est Creek abaie Nord) St15	2006	ND	274	16575	381539	2485	4107
	2009	ND	257	9060	229639	2645	3010
	2012	52668	274	13227	252688	2083	3740
	2015	36001	321	14543	319172	2616	4158
	2018	42410	238	12271	253875	1616	2828
St16 Port de Prony	2006	ND	85	4040	112201	735	1262
	2009	ND	89	1593	52240	809	845
	2012	211837	95	3180	86582	840	1381
	2015	139265	93	3495	101015	958	1458
	2018	175236	88	2916	94628	635	1152
St18 Casy	2006	ND	33	1662	43609	325	569
	2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2012	271423	49	1584	44285	449	735
	2015	205385	154	6162	222129	2120	3776
	2018	194745	26	669	29299	260	266

Stabilité

3.2.8.4. Extraction sélective de phases dans les sédiments fins totaux

Compte tenu de la précision demandée en termes d'impact des activités minières dans le milieu marin, l'analyse de la concentration totale des métaux contenus dans les sédiments ne fournit qu'une information globale. En effet, cette dernière ne reflète pas une évaluation potentielle des niveaux de disponibilité de ces éléments chimiques attribuables aux apports industriels. L'analyse des différentes phases géochimiques qui composent le sédiment est préférable.

- Les métaux associés aux deux premières phases géochimiques (oxydable et acido-soluble) fournissent une évaluation des fractions les plus facilement disponibles pour les organismes vivants.
- Les deux dernières phases (réductible et résiduelle) représentent des fractions dans lesquelles les métaux sont de moins en moins disponibles et peuvent être assimilés à des signatures géochimiques d'apports terrigènes.

Synthèse :

- Cr, Fe et Ni sont présents quasi-exclusivement dans la phase résiduelle (matrice latéritique), quelle que soit la station et la zone d'étude, ils sont donc peu bio disponibles.
- les faibles teneurs dans les formes oxydables (matière organique) et acido-solubles (carbonates) renseignent sur les quantités bio-disponibles pour ces métaux. En effet, toutes stations confondues, la fraction de métal la plus labile/disponible (oxydable + acido-soluble) ne représente, par rapport aux concentrations totales, qu'environ 4 % du Co total et 1 % du Cr total ; pour Fe et Ni le pourcentage est inférieur à l'unité. A l'inverse, les proportions augmentent significativement pour Mn (environ 22 % du total), cet élément serait potentiellement ainsi le plus disponible pour les organismes vivants.

Tableau 33 : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni associées aux différentes fractions géochimiques (oxydable, acido-soluble, réductible, résiduelle, totale et labile) mesurées dans les fractions pélagiques de la station sentinelle St06 en BAIE KWE lors des différentes campagnes du suivi des sédiments de surface.

		St06					
Elements	Campagne	Fraction (mg/kg ps)*					Disponible
		Oxydable	Acido-soluble	Réductible	Résiduelle	Totale	
Co	2006	8,42	0,872	1,52	56,1	66,87	9,29
	2009	11,8	18,3	13,5	35,6	79,20	30,1
	2012	1,13	6,94	6,50	72,3	86,85	8,07
	2015	0,605	3,24	23,0	88,5	115	3,85
	2018	1,80	0,250	7,80	82,0	91,85	2,05
Cr	2006	24,8	5,09	4,95	3291	3326	29,9
	2009	69,7	24,0	16,8	1780	1891	93,7
	2012	54,2	15,7	8,45	2850	2928	69,9
	2015	81,0	4,79	51,6	5373	5510	85,8
	2018	50,0	0,500	8,00	2918	2977	50,5
Fe	2006	19,2	76,9	273	112131	112500	96,1
	2009	2,50	328	407	59328	60066	331
	2012	2,50	32,6	405	85316	85756	35,1
	2015	2,50	10,1	1432	136403	137848	12,6
	2018	2,50	2,50	509	82534	83048	5,00
Mn	2006	38,9	242	35,3	341	658	281
	2009	34,3	195	65,8	371	666	229
	2012	1,05	250	35,6	391	677	251
	2015	7,88	171	84,1	554	817	179
	2018	1,00	0,250	49,0	348	398	1,25
Ni	2006	16,9	9,57	14,6	1075	1116	26,5
	2009	10,6	5,50	22,9	1004	1043	16,1
	2012	0,655	20,2	12,8	1570	1604	20,8
	2015	1,70	10,8	54,3	2304	2371	12,5
	2018	0,800	0,500	17,1	1100	1118	1,30

* pour faciliter la lecture des tendances, les concentrations non quantifiables (surlignées en rouge) sont majorées à la limite de la quantification.

 Tendence
baisse

Tableau 34 : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni associées aux différentes fractions géochimiques mesurées dans les fractions pélitiques de la station sentinelle St15 (CREEK BAIE NORD) lors des différentes campagnes du suivi des sédiments de surface.

		St15					
Elements	Campagne	Fraction (mg/kg ps)					Disponible
		Oxydable	Acido-soluble	Réductible	Résiduelle	Totale	
Co	2006	2,08	25,2	53,5	194	274	27,3
	2009	6,00	39,6	74,1	137	257	45,6
	2012	0,250	19,0	39,0	216	274	19,2
	2015	0,406	9,40	129	182	321	9,80
	2018	0,300	9,60	50,7	177	238	9,90
Cr	2006	1,71	12,45	25,4	16535	16575	14,2
	2009	70,2	40,5	59,5	8890	9040	111
	2012	44,7	29,5	40,1	13113	13227	74,1
	2015	58,3	9,48	237	14238	14543	67,8
	2018	43,0	12,0	41,0	12174	12270	35,0
Fe	2006	47,5	6,08	662	380823	381539	53,6
	2009	2,50	37,6	867	228732	229639	40,1
	2012	2,50	5,20	393	252287	252688	7,70
	2015	2,50	2,50	2159	317008	319172	5,00
	2018	2,50	3,00	887	252983	253876	5,50
Mn	2006	156	720	327	1282	2485	876
	2009	80,1	549	517	1499	2645	629
	2012	4,64	543	328	1207	2083	544
	2015	15,8	397	928	1276	2616	413
	2018	9,00	260	360	987	1615	269
Ni	2006	12,6	41,5	44,2	4009	4107	54,2
	2009	8,57	12,3	95,7	2893	3010	20,9
	2012	0,500	41,2	45,8	3653	3740	41,7
	2015	1,09	13,9	183	3960	4158	15,0
	2018	0,700	19,4	68,6	2739	2828	20,1

Tendance
baisse

* pour faciliter la lecture des tendances, les concentrations non quantifiables (surlignées en rouge) sont majorées à la limite de la quantification.

Tableau 35 : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni associées aux différentes fractions géochimiques mesurées dans les fractions pélitiques de la station sentinelle du PORT DE PRONY St16 lors des différentes campagnes du suivi des sédiments de surface.

		St16					
Elements	Campagne	Fraction (mg/kg ps)					Disponible
		Oxydable	Acido-soluble	Réductible	Résiduelle	Totale	
Co	2006	1,48	4,78	15,3	63,2	84,8	6,26
	2009	10,8	20,8	22,7	34,8	89,1	31,6
	2012	0,332	8,71	11,9	73,8	94,8	9,04
	2015	0,323	3,51	25,9	63,4	93,1	3,83
	2018	0,300	3,00	17,3	67,0	88,1	3,30
Cr	2006	3,49	2,23	21,0	4013	4040	5,72
	2009	42,9	18,3	21,2	1511	1593	61,2
	2012	33,9	14,1	9,3	3123	3180	48,0
	2015	36,0	2,50	38,4	3419	3495	38,5
	2018	30,4	4,00	13,0	2868	2915	34,0
Fe	2006	29,3	3,82	1266	110902	112201	33,1
	2009	2,50	49,0	72	51396	5240	51,5
	2012	2,50	12,9	428	86129	86582	3,4
	2015	2,50	2,50	1581	99429	101015	5,00
	2018	2,50	3,00	831	93791	94628	5,50
Mn	2006	103	324	60,1	247	735	427
	2009	30,6	382	90,6	286	809	433
	2012	3,10	410	70,1	356	840	413
	2015	27,6	430	151	350	958	458
	2018	4,00	204	111	316	635	208
Ni	2006	13,3	10,1	28,5	1210	1262	23,4
	2009	8,03	5,19	30,3	801	845	13,2
	2012	0,500	16,5	14,2	1350	1381	17,0
	2015	0,870	8,90	33,3	1415	1458	9,77
	2018	0,600	6,00	24,0	1122	1153	6,60

* pour faciliter la lecture des tendances, les concentrations non quantifiables (surlignées en rouge) sont majorées à la limite de la quantification.

3.2.8.5. Conclusion sur la qualité des sédiments marins

Pour cette campagne une stabilité des teneurs en Co, Cr, Fe, Mn et Ni total est constatée dans les sédiments pélitiques du fond marin, pas d'enrichissement ni en St15 (Creek Baie Nord), ni pour les autres stations sentinelles (St 16-Port du Prony ; St06-Baie Kwé) du réseau.



3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents

Il n'y a pas eu d'incident environnemental ni de pollution portant atteinte au milieu marin.

Il est observée (lors des inspections mensuelles par plongeurs sous-marins) que le diffuseur sous-marin de l'effluent traité n'a pas un fonctionnement optimal même s'il effectue bien le rejet dans le périmètre qui lui est attribué, une obstruction partielle est observée et caractérisée. Le rejet est effectué par une cinquantaine d'orifices (et non pas sur toute la longueur du diffuseur et 200 orifices).

Une modélisation de la dispersion par un nombre restreint d'orifice (48) est effectuée. Les automates THOE de surveillance sont bien placés dans la radiale (NE/SW) du début du diffuseur où le rejet est le plus intense et dans la couche profonde de présence maximale du panache. Durant le second semestre 2018 les analyses de risques, causes et moyens de remédiations sont étudiées pour des actions de remédiation (désobstruction) prévues en 2019.

3.2.10. Suivis supplémentaires en champ très proche du diffuseur par DGT

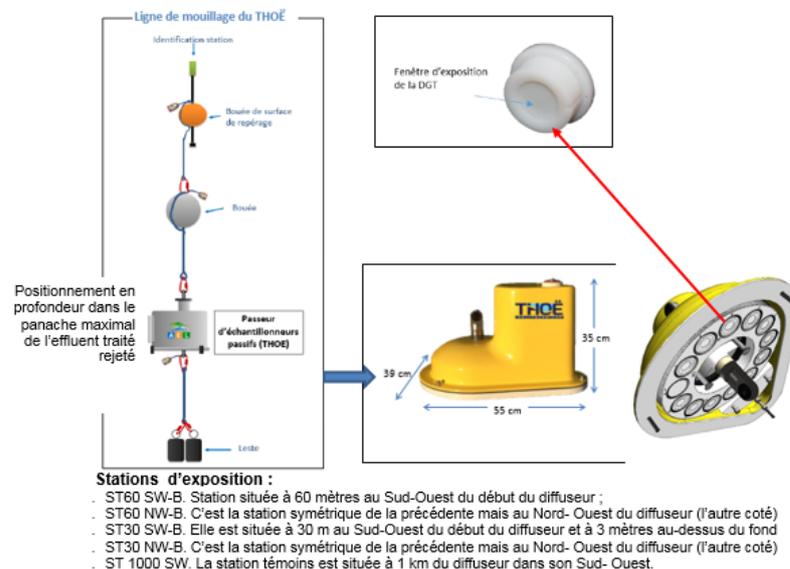
Un réseau de dispositifs automatiques de suivi des concentrations en manganèse (et autres métaux dont le cobalt et le nickel) est mis en place en décembre 2016 dans le champ très proche du diffuseur sous-marin de l'effluent traité. **Exigence de l'arrêté n° 2767/2016 du 21 novembre 2016.**

Des capteurs DGT (*Diffusive Gel in Thin layer*) sont positionnés de part et d'autre du diffuseur (30 et 60 mètres-couche K2) pour capter les métaux dissous dans l'eau de mer profonde au centre du panache de l'effluent.

Les automates dits « THOE » présentent ces capteurs selon une séquence choisie, cela permet un suivi continu (intégrateur) et séquencé (7 jours).

Les automates THOE sont relevés tous les deux mois et les films accumulateurs sont traités en laboratoire, pour en déduire les concentrations moyennes en métaux durant le temps d'exposition. (Cf. figure et tableau suivants).

Figure 89 : Suivi en champ proche du diffuseur



- L'échantillonneur passif DGT permet de mesurer les espèces dissoutes labiles (disponibles pour le biote), que celles-ci soient de nature inorganique ou liées à des complexes organiques, dans un large éventail de concentrations. Il trouve tout son intérêt lorsque les analyses sont à l'état de traces (ou ultra-traces) et en particulier, lorsque cette technique est associée à l'analyse par spectrométrie de masse à couplage inductif (ICP-MS).
- L'échantillonnage « instantané » permet d'avoir une concentration en métaux dissous à un instant donné sans que celui-ci ne reflète forcément l'impact chronique d'un rejet d'effluent dans l'environnement.
- Ce type de prélèvement ponctuel, même répété à haute fréquence, reste « une goutte d'eau prise dans un océan », le prélèvement peut « manquer » le panache en fonction de l'hydrodynamisme des masses d'eau, rapide et intense dans le canal de la Havannah.

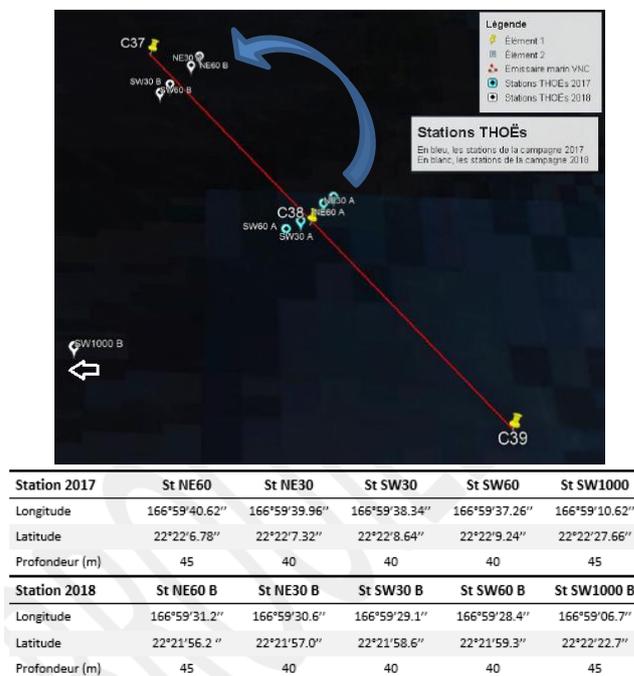
- L'échantillonnage «intégré» par passeur d'échantillonneurs, permet d'obtenir une concentration moyenne des métaux dissous présents dans le champ du diffuseur durant la période considérée. Il considère tous les cycles de marée qui génèrent les courants et de ce fait l'intensité et l'orientation du panache de dispersion de l'effluent.

Résultats 2018 :

Ce suivi 2018 comprend 2 campagnes (de 1 mois et 2 mois) de surveillance sur 5 stations. Les stations dans le champ proche du diffuseur ont été décalées par rapport aux positions initiales (2017) suite à l'observation (en juin) d'un dysfonctionnement de la partie terminale du diffuseur qui ne rejette plus d'effluent. Elles sont replacées au début du diffuseur au plus près des premiers orifices qui rejettent le panache d'effluent avec le flux maximal et toujours dans la couche profonde K2 la plus sensible à ce panache d'après les modélisations (et leurs vérifications par traçages colorés).

Suivi DGT 2018	Début de la campagne	Fin de la campagne
S1-2018 Interrompue	21/04/2018	02/06/2018
S1-2018	16/06/2018	14/07/2018
S2-2018	13/10/2018	08/12/2018

Figure 90 : Emplacements des automates THOEs passeurs des DGT- Déplacement en amont du diffuseur le 16 juin 2018

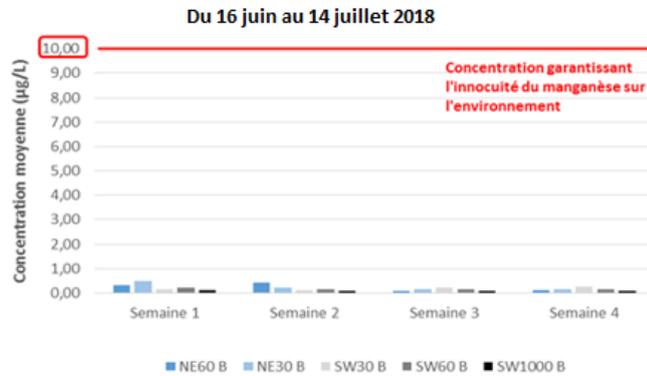


- La première campagne (16 juin au 14 juillet) montre des concentrations en métaux dissous faibles en comparaison du suivi 2017 mais comparables à celles retrouvées dans cette zone lors de précédents suivis. La recommandation de 10µg/L de Mn n'est jamais approchée même à 30 m du diffuseur.
- La deuxième campagne (du 13 octobre au 08 décembre 2018) présente des concentrations en manganèse plus élevées et dépassant à trois occasions 10 µg/L, uniquement dans cette couche profonde (K2) et dans le champ proche des 60 mètres. Cependant, ces pics restent des événements ponctuels et non persistants. La moyenne globale des concentrations en manganèse de cette campagne reste inférieure à la recommandation de 10 µg/L qui garantit l'innocuité du Mn sur les biotes les plus sensibles qui vivraient dans cette concentration.



Figure 91 : Histogrammes présentant les concentrations moyennes ($\mu\text{g/L}$) en manganèse pour chaque station selon la semaine du suivi. La ligne rouge correspond à la valeur maximale recommandée afin de garantir l'innocuité du Mn sur les biotes les plus sensible et fragile.

Mission S1- 2018 du 16 juin au 14 juillet 2018



Mission S2-2018 du 13 octobre au 08 décembre 2018

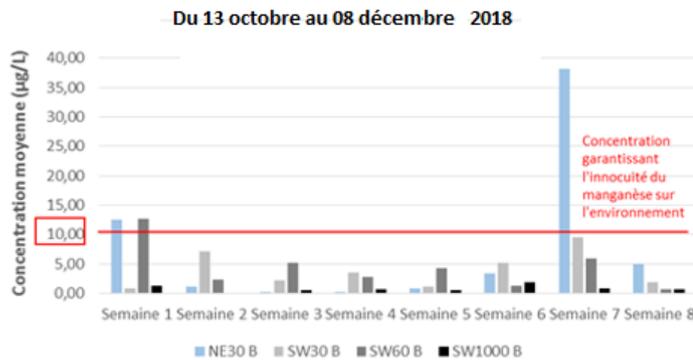
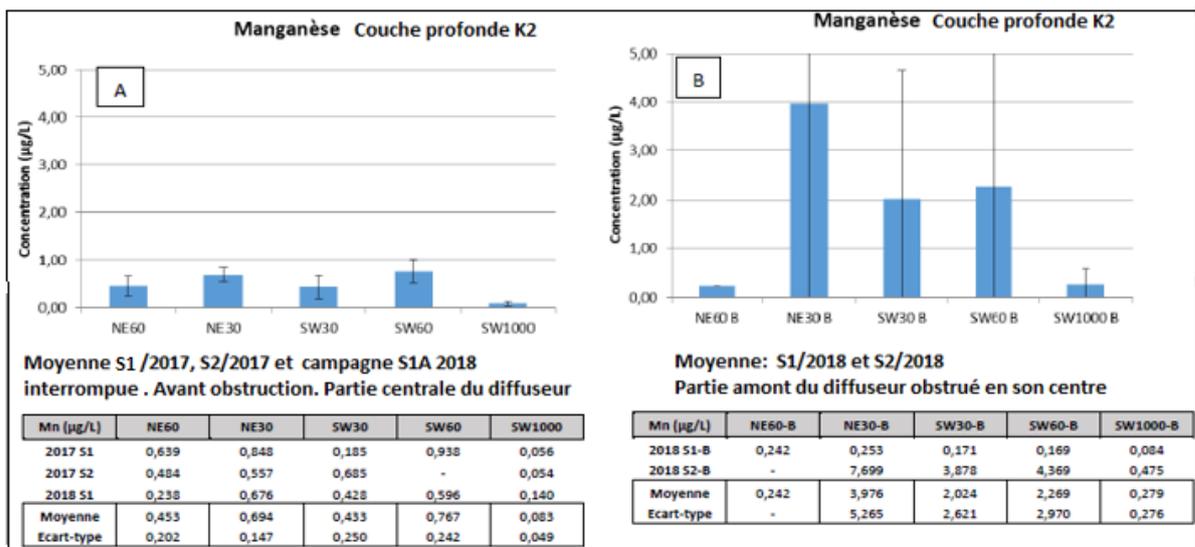


Figure 92 : Concentrations moyennes et écart-types obtenues par station de suivi pour les 3 campagnes déployées avant (A) et les 2 campagnes déployées après (B) la modification du positionnement géographique de la radiale en raison de l'observation d'une obstruction partielle du diffuseur.



L'augmentation des débits au niveau des 48 orifices restant opérationnels modifie les conditions de la dispersion de l'effluent, notamment dans le champ proche du diffuseur. Les modifications concernent, en particulier, la hauteur d'éjection du panache qui, de ce fait, semble se concentrer davantage dans la couche K3 et la zone antérieure du diffuseur.

Le suivi est renforcé début 2019 avec l'ajout d'une 6^{ème} appareillage THOE de passeur de DGT et un doublement des profondeurs suivies pour suivre le panache en K2 et K3.

Les concentrations ponctuelles en Mn relevés (au fond, à mi prof. et en surface) lors des prélèvements d'échantillons d'eau des suivis semestriels, sur la station réglementaire St 09 de surveillance du diffuseur, quant à elles, restent comparables aux concentrations des stations témoins. (Cf. chapitre 3.2.2.2 et figure 33)

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 36 : Synthèse des résultats des missions de suivis du milieu marin S1/2018.

Suivi réglementaire 2018	Indicateurs	Second semestre 2018	
Structure de la colonne d'eau de mer	Physique Chimique	Conforme aux valeurs attendues, notamment en baie Kwé, sur les stations qui entourent la zone de rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony et près du Creek Baie Nord. Structure de la colonne d'eau sans variation de salinité ou de température, même en profondeur sur la station proche du diffuseur.	
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique	Conforme aux valeurs attendues, notamment sur les stations qui entourent la zone du rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony, du creek Baie Nord et en baie Kwé. Pas de pollution ou incident. Le suivi supplémentaire du Mn en champ profond et très proche du diffuseur montre une modification des conditions de dispersion de l'effluent, fin 2018. La dilution reste conforme aux modélisations, elle est effective mais non optimale, la surveillance est renforcée.	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	Le blanchissement corallien (conditions climatiques de janv. /fév.2016 dans le Pacifique) a disparu et le taux de blanchissement est très faible. Pas de bloom algal ou de cyanophycées, pas de prolifération d'étoiles de mer dévoreuses du corail sur les stations sous influence VNC. Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent. Aucun stress anormal n'est décelé sur les stations sous pression VNC. Station ST02-Creek Baie Nord en excellente santé avec +22% de recouvrement en coraux durs La station témoins ST01-Ilot Casy a été très fortement affectée par l'invasion d'Acanthaster 2017. C'est au tour de ST04-Canal du canal Woodin d'être atteinte par les Acanthaster (-16.5% dans son recouvrement en coraux). Ces stations sont hors influence VNC. Populations de poissons conformes et en bonne santé.	
Qualité des sédiments fins de surface	Physique Chimique	Conforme aux valeurs attendues, en fonction des hydro-régions. Aucun enrichissement des teneurs en Co, Cr, Fe, Mn et Ni total ni en St15 (Creek baie nord), ni pour les autres stations sentinelles (St06-Baie Kwé, St16-Port du Prony) du réseau.	
Suivi des flux de MES	Physique Chimique (MES)	Les flux en MES restent conformes aux valeurs attendues et corrélés aux forts épisodes pluvieux en baie Kwé.	

Rapports Semestriels S2/2018

ANNEXE I : METHODOLOGIES

**ANNEXE II : SUIVI DE LA STRUCTURE DE LA COLONNE D'EAU, DE SA QUALITE
PHYSICO-CHIMIQUE ET DES CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS**

**ANNEXE III : SUIVI DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS RECIFAUX ET DES ORGANISMES
QUI LUI SONT ASSOCIES**

ANNEXE IV : SUIVI DES FLUX DE MATIERES EN SUSPENSION

ANNEXE V : SUIVI DE LA STATION St16 PORT DU PRONY

ANNEXE VI : SUIVI DE LA QUALITE DES SEDIMENTS

ANNEXE VIII : SUIVI PAR DGT

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

PARAMÈTRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
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
Fell	Fer II
HT	Hydrocarbures totaux

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