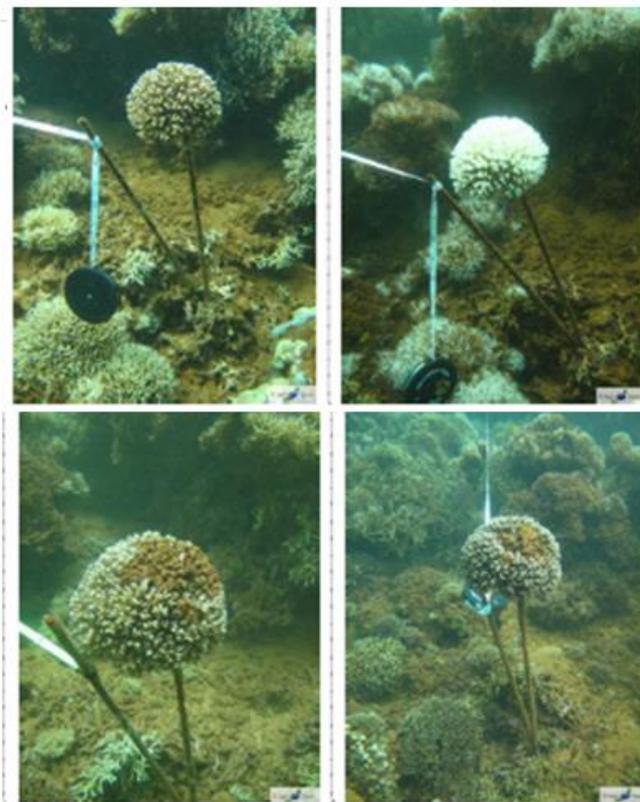




Suivi environnemental Premier semestre 2019

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.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1.2. POSITIONNEMENT GLOBAL DES STATIONS DES SUIVIS DU MILIEU MARIN VALE NC.....	2
1.3. POINTS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE <i>DES</i> 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 (S-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.....	51
3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées	61
3.2.3.1. Bilan des observations par station suivie (Second semestre 2018).....	62
3.2.3.2. Comparaisons spatiales des stations entre elles au temps t de la mission	67
3.2.3.3. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007	72
3.2.4. L'herbier	77
3.2.5. Suivi des flux sédimentaires	78
3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16 et ST03)	92
3.2.6.1. L'écosystème corallien et populations associées -Station : ST03-Port de Prony.....	93
3.2.6.2. La qualité de l'eau - Station : St16 (Port de Prony).....	96
3.2.6.3. Les sédiments- Station St 16- Port de Prony	Erreur ! Signet non défini.
3.2.7. Suivi des taux de sédimentation (triennal)	99
3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments (triennal)	99
3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents	99
3.2.10. Suivis supplémentaires en champ très proche du diffuseur par DGT	100
4. CONCLUSION.....	106

Annexes

Annexes	Rapports intégraux	S1/2019
Annexe 1	Méthodologies des suivis physico- chimiques et biologiques. Version 2019.	Annexes intégrées au rapport S1/2019
Annexe 2	Rapport S1/ 2019 : 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. 	
Annexe 3	Rapport S1/ 2019 : 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 S1/2019 : Suivi des flux de matières en suspension	
Annexe 5	Rapport S1/2019 : Le suivi en champ très proche du diffuseur par DGT	
Annexe 6	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. Positionnement global des stations suivies en milieu marin

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

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin 2008/2019



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).

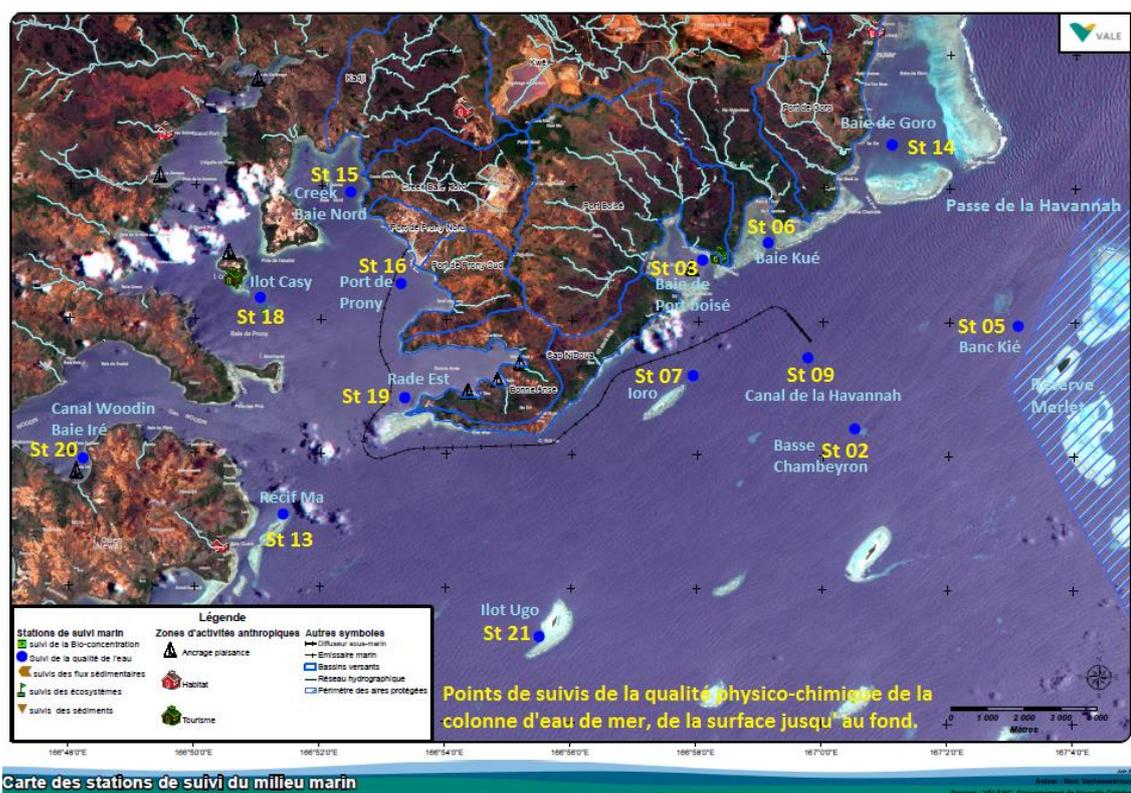
1.2. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (Stations nommées : St)

Le tableau suivant indique les positions réglementaires des points de prélèvement de l'eau de mer et la profondeur du lagon à ce poste, les prélèvements sont 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 points 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 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 éco- systémique.

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

- de la zone proche de l'effluent marin (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.*

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

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

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

Stations	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 règlementairement 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.

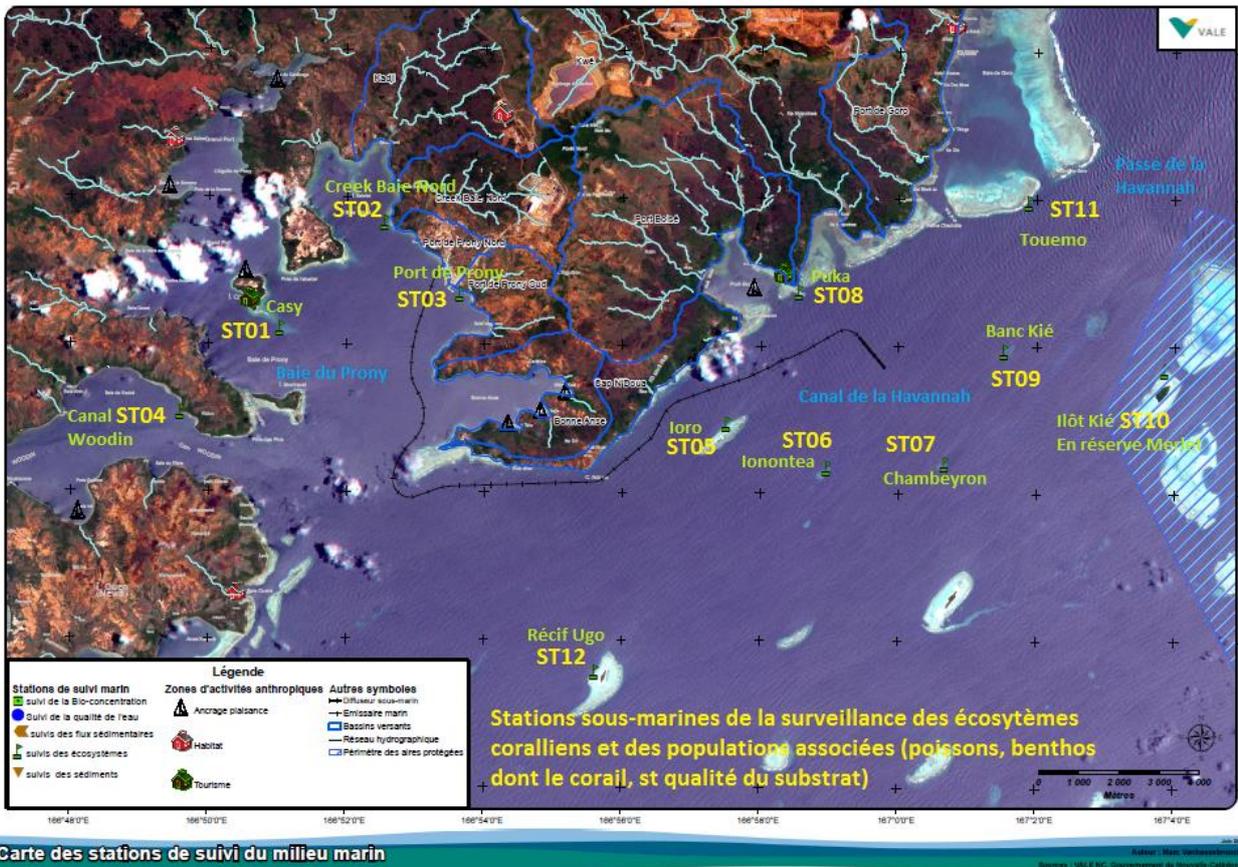
La carte suivante présente les stations sous-marines du plan de suivi tel qu'indiqué dans la Convention CCB 2009. Sur le fond du lagon, ces stations sont marquées par des piquets sous-marins (invisibles de la surface) et leur plan géomorphologique est connu et inchangé. Depuis 2007 elles ont toujours été retrouvées, inventoriées et entretenues.

Seule la station ST08 est réglementaire via l'AEM ; les autres sont dues à la convention CCB

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/optimisation 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, 22 inventaires sur celles-ci (à ce jour). Aucune station de suivi n'a été abandonnée ou modifiée.

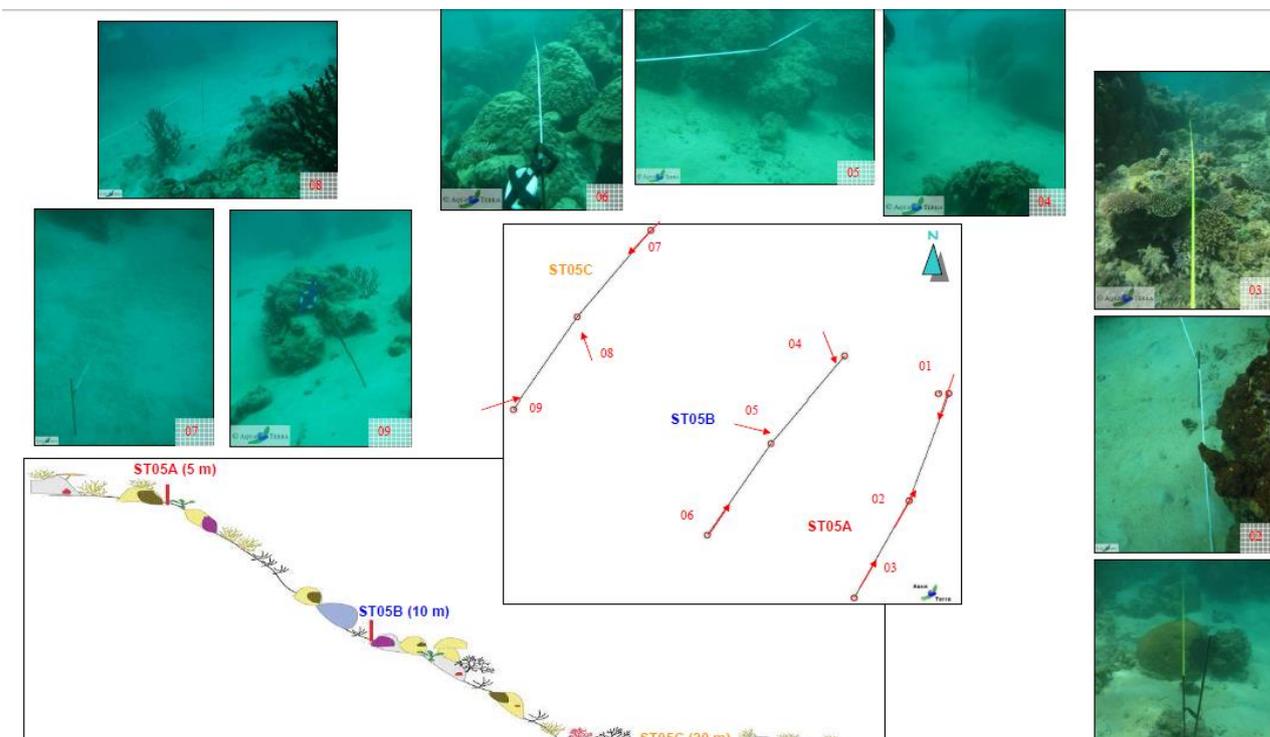


Rappel : Vale NC se conforme aux prescriptions de suivis qui lui sont imposées par les arrêtés ICPE (2007 et 2008) et par la Convention CCB avec la Province Sud (2009). Un atelier s'est tenu pour définir la localisation des stations et les méthodologies à suivre en matière de suivi des écosystèmes marins, 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.

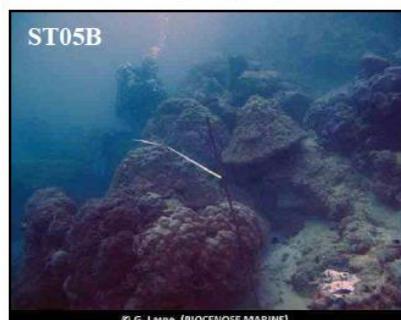
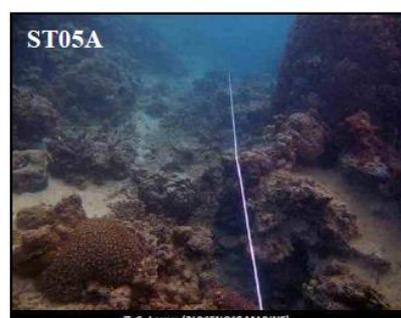
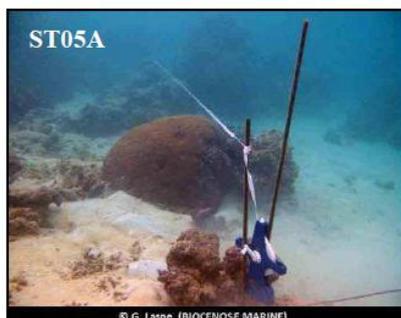
D'autres zones et stations peuvent être suivies selon les événements et des suivis supplémentaires, notamment en baie du Prony et dans les baies au Nord du canal de la Havannah.

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)

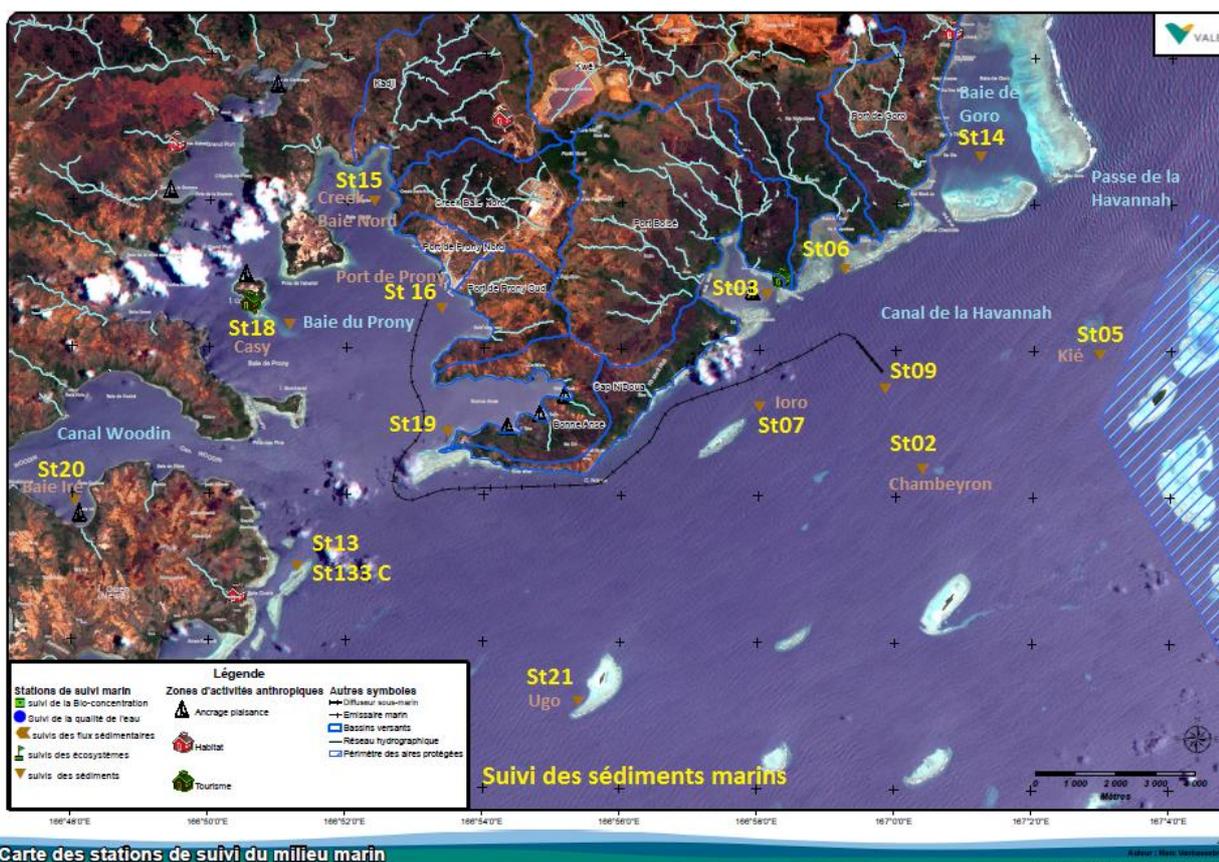
1.4. Points de suivi des sédiments – Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Stations : St)

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

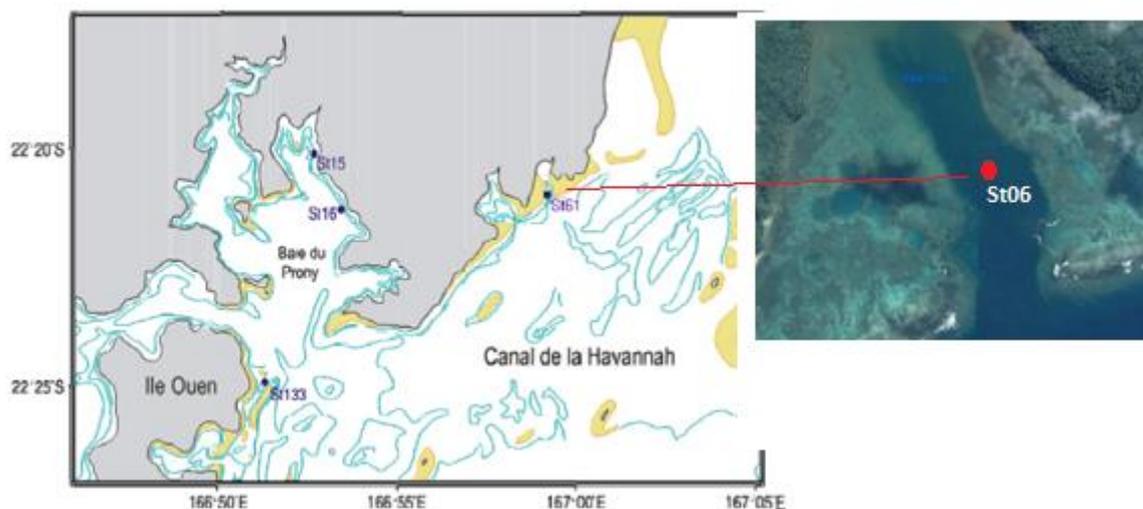
Figure 6 : Localisation géographique des stations de prélèvement des sédiments de surface (St) + La carotte St 133 -Est- Île Ouen



1.5. 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.



1.6. 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.



1.7. 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.



1.8. Zones de suivi en champ très proche du diffuseur

L'appareillage de suivi est situé de part et d'autre 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 instruments 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



1.9. 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	x
		St60-NE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		St06-KW1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	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.

1.10. 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 robustesse.

Un tuilage entre des prélèvements ponctuels et des capteurs intégrateurs est recommandé, notamment avec les avancées technologiques des méthodes de surveillance de la qualité de l'eau, il est en cours dans le champ proche du diffuseur.

1.11. 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°1 / 2019 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau – Missions de prélèvements effectuées les 05, 06 et 07 mars 2019.
- ✓ Suivi N°1 / 2019 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du second semestre effectuée en AVRIL 2019
- ✓ Suivi N°1 / 2019 des flux sédimentaires - Immersion des automates durant 48 jours du 15 Mars au 01 mai 2019
- ✓ Suivi N°1 / 2019 par capteur DGT en champ proche du diffuseur-Immersion des automates du 16 mars au 11 mai 2019

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



Pour ces missions 2019: 4 bureaux d'études et laboratoires différents et indépendants ont participé à ces missions et aux travaux d'analyses. Cf. Leurs rapports intégraux en annexe

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

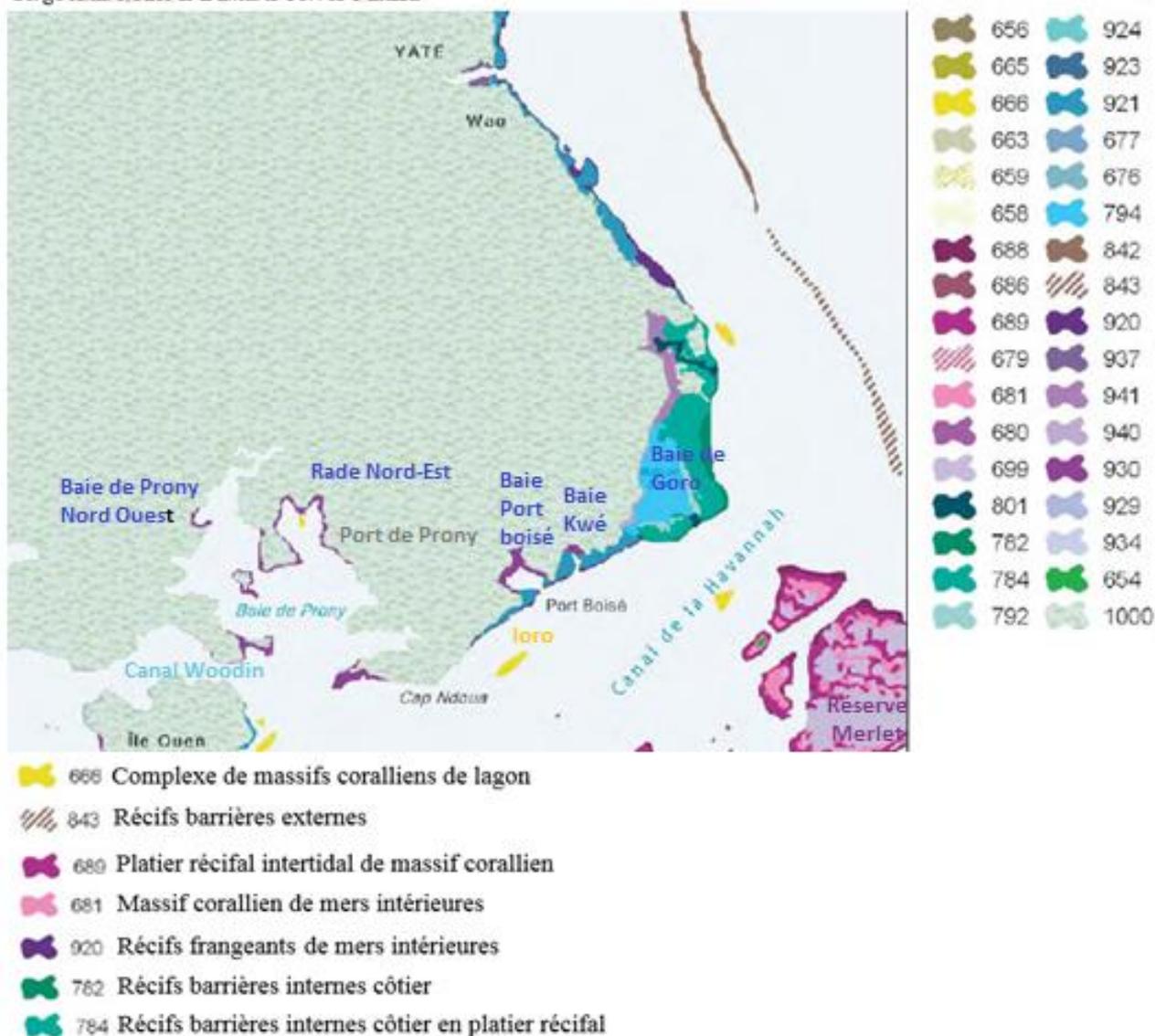
Tableau 10 : Synthèse des suivis marins effectués durant l'année 2019

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	Suivi triennal. Dernières campagnes : 2009, 2015, 2018 Prochaine campagne en 2021												
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique							S1						S2
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments													A
Suivi en champ très proche du diffuseur								S1						S2

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

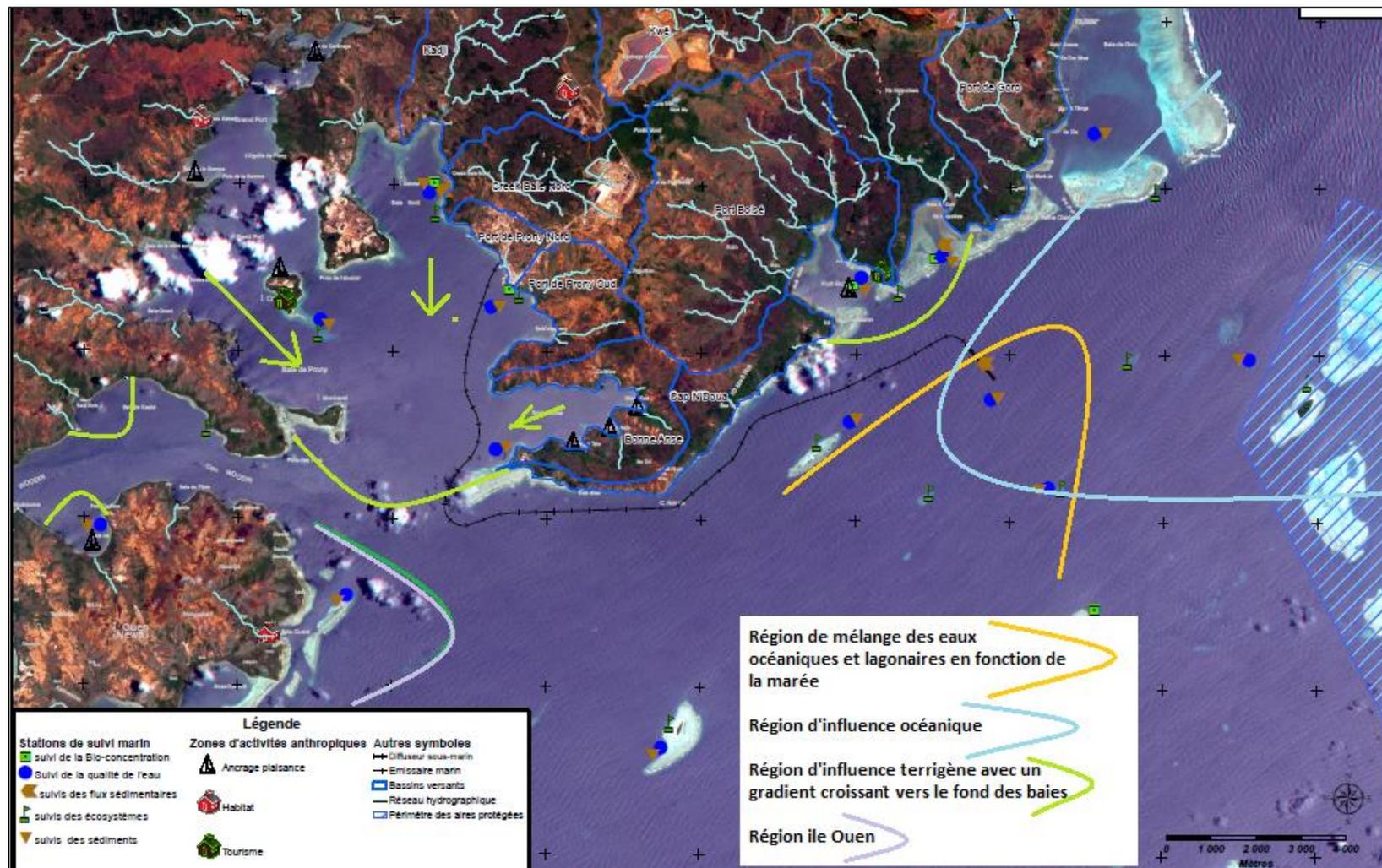


Figure 12 : Carte schématique des bassins versants et des différentes pressions sur le milieu marin

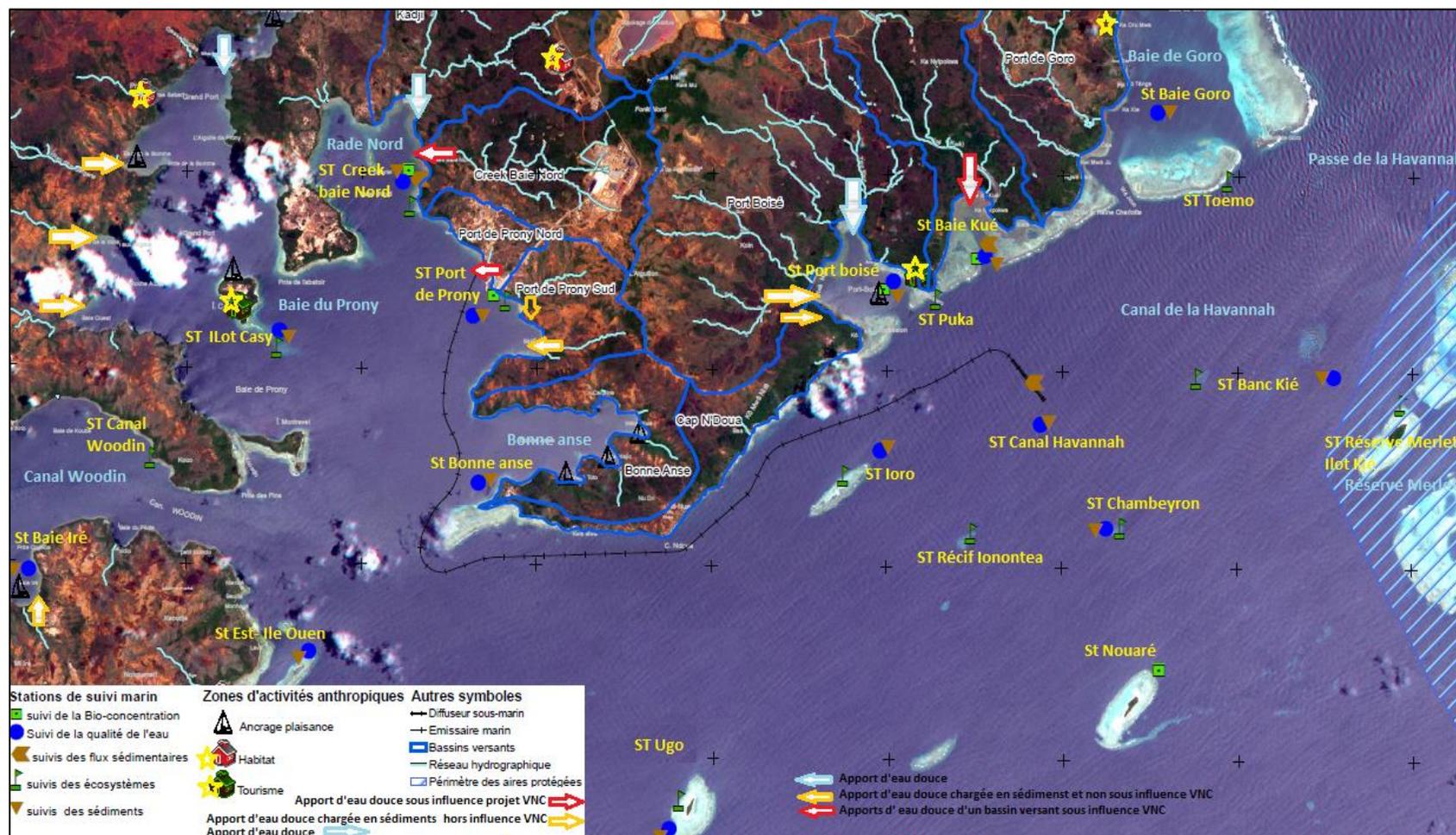
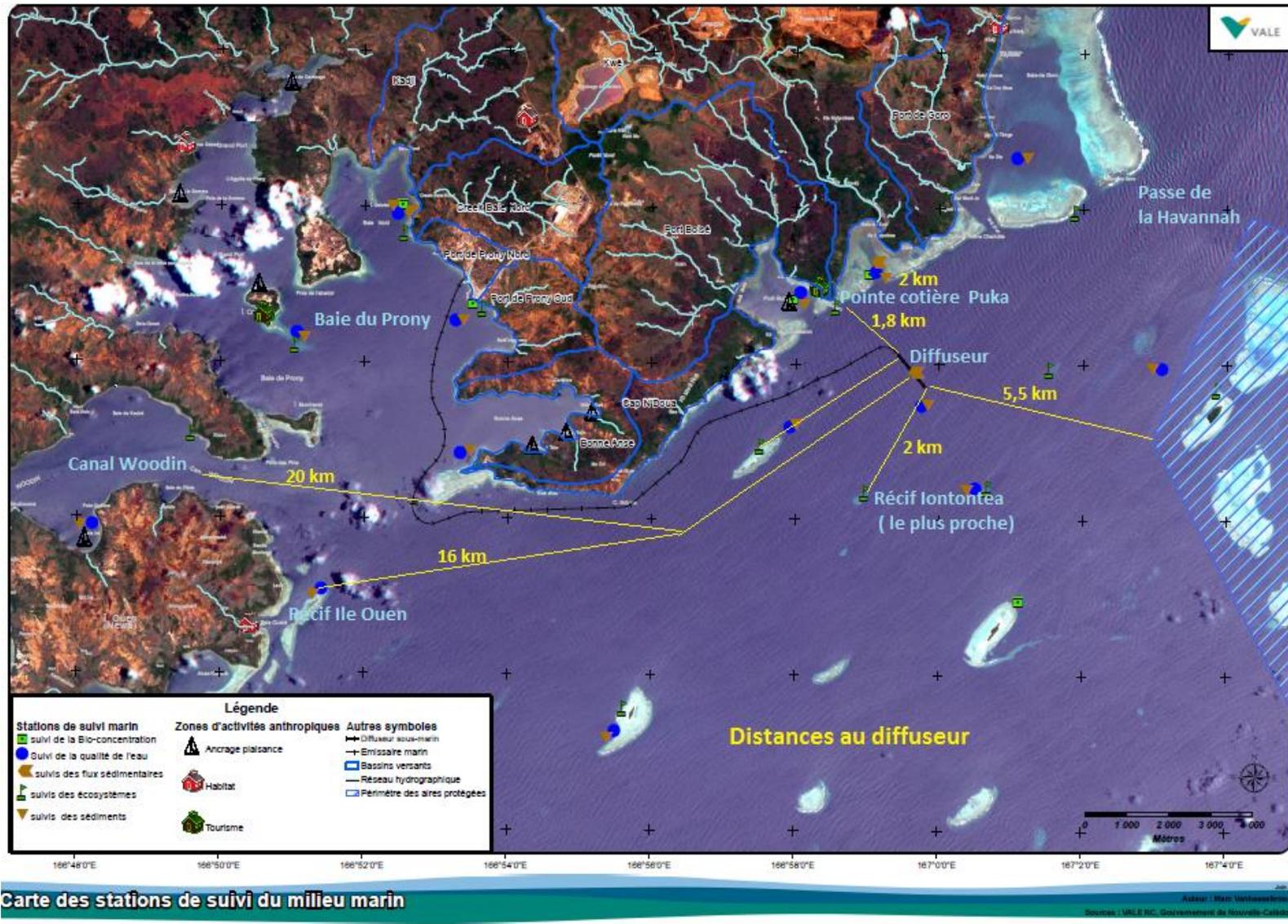


Figure 13 : Distances entre le diffuseur de l'effluent traité et les récifs coralliens les plus proches (+ autres zones remarquables)



3. RESULTATS (S1-2019)

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.**

D'autres opérateurs calédoniens se réfèrent dans leurs rapports de suivi marin au guide du Queensland australien (dont les limites sont globalement bien plus élevées que celle du guide du CNRT-2011).

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 et août 2009, mars 2010 et août 2010, mars 2011 et aout 2011, mars 2012 et aout 2012, mars 2013 et aout 2013, mars/ avril 2014 et aout 2014, mars 2015 et aout 2015, mars 2016 et aout 2016, avril 2017 et aout 2017. Mars 2018 et aout 2018.
 - Campagne MARS 2019 incluse dans ce rapport: (21^{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, 2018
 - Campagnes 2019 : 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 S1/2019.

- **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 et Novembre 2018.
 - Campagne d'AVRIL 2019 incluse dans ce rapport. (22^{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 (S1/ 2019 : 22^{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 2019a	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

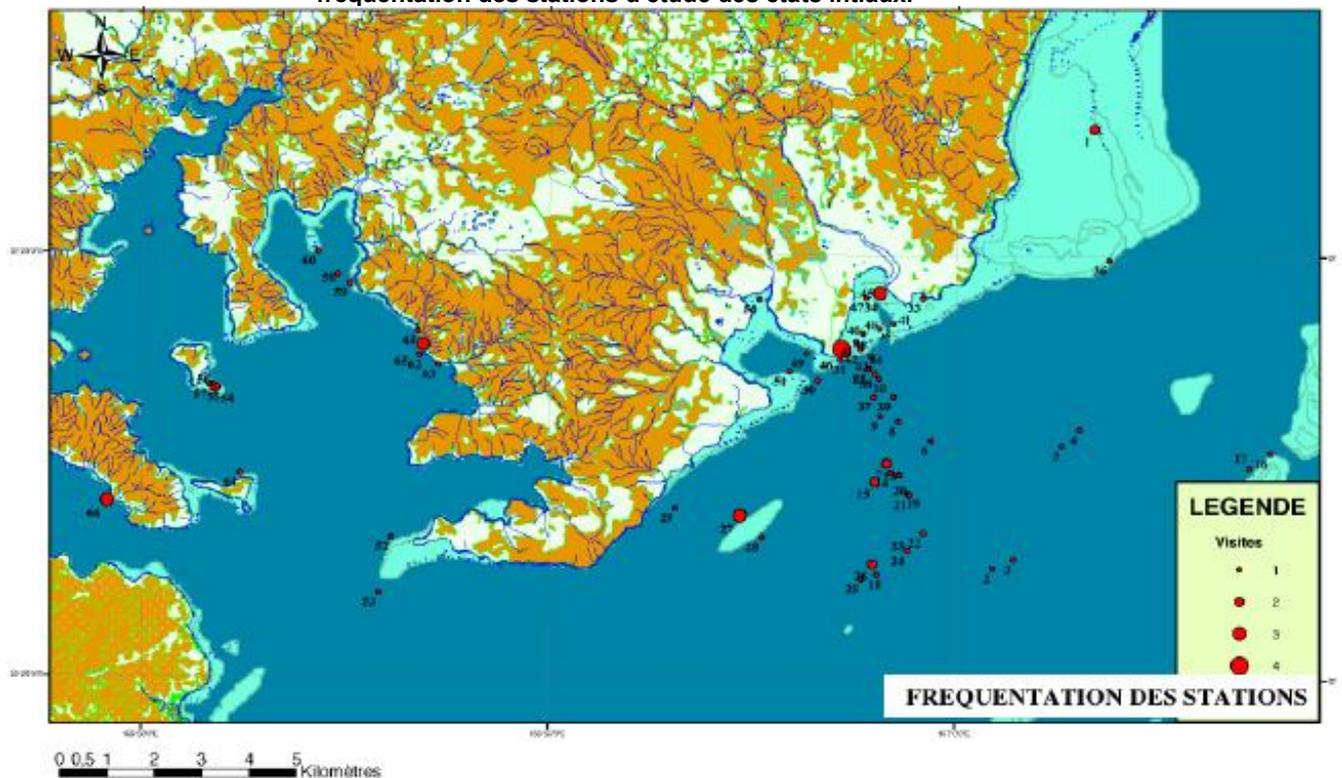
Tous les rapports sur les états de référence ont été communiqués aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (Chapitre : Caractérisation des milieux) ainsi que les rapports de suivi et les études. Ils ont aussi été communiqués à l'ŒIL (Observatoire créé en 2009) dès 2010.

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, 2018**
- Campagnes S1/ 2019 incluse dans ce rapport : 1 campagne de 48 jours.

3.2. Valeurs obtenues (S1/2019)

3.2.1. Météorologie

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

Une année globale donnée en déficit hydrique par son bilan Météo-France peut avoir donné lieu à une très forte pluviométrie ponctuelle juste avant une mission de suivi, il faut se référer à la météo durant un suivi (et la semaine précédente), et pas à un bilan annuel accessible longtemps après via Internet. Pour cela les rapports intégraux de suivis (en annexe) et cette synthèse donnent toujours un aperçu des conditions météorologiques sur la zone lors des missions (pluie, vents) ainsi que du moment de la marée.

Les années 2011 et 2013 ont subi des événements météorologiques qui ont laissé des traces nettement détectées dans les suivis Vale NC correspondants :

- 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)

En 2014 et 2015 : ces années caractérisées par un déficit hydrique ont permis une très bonne vitalité des écosystèmes marins côtiers.

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, leurs répercussions vont jusqu' au lagon ; 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.

Année 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 ont provoqué un blanchissement des coraux dans tout la Pacifique Sud. Il a été évalué sur le lagon calédonien par une mission de l'IRD.

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

2017 : Le mois d'avril 2017 est affecté par le passage du cyclone Cook mais la Nouvelle Calédonie est relativement modérément affectée. Les coraux blanchis en 2016 sont en résilience.

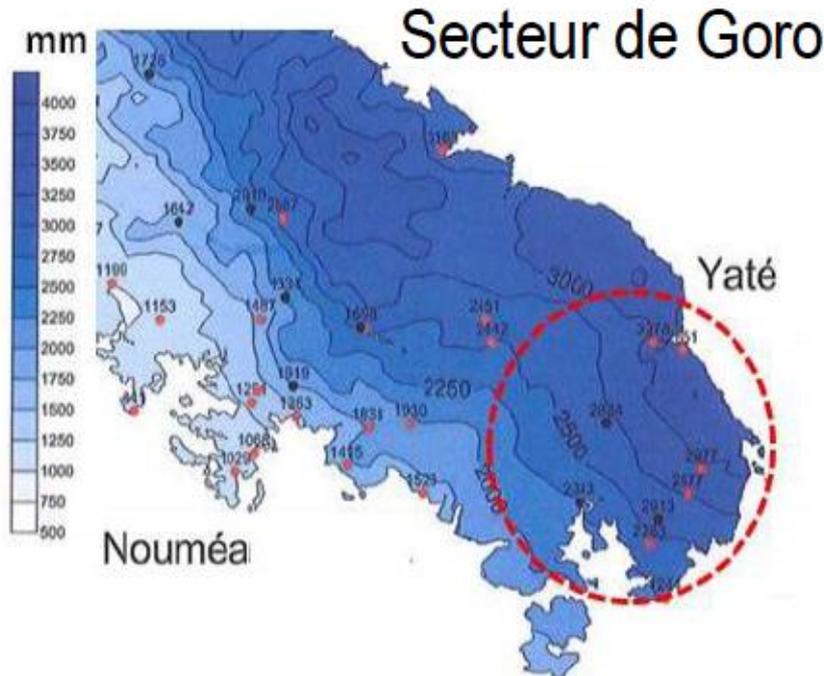
2018 : Le passage du cyclone Hola à l'Est des îles Loyauté a entraîné de fortes pluies du 07 au 11 mars 2018.

Premier semestre 2019 : La dépression tropicale forte OMA est passée au Nord-est de la grande terre entre le 19 et le 21/02/2019, générant des **vents entre 48 et 64 nœuds** et un cumul de précipitations de 147mm à la station Goro.

Le premier trimestre 2019 est caractérisé par de forts vents persistants : L'épisode de vent soutenu de secteur Est à Sud-Est a démarré le 25 /12/2018 et il a persisté non-stop jusqu'au 16 /02/ 2019; soit 54 jours consécutifs durant lesquels le vent a soufflé suivant des valeurs moyennes comprises entre 20 et 35 nœuds. En mars encore, un puissant Alizé (vigilance jaune) a soufflé en début de mois et a eu pour conséquence de faire descendre la température en-dessous des normales sur une grande partie de la Nouvelle-Calédonie.

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 (moins 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 en mission marine par plus de 25 nœuds de vent et en cas de mauvais temps : forte 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 pas être effectué les suivis uniquement 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 résultat extrême dû à une météo exceptionnelle.**
- La méthode BACI le permet puisque la zone témoins va montrer le même relevé extrême que la zone suivie.

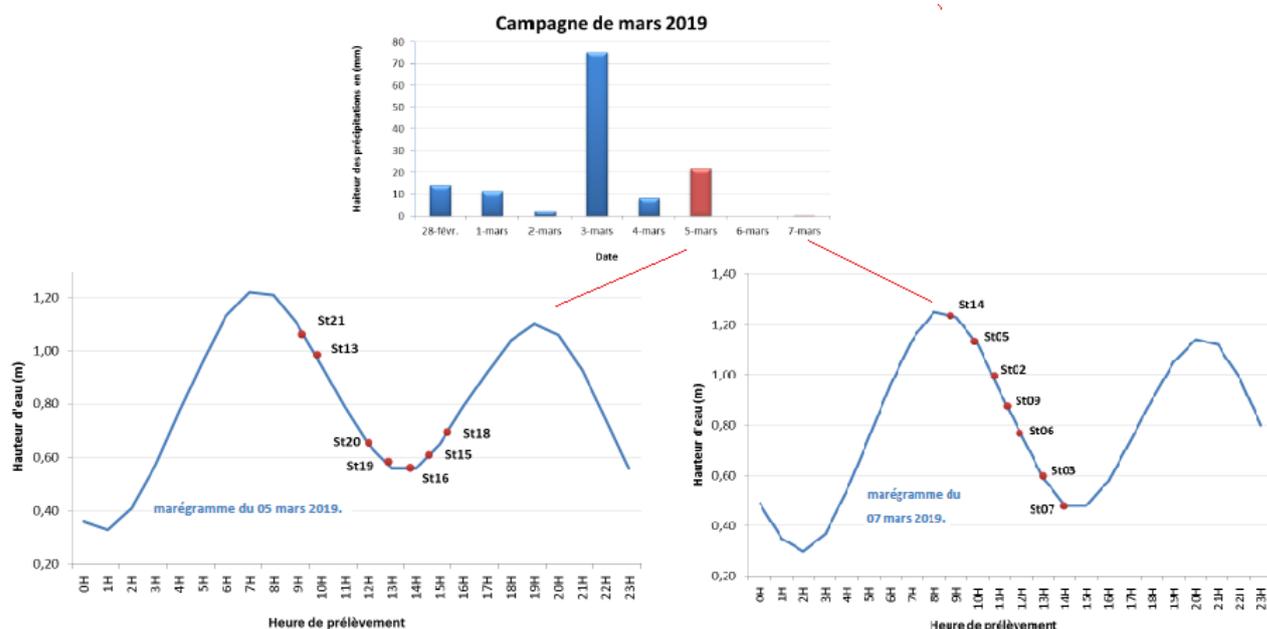


3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain S1/2019 ont été réalisées les 05 et 07 mars sur les 14 stations prédéfinies.

Figure 16: Conditions météorologiques et état de la marée (Campagne MARS 2019)

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 2019. Données météorologiques enregistrées à la station d'observation « Prony Pilot station » SAISONS CHAUDES - S1-MARS-

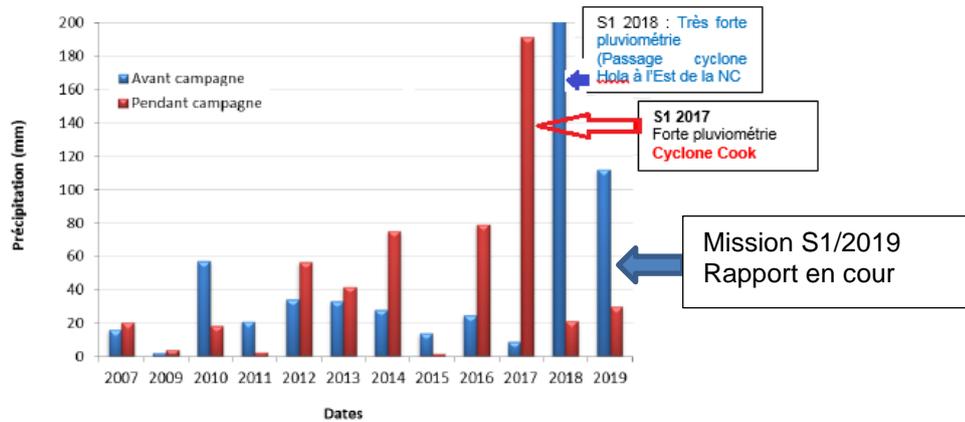
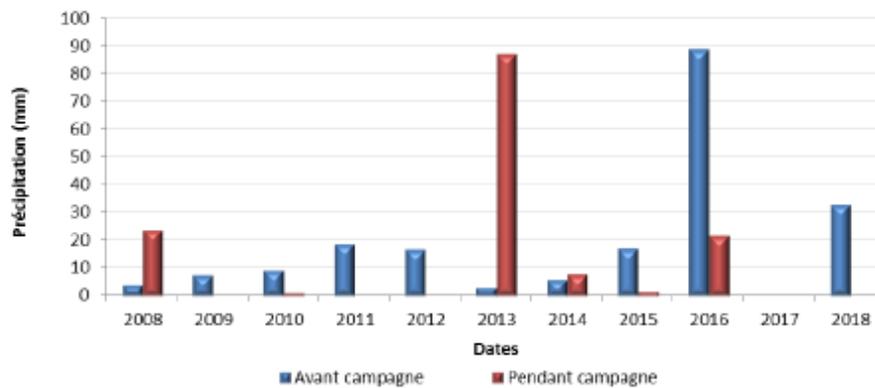


Figure 18 : Cumuls des précipitations, 5 jours avant (bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement de 2007 à 2019. Données météorologiques enregistrées à la station d'observation « Prony Pilot station » SAISONS FRAICHES - S2-AOÛT

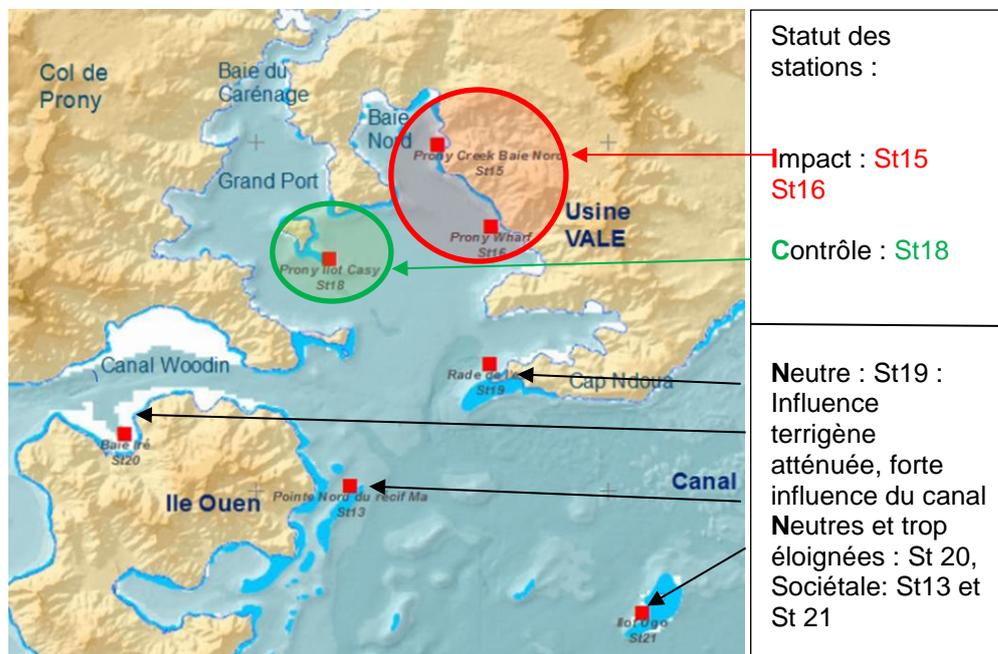


La saison fraîche (S2) est effectivement plus sèche mais il peut y avoir des exceptions comme en S2/2013 ou en 2016, il ne faut donc pas se référer à la saison mais à la pluviométrie réelle avant et durant la mission.

Mission 2019

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

Figure 19: Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony) et île Ouen

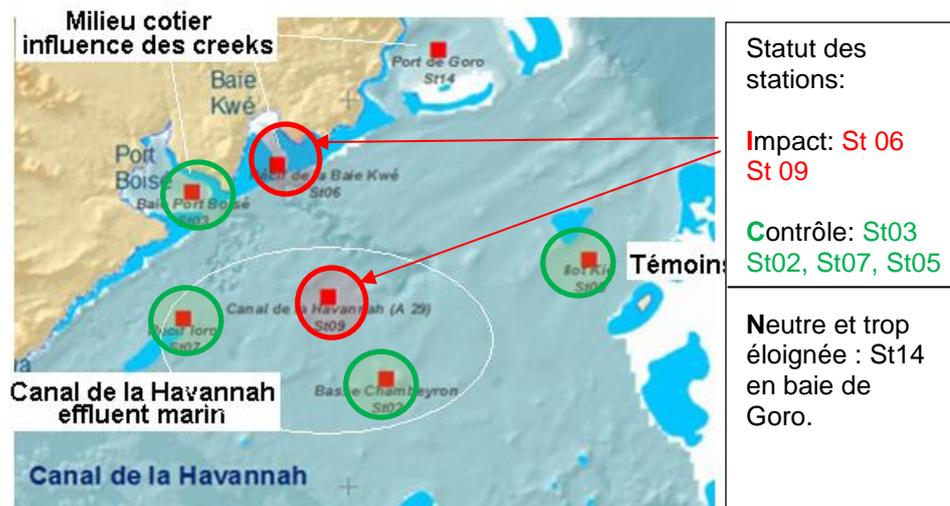


Stations en baie du Prony (sous influence côtière forte) : St 15, St 16 qui sont de statut « Impact ». St 18 près de l'îlot Casy est de statut « Contrôle », St 19 est sous influence côtière atténuée.

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 20: 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 S1 /2019

➤ 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 ($8,10 \pm 0,05$). Il est proche de celui obtenu lors de la campagne précédente de mars 2018 ($8,20 \pm 0,04$)

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	Éléments majeurs (mg/L)					mars 2019.
			Ca	K	Mg	Na	Cl	
Canal de la Havannah	Minimum	8,10	441	460	12104	1491	19444	2770
	Maximum	8,20	558	576	14090	1823	20139	3065
	Moyenne	8,16	492	511	13053	1640	19792	2878
	Ecart-type	0,04	34	35	624	100	179	101
Baies du canal	Minimum	8,10	375	377	10466	1302	15972	2700
	Maximum	8,20	506	534	13384	1702	19792	2880
	Moyenne	8,17	474	491	12680	1594	18866	2803
	Ecart-type	0,04	44	51	984	130	1389	63
Baie du Prony	Minimum	8,00	457	468	12314	1529	18750	2695
	Maximum	8,10	539	571	13950	1798	20139	2985
	Moyenne	8,09	495	513	13017	1648	19705	2831
	Ecart-type	0,03	26	31	458	83	447	77
Ile Ouen	Minimum	8,10	480	494	12930	1602	19792	2795
	Maximum	8,15	508	524	13298	1703	20139	2945
	Moyenne	8,11	488	506	13119	1637	19965	2875
	Ecart-type	0,02	10	10	134	36	190	57

Le pH et les éléments majeurs constitutifs de l'eau de mer n'ont pas, (à ce jour en 12 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, en baie Kwé.

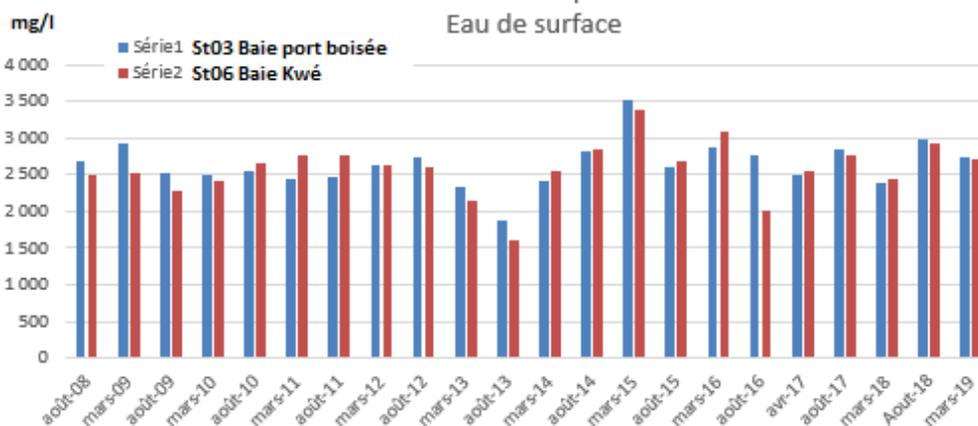
Figure 21 : Concentration en sulfates en mg/L en surface de la colonne d'eau de 2008 à 2019 (couche d'eau sensible aux apports terrestres via les cours d'eau) en baie Kwé (St06) en baie de Port Boisé (St 03 son homologue de comparaison)

Station	Niveau	mars-07	août-07	mars-08	août-08	mars-09	août-09	mars-10	août-10	mars-11	août-11	mars-12	août-12	mars-13
St03	Surface	ND	-	-	2 671	2927	2525	2487	2555	2450	2465	2638	2740	2338
St06	Surface	ND	-	-	2 491	2513	2267	2405	2651	2768	2760	2616	2593	2136

		août-08	mars-09	août-09	mars-10	août-10	mars-11	août-11	mars-12	août-12	mars-13			
St03	Mi prof	ND	-	-	2 311	2800	2514	2543	2736	2672	2474	2720	2721	2429
St06	Mi prof	ND	-	-	2 617	2486	2272	2543	2622	2790	2677	2679	2553	2127

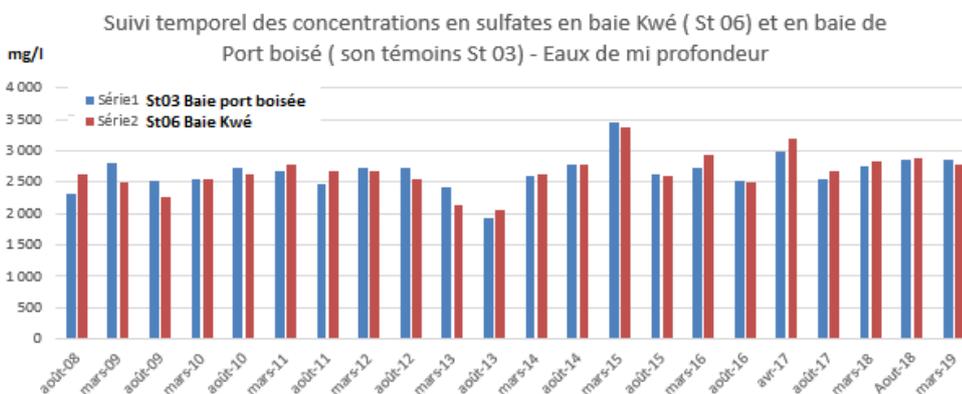
août-13	mars-14	août-14	mars-15	août-15	mars-16	août-16	avr-17	août-17	mars-18	Aout-18	mars-19
1888	2406	2814	3510	2614	2857	2775	2480	2835	2390	2985	2735
1600	2541	2832	3387	2676	3085	2017	2560	2755	2450	2935	2700
août-13	mars-14	août-14	mars-15	août-15	mars-16	août-16	avr-17	août-17	mars-18	Aout-18	mars-19
1925	2594	2789	3444	2622	2720	2515	2975	2560	2765	2850	2850
2051	2635	2792	3381	2588	2935	2485	3200	2685	2820	2885	2770

Suivi temporel des concentrations en sulfates en baie Kwé et en la baie témoins de port boisé
Eau de surface



Les eaux de surface dessalées et moins denses sont celles qui portent la signature terrigène et l'influence des creeks comme la rivière Kwé. Remarquer un parallélisme parfait des légères fluctuations en sulfates entre la baie Kwé (sous influence Vale NC) et son témoins la baie du Port boisé. Les eaux plus profondes, qualifiables de « marines » montrent exactement le même profil

Figure 22 : Concentration en sulfates en mg/L à mi profondeur de la colonne d'eau de 2008 à 2019 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 actuelle est synthétisé sur la figure suivante et les données brutes sont en annexe.

Bien qu'il ait plu (Total >120mm ; Cf. figure17 et chapitre sur les conditions météorologiques) il n'y a pas de hausse « anormale » des concentrations en MES en baie Kwé, notamment pas de hausse de MES dans ses eaux de surface issues de la rivière Kwé, en comparaison avec son témoins la baie de Port Boisé.

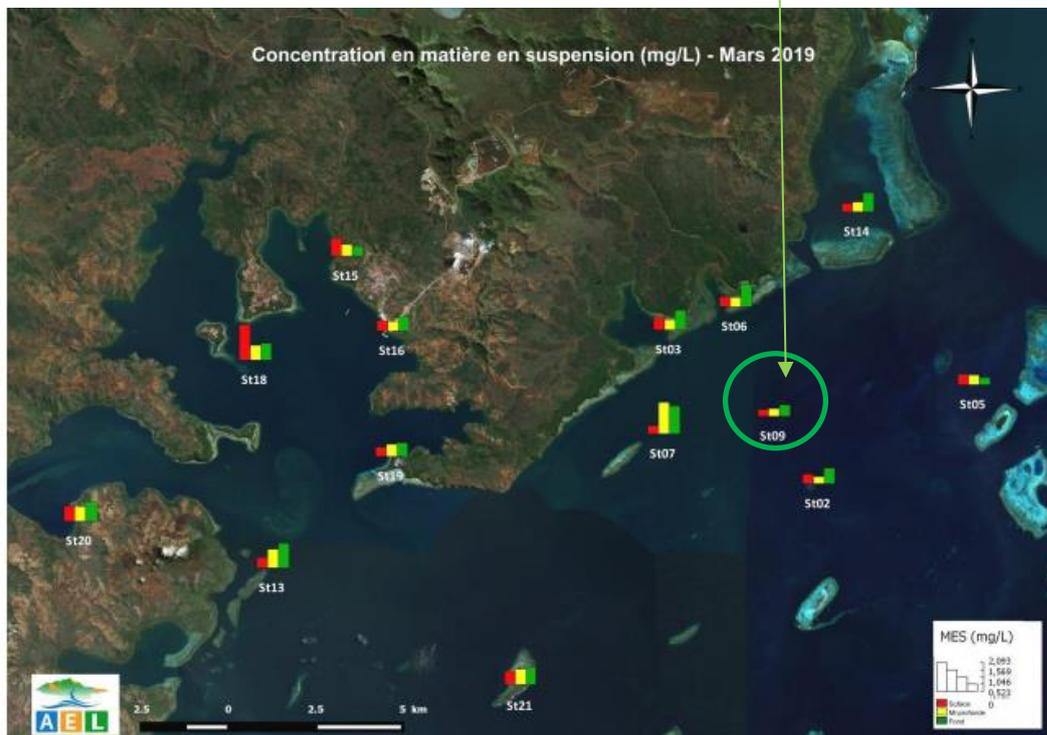


C'est la station proche de l'îlot Casy (station témoins, sous influence de la baie de la Somme à l'Ouest de la baie du Prony) qui présente la marque d'eaux de ruissellement (strate de surface) chargées en MES, le port de Prony reste avec des concentrations en MES faibles

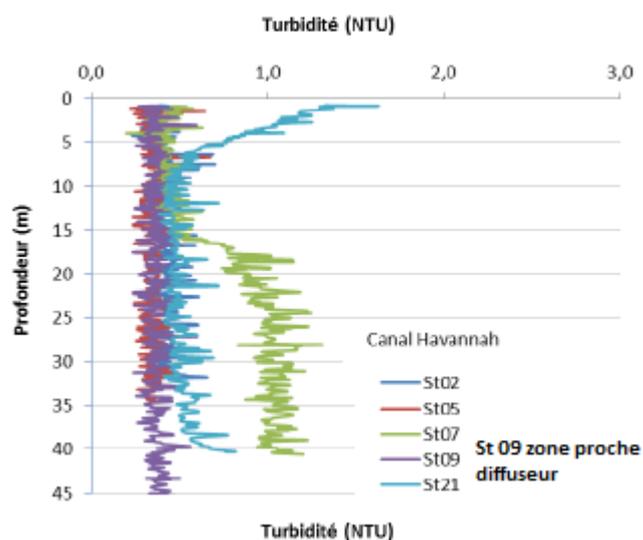
Pas de concentrations de MES élevées dans les eaux proche du diffuseur, notamment il n'y a de hausse des MES en eaux profondes éventuellement influencées par l'effluent, à ce niveau, lors de cet échantillonnage.

Figure 23 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en MARS 2019
Comparaisons spatiales entre les stations

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



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).

Figure 24 : Enregistrement de la sonde CTD sur les mêmes stations juste avant les prélèvements d'eau


Sur St 09 /Zone du diffuseur (comme sur les autres stations du canal de la Havannah) la sonde ne détecte pas de variation de la turbidité en profondeur.

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

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

Le tableau suivant présente températures, turbidités, fluorescences et salinités sur le domaine étudié en MARS 2019

Tableau 14 : Température, salinité turbidité et fluorescence MARS 2019

Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)
Canal de la Havannah	Minimum	24,60	35,07	0,03	0,20
	Maximum	26,30	35,47	0,96	1,63
	Moyenne	25,63	35,24	0,39	0,48
	Ecart-type	0,37	0,07	0,16	0,23
Baies du Canal	Minimum	25,51	30,46	0,00	0,31
	Maximum	27,47	35,29	1,11	2,85
	Moyenne	26,09	34,95	0,54	0,73
	Ecart-type	0,33	0,50	0,21	0,43
Baie du Prony	Minimum	25,46	34,04	0,01	0,26
	Maximum	26,38	35,48	1,29	2,31
	Moyenne	25,75	35,32	0,58	0,65
	Ecart-type	0,24	0,14	0,24	0,30
Ile Ouen	Minimum	25,38	35,20	0,08	0,33
	Maximum	26,03	35,44	0,82	1,45
	Moyenne	25,79	35,30	0,46	0,63
	Ecart-type	0,14	0,04	0,15	0,20

○ **La température :**

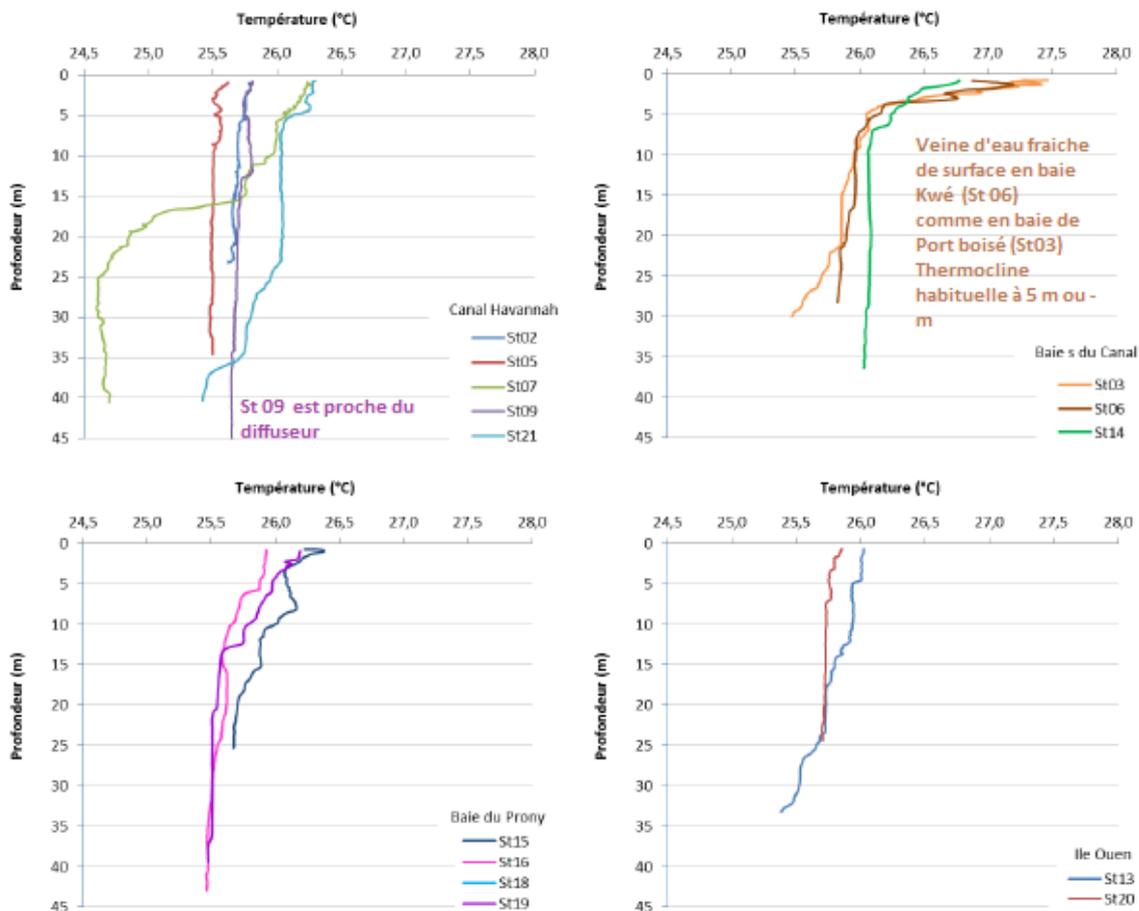
Globalement, la température moyenne est de $25,79 \pm 0,36^\circ\text{C}$. Elle est légèrement plus fraîche que l'année précédente à la même époque ($26,52 \pm 0,29^\circ\text{C}$), Météo France indique que l'épisode de forts vents (exceptionnellement long) lors du premier semestre 2019 a provoqué une baisse significative des températures de l'air.

La forme des profils verticaux permet de détecter les thermoclines et haloclines et d'en déduire les influences terrestres (creeks permanents et 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 (comme prévue par toutes les études et modélisation)**

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

Figure 25 : Profils des températures en MARS 2019 (S1-2019)



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 :**

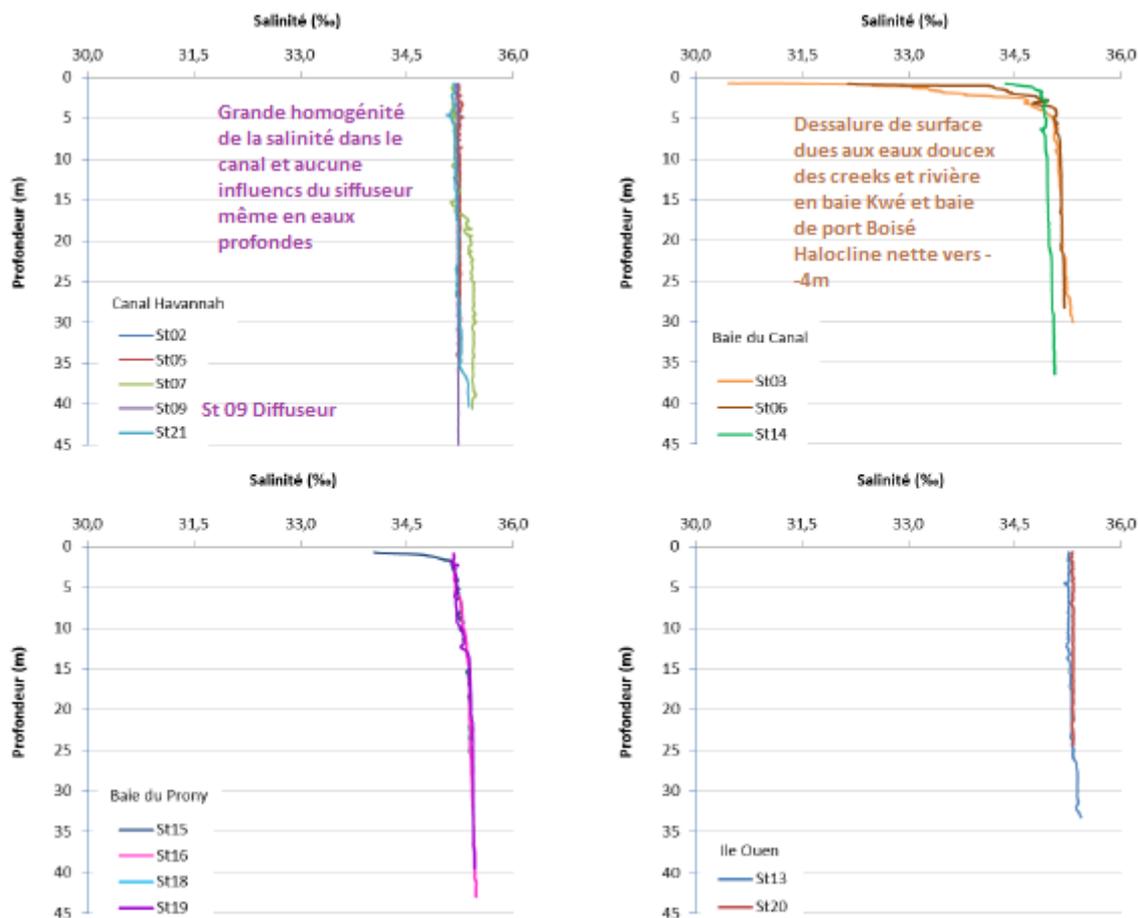
Les baies du Nord du canal de la Havannah (stations St03 -Port Boisé et St06-Baie Kwé) présentent une couche de surface de salinité moins bien individualisée, (une halocline), comme attendu en face un rejet permanent par un creek ou une rivière.

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

Le rejet d'effluent traité n'est aucunement perceptible sur la salinité, comme prévu. (Cf. courbe de la station 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 MARS 2019 (S1- 2019)



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. Le creek de la baie Nord en baie du Prony (St15) montre bien l'eau de surface dessalée avec un flux bien moindre que celui de la rivière Kwé, l'ensemble et cohérent.

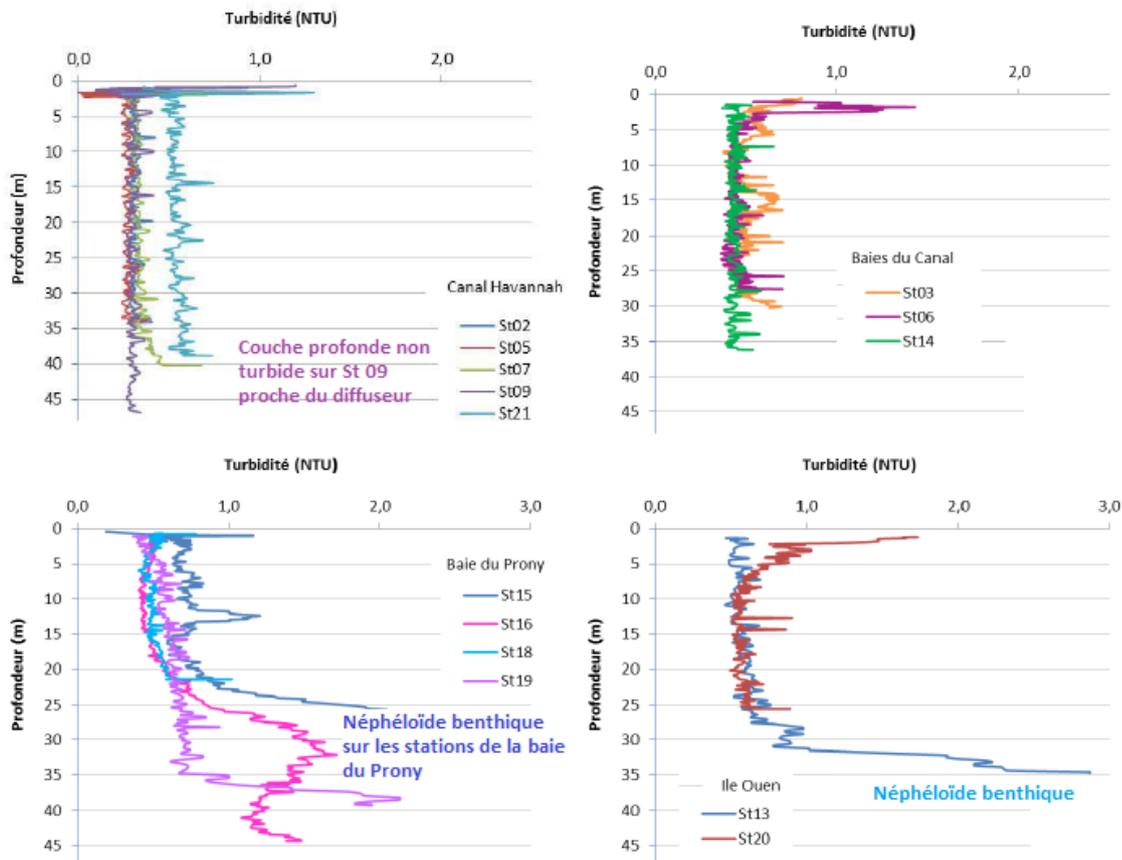
Ces résultats sur la structure verticale de la colonne d'eau sont conformes aux valeurs attendues sur les stations sous influence VNC et leur témoins

○ **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 détecte 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. L'ensemble des suivis de la turbidité par sonde CTD ne détecte pas d'anormalité.

Figure 27 : Profils des turbidités de la colonne d'eau sur les 14 stations échantillonnées dans la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de MARS 2019 (S1-2019)



○ **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, 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.



Lors des prélèvements de Mars 2019 la baie Kwé est comparable à son témoin.

La distribution verticale en chlorophylle montre qu'elle est essentiellement présente à mi-profondeur dans chacune des zones, à l'exception des stations St20, St13 St21. Ces résultats sont en lien avec les profils de fluorescence, montrant une intensité croissante à mi- profondeur des colonnes d'eau.

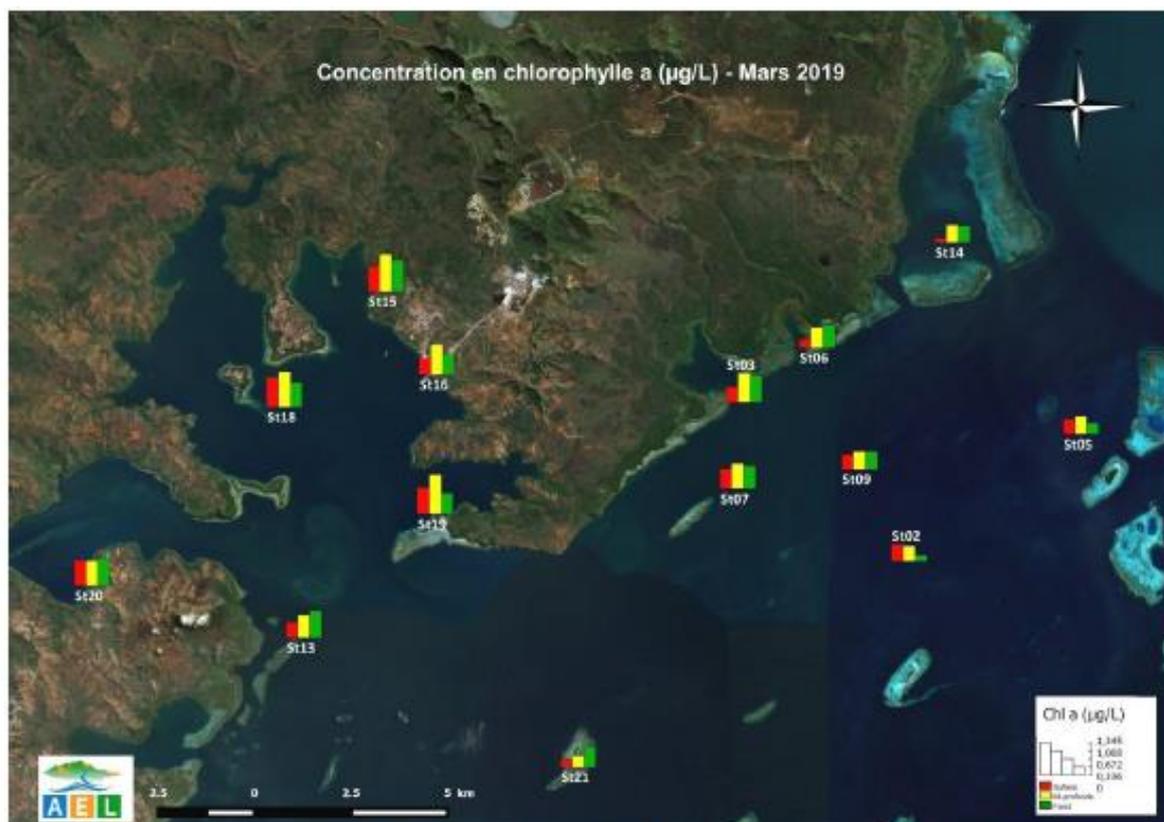
La concentration moyenne mesurée cette année en chlorophylle a ($0,725 \pm 0,280 \mu\text{g/L}$) dans l'ensemble de la zone d'étude, est plus élevée que les moyennes mesurées depuis le début du suivi (2009-2018 : $0,478 \pm 0,297 \mu\text{g/L}$). Par ailleurs, alors que la répartition de ce pigment est habituellement assez homogène sur les 4 zones définies, pour cette campagne, il est davantage présent dans la Baie du

Prony ($0,966 \pm 0,243\mu\text{g/L}$) et a contrario il est plus faible dans le Canal de la Havannah ($0,529 \pm 0,202\mu\text{g/L}$). Globalement, l'augmentation en Chl a pourrait être en lien avec les conditions climatiques globales mais une tendance n'est pas encore discernable.

A ce stade il n'y a aucun risque d'eutrophisation, cela décèle simplement une bonne activité phyto-planctonique à mi profondeur, en eau marine.

Le guide du CNRT/ZoNeCo-2011 donne une concentration en chlorophylle a tout à fait normale jusqu' à $1,5 \mu\text{g/L}$ et le maximum obtenu pour cette mission est de $1,3 \mu\text{g/L}$ sur les eaux de moyenne profondeur de la Station témoins St19 près du phare de bonne anse.

Figure 28 : Concentrations en chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2019



- **Concentrations en sels nutritifs : nitrates et nitrites, ammonium NH_4^+ , 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 faible 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 »).

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 MARS 2019

Zone d'étude	Statistique	Sels nutritifs ($\mu\text{mol/L}$) mars 2019.			
		NO_3+NO_2	NH_4	PO_4	SiO_4
Canal de la Havannah	Minimum	0,183	0,127	<0,050	1,23
	Maximum	0,940	2,050	0,107	1,54
	Moyenne	0,368	0,327	0,027	1,39
	Ecart-type	0,189	0,465	0,038	0,10
Baies du canal	Minimum	<0,050	0,174	<0,050	1,63
	Maximum	2,966	0,718	0,080	20,33
	Moyenne	0,504	0,307	0,080 (n=1)	5,12
	Ecart-type	0,937	0,183	-	6,58
Baie du Prony	Minimum	<0,050	0,065	<0,050	0,89
	Maximum	0,469	0,488	0,105	6,24
	Moyenne	0,126	0,302	0,042	1,86
	Ecart-type	0,146	0,133	0,039	1,44
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,051	<0,050	1,32
	Maximum	1,004	0,944	<0,050	1,58
	Moyenne	0,220	0,234	<0,050	1,45
	Ecart-type	0,393	0,349	-	0,09

Figure 29 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. Campagnes de MARS 2019

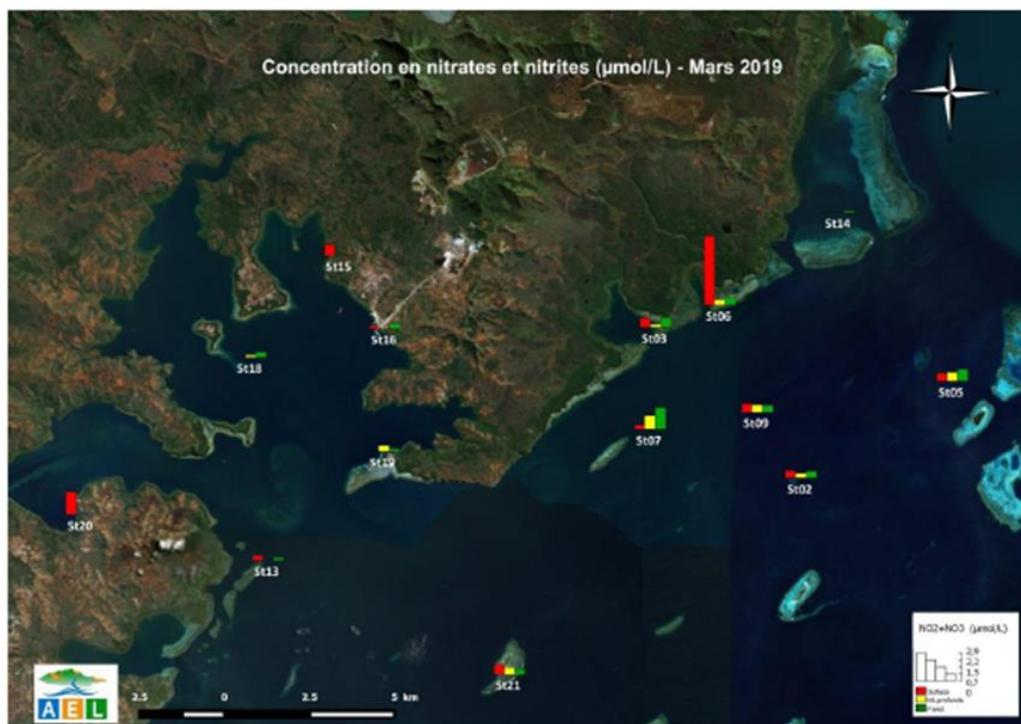

Maximum observée en plein canal de la Havannah, sur St 02, (hors influence Vale NC) avec un pic à $2 \mu\text{mol/L}$ sur St02 en surface ; mais la moyenne sur la colonne d'eau est de $0,84 \mu\text{mol/L}$.

Le guide du CNRT/ZoNeco-2011 indique une alerte possible si $\text{NH}_4 > 1 \mu\text{mol/L}$.

Cette concentration suggère soit une forte décomposition de débris organiques arrachés au platier, (l'intensité des vents qui ont sévi au premier semestre 2019 peut avoir contribué par la houle et le ressac qu'elle a engendrés), soit une remontée d'eaux profondes induite par le régime d'Alizés soutenu (Upwelling).

Les zones sous pression Vale NC ne présentent aucun pic en ammonium, en baie Kwé (St06) la concentration en surface est de 0,7 $\mu\text{mol/L}$ et sur son témoin St03 elle est de 0,5 $\mu\text{mol/L}$.

Figure 30 : Répartition spatiale des concentration en Nitrates & Nitrites. Campagne de MARS 2019

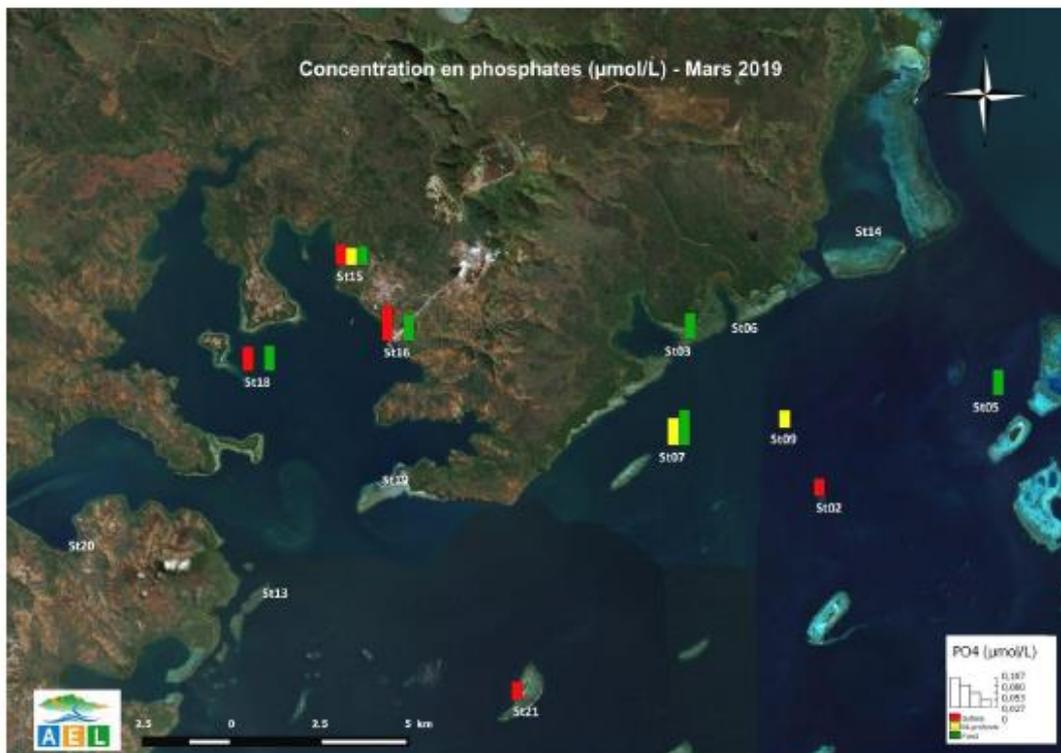


- Le guide CNRT/ZoNeCo-2011 indique pour les nitrates (seuls) **un risque d'eutrophisation à surveiller si la concentration Nitrates est > 20 $\mu\text{mol/L}$** avec une fourchette de variabilité élevée.
- A ce jour le maximum relevé dans la zone du Grand Sud a été, pour les [Nitrates + Nitrites] de 4,9 $\mu\text{mol/L}$ en 2007 sur la station St07 près du récif Iro (IRD, Etat des lieux 2007) en dehors de toute pression anthropique. La moyenne qui se situait à $0,236 \pm 0,006 \mu\text{mol. L}^{-1}$.
- **Un pic de concentration en [Nitrates+ Nitrites] est visible en baie Kwé (St06) lors de cette mission MARS-2019 avec une concentration ponctuelle de 2,9 $\mu\text{mol/L}$ en surface (et des concentrations très faibles à mi profondeur et au fond.)**
- La moyenne en [Nitrates+ Nitrites] pour cette mission est de : 0,368 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ dans le canal de la Havannah, de 0,504 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ dans les baies (Port-Boisé et Kwé) et de 0,126 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ en baie du Prony.
Données brutes complètes en annexe.

Ces fluctuations sont d'origine naturelle en fonction de l'activité phyto-planctonique.

Les phosphates quant à eux restent très faibles surtout en baie Kwé, comme le montre la figure suivante.

Figure 31 : Répartition spatiale des concentration en phosphates. Campagne de MARS 2019



Globalement, les valeurs des sels nutritifs sont très hétérogènes sur l'ensemble de la zone d'étude et réparties dans la colonne d'eau de façon variable. Ces valeurs reflètent soit, les apports terrigènes provenant des roches ultrabasiques lessivés lors des fortes précipitations précédant la campagne, soit le fort brassage des eaux par les vents particulièrement intenses et constants durant tout le premier trimestre 2019.

Pas d'alerte d'eutrophisation, les concentrations en nitrites/nitrates, phosphates et ammonium restent globalement inférieures aux indications d'alerte données par le guide CNRT/ Zonéco-2011



Le cas de silicates : on observe des concentrations en SiO_4 élevées aux embouchures des creeks et en surface de la colonne d'eau, phénomène identifié au niveau de la Baie Kwé avec une concentration maximale de $20,3 \mu\text{mol/L}$, comme au niveau de Port Boisé et du Creek de la Rade Nord. Le même phénomène s'est produit lors de la campagne d'avril 2017 pendant laquelle de fortes précipitations (191mm) se sont produites une dizaine de jours précédant la campagne.

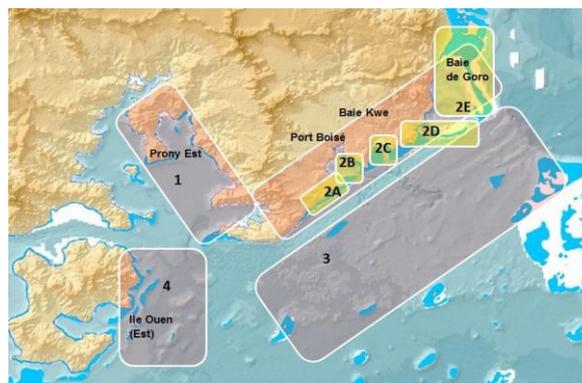
C'est un marqueur de l'arrivée d'eau douce en provenance des creeks, se concentrant en surface. Les études des états initiaux (IRD 2007) montraient bien la distribution de la silice qui permet de distinguer les deux domaines suivants : 1)- La Baie du Prony (et baie KWé /Baie Port Boisé) différenciées du 2)- Canal de la Havannah où l'on mesure les concentrations plus faibles.

- **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 $0,45 \mu\text{m}$.)

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 côtière 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 domaines d'influence. Elles sont rappelées ici dessus et les analyses semestrielles de la qualité de l'eau concordent avec ces domaines respectifs.

MARS 2019

► **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/an à 3 profondeurs /an et un rapport annuel dédié au port. Sur les 13 autres stations ils sont suivis deux fois/an avec des LQ inférieures ou égales au microgramme/L

Limite de quantification des métaux dissous.

Element	LQ (µg/L)
Cu	0,025
Pb	0,100
Zn	1,000

- Pour le Cu :

- Seulement quelques concentrations en Cu ont été quantifiables sur l'ensemble du domaine, au niveau du port de Prony la concentration en Cu en MARS 2019 est très faible avec une seule mesure à la limite de quantification soit 0,025 µg/L

Station	Niveau	Métaux dissous (µg/L)											
		As	Cd	Cr ^{VI}	Cr _{total}	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
Port de Prony	S	1,660	<0,025	0,450	0,530	0,045	0,025	<0,059	0,185	0,238	1,360	<1,00	
	ST16	M	1,850	<0,025	0,227	0,286	<0,027	<0,025	<0,059	0,103	0,144	<0,100	<1,00
	F	1,870	<0,025	0,174	0,240	<0,027	<0,025	<0,059	0,159	0,172	<0,100	<1,00	

Rappel sur les concentrations en Cu :

- Un maximum ponctuel avait été enregistré dans le canal Woodin en baie Iré (St 20), en dehors de toute influence de Vale NC avec : [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. Seule une LQ d'analyses très basse (LQ : 0,025 µg/L) permet de pouvoir analyser une aussi faible concentration.
- A titre indicatif le suivi des eaux de la **Grande Rade de Nouméa** donne régulièrement des concentrations en [Cu] de 2,2 µg/L avec une limite LQ d'analyses de 1 µg/L (Source site Internet *CEIL / Soproner, Suivi de la grande rade*)
- Le maximum en Cu dans la zone d'étude du Grand sud est de : 1,318 µg/L sur la station St 14 en baie Goro (hors influence VNC) en avril 2017. C'est la concentration maximale en Cu jamais relevée à cette date dans tout de domaine suivi.
- **Un seuil de 0,06 mg/l est proposé dans le guide pour la qualité d'eau de l'état du Queensland australien (2009). Soit : 60 µg/L**, il sert de référence à de nombreux suivis. Cependant VNC

s'attache d'avantage à une étude des tendances évolutives qu'à des recommandations australiennes aussi élevées.

Le port de Prony ne présente à ce jour aucune alerte quant à cet élément [Cu] et il n'en a jamais présenté une.



- Pour le Zn

Le Zn au niveau du port est $< LQ$: $1,00 \mu\text{g/L}$ sur les stations pour cette mission S1/2019 ; comme pour les missions précédentes. La figure suivante représente les concentrations en Zn sur les 14 stations suivies à 3 profondeurs en MARS 2018 (84 analyses /an)

En baie Kwé une seul valeur au-dessus de la LQ avec : $1,4 \mu\text{g/L}$, ce qui faible et comparable à ne témoins comme le banc Kié avec $1,1 \mu\text{g/L}$

Figure 32 : Concentrations en Zn dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle MARS 2019



La valeur obtenue en zone témoins près du récif loro, St07-fond avec $5,833 \mu\text{g/L}$ alors que sur les autres strates les concentrations en Zn de cette stations sont $< LQ$, reste sujette à caution comme toute valeur ponctuelle exorbitante et d'autant plus que les autres stations du canal et autres couches d'eau donnent des conc [Zn] $< LQ$

Le guide pour la qualité d'eau de l'état du Queensland australien (2009) donne une valeur seuil de $0,03 \text{ mg/l}$, (**soit $30 \mu\text{g/L}$**) et les concentrations dans la grande rade nouméenne varie de $0,001 \text{ mg/l}$ à $0,01 \text{ mg/L}$ ($10 \mu\text{g/L}$) (Sources : site Internet ŒIL/ Soproner : Suivi gd rade)

Au niveau de la station St09 la plus proche du diffuseur [Zn] $< LQ$ sur les 3 échantillons prélevés.

- Pour le Pb

Lors de cette mission MARS 2019 : Le Pb au niveau du port est en concentrations $< LQ$: $0,1 \mu\text{g/L}$ dans les eaux de mi profondeur et de fond et il est quantifiable avec [Pb] : $1,36 \mu\text{g/L}$ en surface. (Cf. chapitre sur le port de Prony)

Les eaux du centre du canal de la Havannah, en zone témoins hors influence anthropique présentent ponctuellement $1,357 \mu\text{g/L}$ (St07).

De telles concentrations en métaux dissous en matrice saline sont détectées parce que les LQ d'analyses exigées par VNC sont très basses (LQ Pb : $0,1 \mu\text{g/L}$) ; à titre indicatif la grande rade de Nouméa est suivie avec une LQ sur le Pb de $1 \mu\text{g/L}$ et des concentrations en Pb sont relevées à $2,2$

µg/L. Le seuil proposé par l'état du Queensland est de 0,03 mg/l soit **30 µg/L** (Source CÉIL / Soproner : Suivi de la grande rade)

La station proche du diffuseur présente des concentrations en [Pb] < LQ : 0,1 µg/L au fond comme sur les autres strates.

Figure 33 : Concentrations en Pb dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle MARS 2019



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 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 et en fin d'année un rapport annuel est dédié au port de Prony.

Les résultats 2019, comme ceux des années précédentes, ne montrent aucune élévation des concentrations en Cu, Zn ou Pb dissous au niveau du port de Prony.

En baie Kwé et dans la zone proche du diffuseur Cu, Pb et Zn sont <LQ ou très faibles. Les limites de quantification les plus basses possibles doivent être exigées dans un plan de suivi (ce qui est respecté chez VNC) afin de ne pas biaiser les résultats :

- en passant sous silence de nombreuses données dites <LQ et
- en exagérant le pouvoir anxiogène de données analysées avec des LQ infinitésimales

Se référer au guide australien du Queensland ou à des seuils d'études Eco-toxicologiques ANZEC n'est pas la méthodologie adoptée par Vale NC qui préfère se référer aux états initiaux, aux stations témoins et aux tendances évolutives.

Le guide du lagon calédonien CNRT/ZoNeco- 2011 est une référence mais il ne donne pas d'indications sur Cu, Zn et Pb. Pour les métaux Ni, Co et Mn il est bien plus sévère que le guide du Queensland. Le nouveau guide CNRT-2020 donnera probablement des indications calédoniennes pour tous les métaux dissous du cortège latéritique et sur les indicateurs portuaires

► Au niveau de Cd, As et Fe

Cd : Les concentrations en cadmium sont toutes en dessous de la LQ fixée (<0,025 µg/L) ; le Cd étant dans l'environnement latéritique à l'état de traces, il est le plus souvent non quantifiable

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

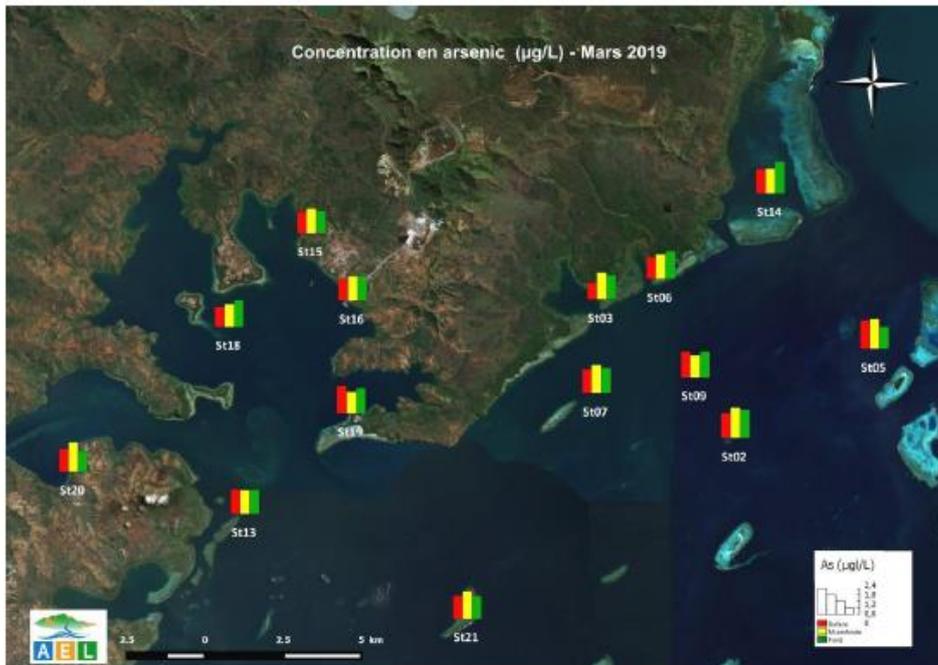
Globalement, aucune tendance (ni horizontale ni verticale) n'a été constatée en 11 années de suivis. L'arsenic étant un élément ubiquiste, les variations sans un apport tiers sont à lier avec les évolutions naturelles du milieu, les éruptions volcaniques lointaines et des facteurs indépendants de VNC.

Les concentrations moyennes d'As sur l'ensemble de la zone d'étude sont assez stables en mars 2019 ($1,89 \pm 0,23 \mu\text{g/L}$) et du même ordre de grandeur que durant les campagnes précédentes. Aucune tendance spatiale claire n'est constatée. Une compilation est donnée dans le tableau ici dessous et les données brutes par station et aux 3 pondérations sont fournies en annexe de ce rapport.

Tableau 16 : Compiation des concentrations en As dans la zone d'étude entre 2007 et 2019

Zone d'étude	Statistique	As ($\mu\text{g/L}$)											
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17	mars-18	mars-19
Canal de la Havannah	Minimum	1,20	0,15	ND	ND	ND	1,70	1,00	1,40	1,20	1,20	1,40	1,58
	Maximum	1,47	0,47	ND	ND	ND	1,90	2,00	2,50	2,60	2,40	1,90	2,23
	Moyenne	1,29	0,32	ND	ND	ND	1,79	1,50	1,84	1,90	1,82	1,64	1,82
	Ecart-type	0,06	0,09	ND	ND	ND	0,07	0,52	0,33	0,45	0,41	0,15	0,20
Baies du Canal	Minimum	1,20	0,16	ND	ND	ND	1,60	2,00	1,50	1,20	1,60	1,30	1,65
	Maximum	1,41	0,48	ND	ND	ND	2,00	2,00	2,40	3,10	2,80	1,90	2,39
	Moyenne	1,31	0,35	ND	ND	ND	1,79	2,00	1,95	1,81	1,93	1,58	1,93
	Ecart-type	0,06	0,10	ND	ND	ND	0,15	0,00	0,31	0,60	0,40	0,19	0,21
Baie du Prony	Minimum	1,07	0,17	ND	ND	ND	1,50	1,00	1,50	1,10	1,20	1,30	1,64
	Maximum	1,32	0,62	ND	ND	ND	1,90	2,00	2,40	2,50	2,10	1,70	2,31
	Moyenne	1,20	0,39	ND	ND	ND	1,70	1,80	1,80	1,65	1,72	1,47	1,98
	Ecart-type	0,07	0,13	ND	ND	ND	0,13	0,42	0,30	0,44	0,29	0,14	0,23
Ile Ouen	Minimum	1,29	0,33	ND	ND	ND	1,70	1,00	1,30	1,20	1,10	1,50	1,31
	Maximum	1,31	0,50	ND	ND	ND	1,80	3,00	1,70	2,30	1,50	1,70	2,08
	Moyenne	1,30	0,40	ND	ND	ND	1,77	2,00	1,47	1,85	1,40	1,60	1,75
	Ecart-type	0,01	0,06	ND	ND	ND	0,05	0,71	0,14	0,47	0,20	0,09	0,30

Figure 34 : Concentrations en As dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle MARS 2019



Fe dissous : 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 il ne 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.)

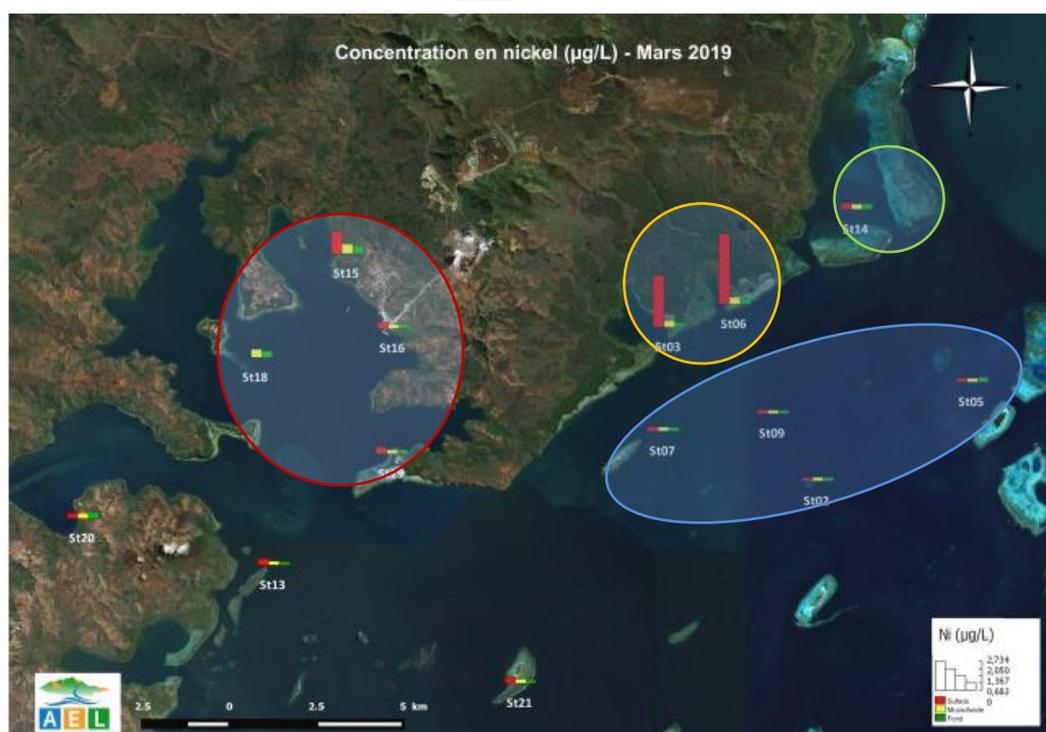
► **Au niveau des métaux indicateurs terrigènes : Ni, Co Cr, Cr (VI), et Mn**

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 dissous)

- 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 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 35 : Concentrations en Ni sur toutes les stations- MARS 2019



- En baie Kwé (St06), comme en baie de Port Boisé (St 03) et de façon relativement moindre en face le creek de la Baie Nord (St15), les rivières permanentes apportent leur signature terrigène en Ni sur la veine d'eau dessalée de surface, ces concentrations en Ni dépendent de la pluviométrie et de la surface du bassin versant drainé par la rivière. En baie de Prony, les vents de secteurs Sud et Sud-Ouest confient parfois les eaux de surface en fond de baie.
- Pour la missions MARS 2019 il y a eu plus de 150 mm de pluie juste avant et pendant les prélèvements.
- Remarquer le parallélisme entre la baie Kwé et son témoin la baie de Port Boisé.
- *Les tendances évolutives sont données dans le chapitre suivant. Les données brutes intégrales sont en annexe de ce rapport.*
- **Au niveau de la station St09 proche du diffuseur il n'y a aucune concentration en Ni, même en profondeur, qui soit supérieure à celles des autres zones du canal de la Havannah**

- Concentration en nickel au niveau des zones côtières dans la veine d'eau dessalée de surface :
 - [Ni] St 06 Baie Kwé –Surface : 2,73 µg/L ; [Ni] St 03 Baie de Port Boisé –Surface : 2,01 µg/L
 - Le guide du CNRT/ZoNeCO-2011 donne une indication de milieu perturbé si [Ni] >0,75 µg/L, sans indiquer la nature de la perturbation. Dans ce cas la perturbation est due à la météo très ventée et pluvieuse en ce mois de Mars 2019 (la baie Kwé et son témoin évoluent pareillement).
 - Le seuil proposé par l'état du Queensland à l'égard du Nickel est de 10 µg/l.
 - A titre de comparaison la grande rade nouméenne présente des concentrations en Ni qui atteignent 15 µg/L (Source : CEIL/ Suivi de la grande rade par Soproner).

Ces mêmes constatations sont renforcées avec les autres métaux dissous comme le Co ; Mn et Chrome

Figure 36 : Concentrations en Co sur toutes les stations- MARS 2019



Figure 37 : Concentrations en Cr Total sur toutes les stations- MARS 2019

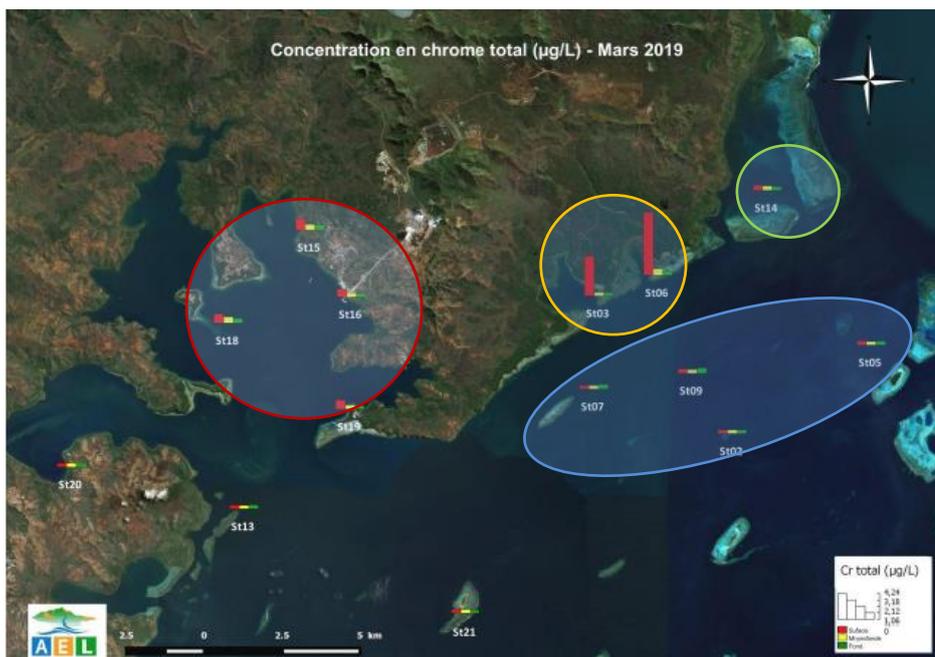


Figure 38 : Concentrations Cr (VI) sur toutes les stations-MARS 2019

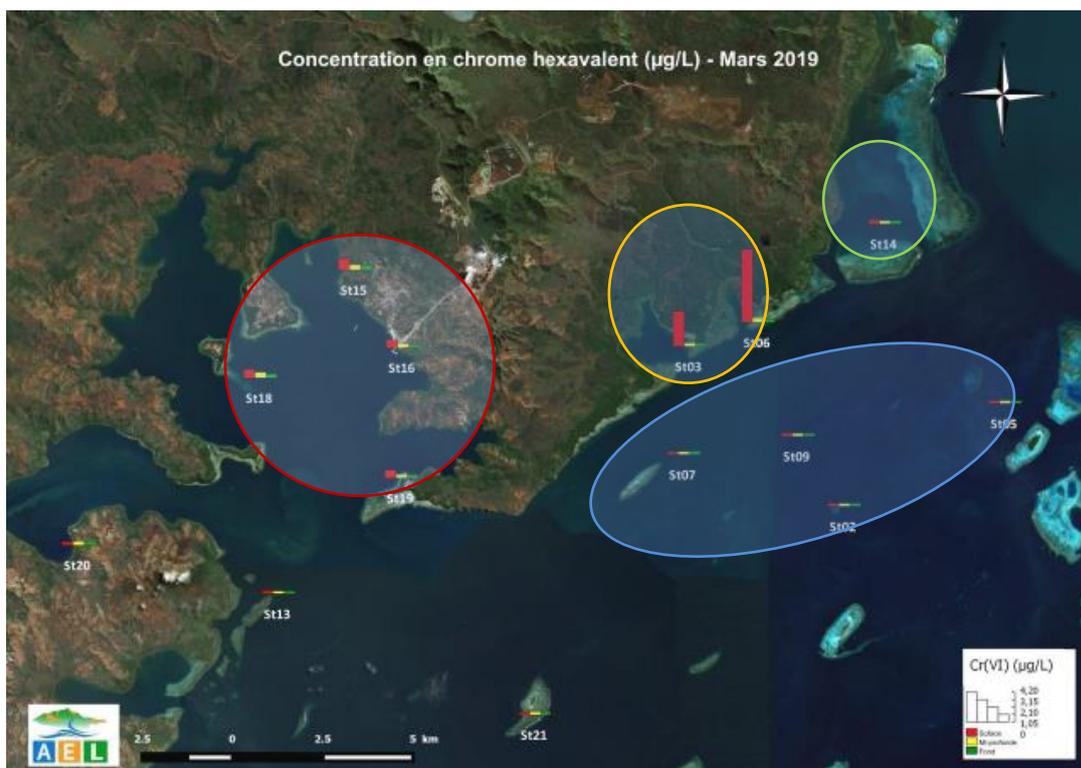
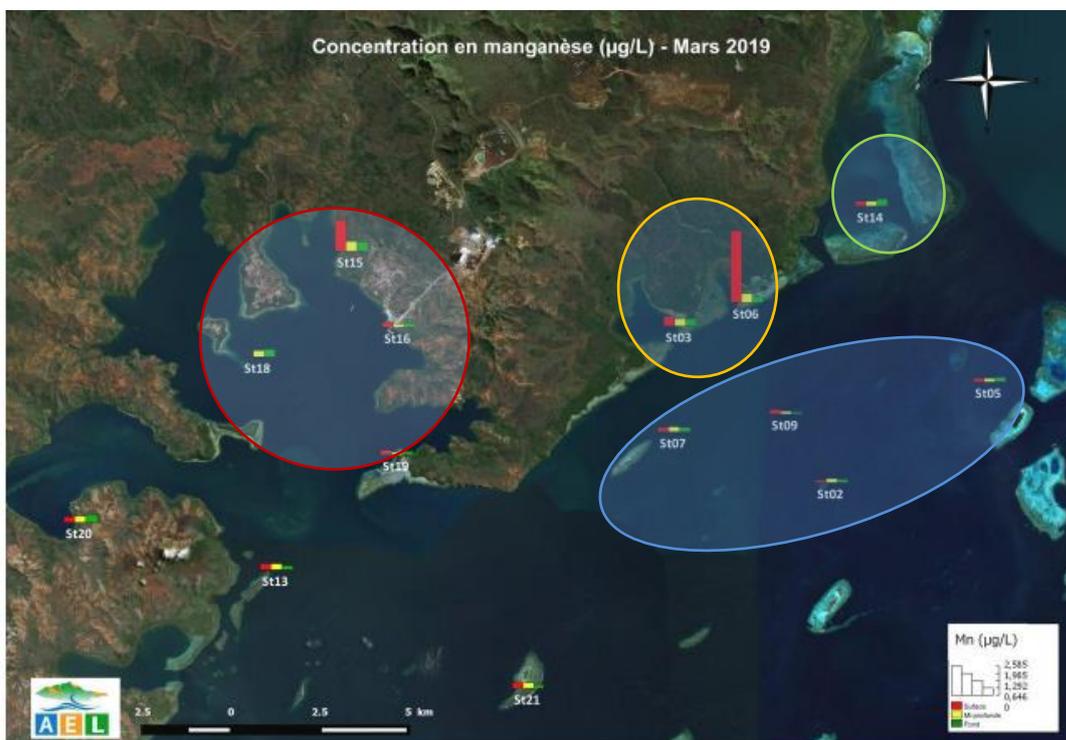


Figure 39 : Concentrations Mn sur toutes les stations-MARS 2019



- Aucune influence décelable du diffuseur sur la Station St09 (proche du diffuseur), les concentrations en Ni, Cr, Cr(VI), Mn et Co sur la station St09 de surveillance du diffuseur restent du même ordre de grande infinitésimale que sur le reste du canal de la Havannah, même en profondeur.



Le suivi en champ très proche des orifices de rejet donnera plus d'information (Cf. chapitre dédié)

En baie Kwé les teneurs de la veine d'eau de surface en indicateurs terrigènes sont comparables ou légèrement supérieures à celle relevées dans la baie qui est son témoin : Port Boisé, en cohérence avec les surfaces des bassins versants qui sont supérieures pour la baie Kwé.



La barrière hydrodynamique qui rabat les panaches dessalés issus des baies sur la côte Nord du canal de la Havannah est bien active (cf. Chapitre 3.2.10), les eaux des 4 stations du canal de la Havannah ne présentent pas les concentrations élevées en Ni, Co, Mn, Cr et Cr (VI) - qui sont le cortège de signature d'influence terrestre - même après les fortes pluies qui ont influencé cette mission de Mars 2019. (En cohérence avec les profils verticaux de la colonne d'eau, (sondes CTD), sans halocline (dessalure) ni thermocline sur les stations du canal).

Le port de Prony ne présente aucune concentration en Ni, Co, Mn, Cr et Cr (VI) élevée



La station en face le creek Baie Nord enregistre la signature des eaux douces influencées par les traceurs terrigènes de façon normale.

Vale NC compare les concentrations des éléments aux valeurs indicatives données dans le Guide du lagon CNRT/ZoNeCo- 2011 pour les 3 métaux qui y sont présentés : Ni, Mn, Cr(VI) ; d'autres opérateurs calédoniens comparent leurs données aux indications de la qualité de l'eau du Queensland (ou autres références éco-toxicologiques ANZEC) mais ces dernières réf donnent des limites jusqu' à 100 fois plus élevées que celle du guide CNRT/2011.



Aucune de ces références ne tient lieu de seuil règlementaire et une analyse raisonnée est nécessaire (méthode BACI) en comparant une station sous pression d'Impact et une station Témoins et en suivant les évolutions temporelles des concentrations, en relation avec la saison et les conditions météo du moment.

En face le creek Baie Nord (St 15 - Bassin versant de l'usine) et au port de Prony (St16), les concentrations obtenues indiquent l'influence des dernières pluies (> 150mm) mais sans perturbation anormale dans ce contexte météorologique, par rapport aux indications les plus sévères : celle du guide du CNRT/ZoNeCo- 2011 la veine d'eau de surface des baies peut être dite « perturbée », mais par rapport à d'autres réf, elle est de très bonne qualité.(Cf. les tableaux ci-dessous)

Tableau 17 : Comparaison avec des référentiels utilisés en Nouvelle-Calédonie
Pour les stations Port et Creek Baie Nord

		Métaux dissous en µg/L											
Station	Niveau	As	Cd	Cr ^{VI}	Cr _{total}	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
Creek Baie Nord	S	1,620	<0,025	0,654	0,754	0,160	<0,025	<0,059	1,118	0,862	0,126	<1,00	
	ST15	M	1,900	<0,025	0,302	0,374	0,080	<0,025	<0,059	0,348	0,368	<0,100	<1,00
	F	1,680	<0,025	0,264	0,330	0,059	<0,025	<0,059	0,329	0,293	<0,100	<1,00	
Port de Prony	S	1,660	<0,025	0,450	0,530	0,045	0,025	<0,059	0,185	0,238	1,360	<1,00	
	ST16	M	1,850	<0,025	0,227	0,286	<0,027	<0,025	<0,059	0,103	0,144	<0,100	<1,00
	F	1,870	<0,025	0,174	0,240	<0,027	<0,025	<0,059	0,159	0,172	<0,100	<1,00	
Guide du lagon calédonien CNRT 2011		Milieu non perturbé Cr(VI) < 0,25 Milieu perturbé si Cr(VI) > 0,60			µg/L	Milieu non perturbé si Mn < 0,35 et Ni < 0,40 Milieu perturbé si Mn > 0,80 et Ni > 0,75			µg/L				
Guide du Queensland (Source: OEIL / Soproner Suivi de la grande rade de Nouméa)		Milieu non perturbé si Cr < 100			µg/L	Milieu non perturbé si Mn < 10 et di Ni < 10			µg/L				

Au niveau de la baie Kwé, la perturbation des eaux de surfaces est proportionnelle à celle de sa baie témoins, (Bassins versants Baie KWé > Bassins versants port boisé). Les concentrations restent bien inférieures aux seuils du guide du Queensland (cité par l'OEIL /Soproner comme référence) ; le guide du CNRT/2011 indique qu'une perturbation a lieu, sans en suggérer la nature, la pluviométrie intense

les 5 jours avant la mission et les conditions météo exceptionnelles du premier semestre 2019 sont à prendre en compte.

**Tableau 18 : Comparaison avec des référentiels utilisés en Nouvelle -Calédonie
Pour les sations en baie Kwé et Baie de Port boisé**

Station	Niveau	Métaux dissous (µg/L)											
		As	Cd	Cr ^{VI}	Cr _{total}	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
Baie Kwé ST06	S	1,640	<0,025	4,200	4,240	0,164	<0,025	<0,059	2,585	2,734	0,202	1,485	
	M	1,880	<0,025	0,279	0,430	<0,027	<0,025	<0,059	0,310	0,260	0,125	<1,00	
	F	2,090	<0,025	0,193	0,264	0,027	<0,025	<0,059	0,205	0,197	<0,100	<1,00	
Témoins: Baie de Port boisé ST03	S	1,310	<0,025	2,020	2,680	0,217	<0,025	<0,059	0,340	2,014	0,133	<1,00	
	M	2,080	<0,025	0,211	0,228	0,033	<0,025	<0,059	0,255	0,265	<0,100	<1,00	
	F	1,860	<0,025	0,191	0,230	<0,027	<0,025	<0,059	0,252	0,195	<0,100	<1,00	
Guide du lagon calédonien CNRT 2011		Milieu non perturbé Cr (VI) < 0,25 Milieu perturbé si Cr (VI) > 0,60					µg/L,	Milieu non perturbé si Mn < 0,35 et Ni < 0,40 Milieu perturbé si Mn > 0,80 et Ni > 0,75					µg/L,
Guide du Queensland (Source: OEIL / Soproner Suivi de la grande rade de Nouméa)		Milieu non perturbé si Cr < 100					µg/L,	Milieu non perturbé si Mn < 10 et d'i Ni < 10					µg/L,

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 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

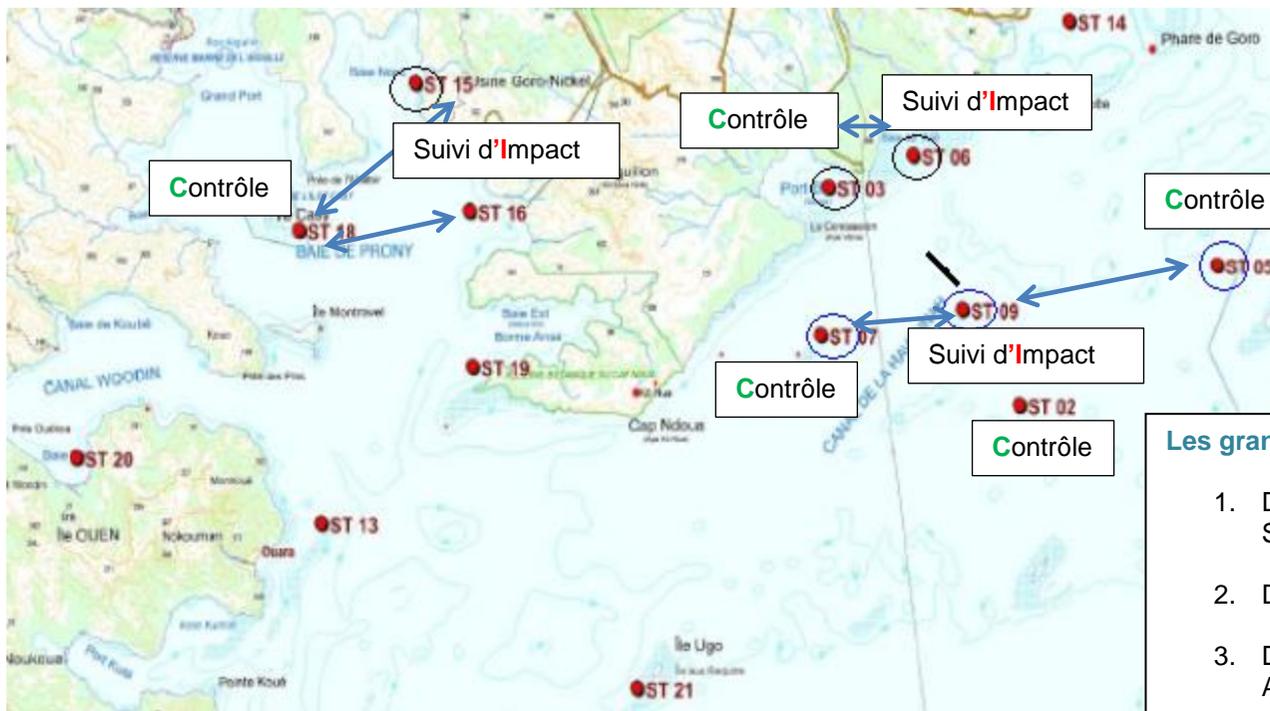
Les stations sentinelles présentées ici pour cette analyse temporelles sont :

- St 15 : Baie du Prony Rade Nord (sous Influence VNC)
- St 06 : Baie Kwé (sous Influence VNC)
- St 03 : Baie de Port boisé (son « homologue » de Contrôle-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** (Before/After & Impact /Control)

Figure 40: Rappel de la position et de la nomenclature des stations « sentinelles » suivies



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

Les grands domaines distincts:

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

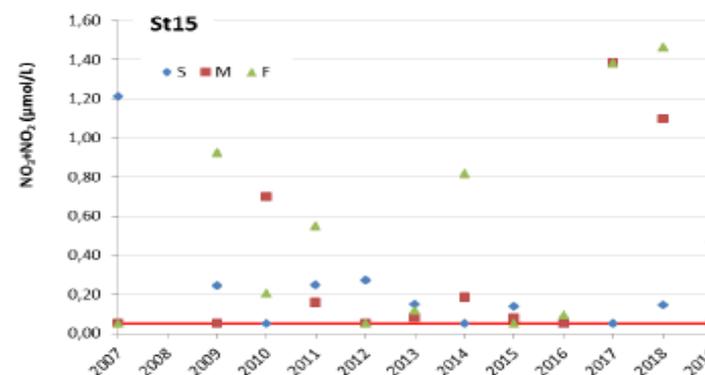
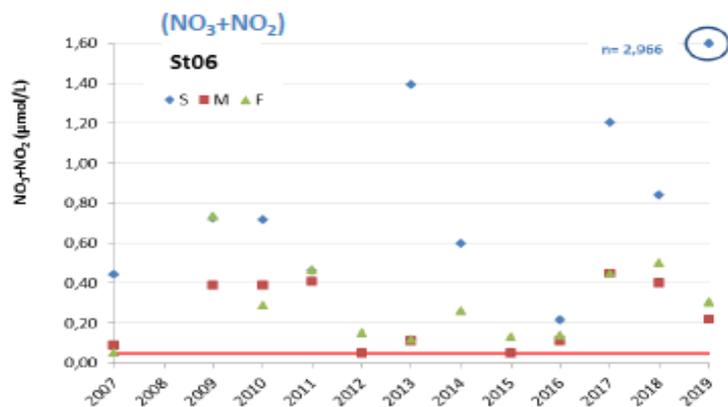
Les stations proches du diffuseur sont : St09, St07 et St02

Les figures suivantes présentent l'évolution temporelle des concentrations en métaux Entre 2007 et 2017

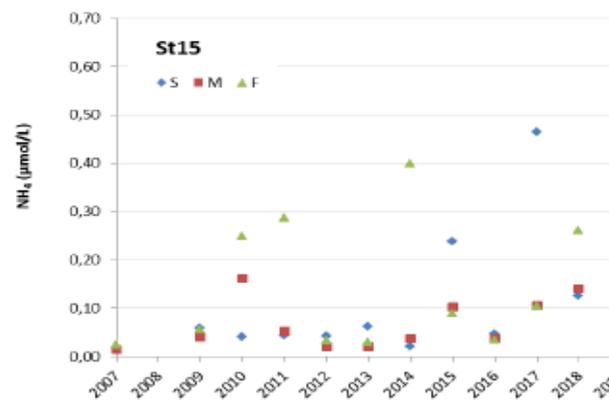
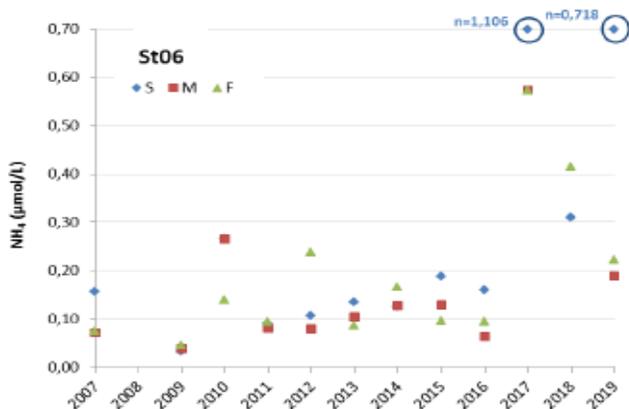
Sur des stations sélectionnées comme sentinelles et si possible allant de pair : station sous influence Vale NC et son homologue hors influence (Méthode de suivi : Impact/Control qui, couplée au suivi temporel de la station sentinelle surveillée : Before/After, conduit à une **stratégie BACI**)

Figure 41 : 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 2007 et 2019 en saison chaude (MARS)

(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/Zoneco), les concentrations en [nitrates + nitrites] relevées depuis 2008 sont rassurantes et n'indiquent pas de pollution. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.

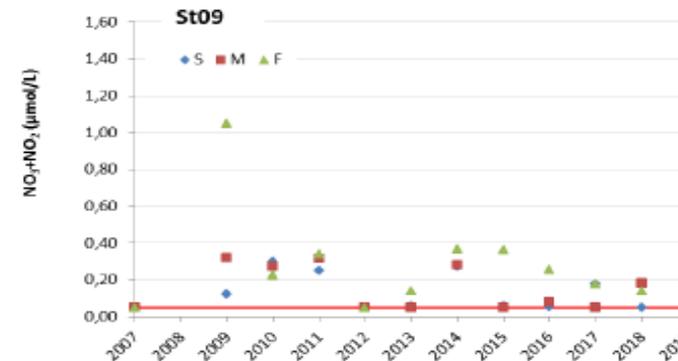
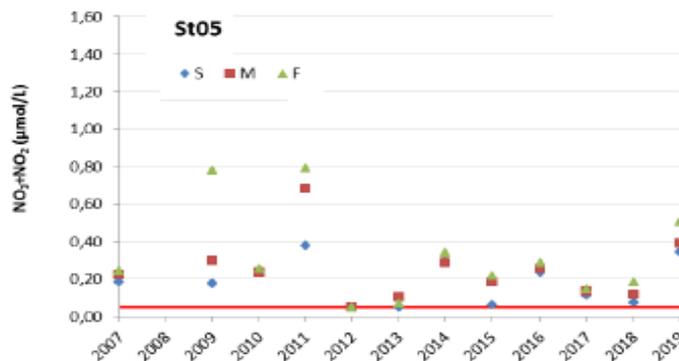


Pour l'ammonium NH₄ le guide indique une perturbation inquiétante si NH₄ > 1 µ moles/ L. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.
En annexe le rapport intégral issu du laboratoire donne d'avantage de précisions et explications

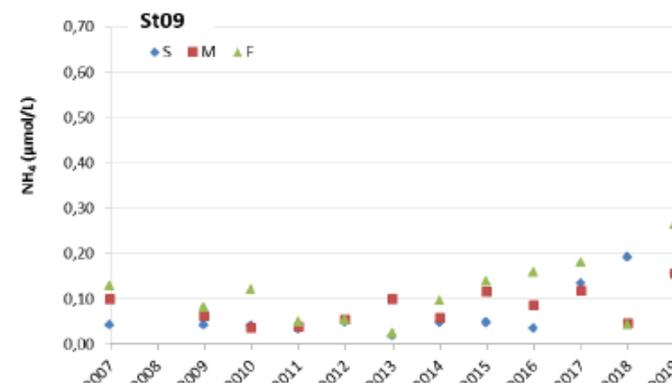
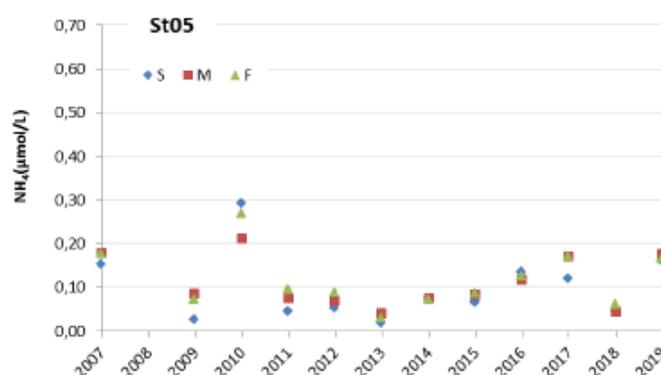


La station ST09 « surveille » le rejet d'effluent traité, elle n'indique aucune perturbation et reste comparable à la station témoins St 05.

Figure 42 : Evolution des concentrations **Nitrates et Nitrites (NO₃+NO₂) et Ammonium (NH₄+)** sur St09 proche du DIFFUSEUR et sur son TEMOINS St05 de 2008 et 2019 en saison Chaude(MARS)



La limite de risque d'eutrophisation (sur ce type d'hydro-région) est de **NO₃ > 3 µ 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 NH₄ le guide indique une perturbation avec risque d'eutrophisation si **NH₄ > 0,7 µmoles/L**. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.

En annexe le rapport intégral issu du laboratoire donne d'avantage de précisions et explications

Figure 43 : Evolution des concentrations en **Cobalt (Co)** aux stations sentinelles entre 2007 et 2019, en saison Chaude (Mars)
 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).

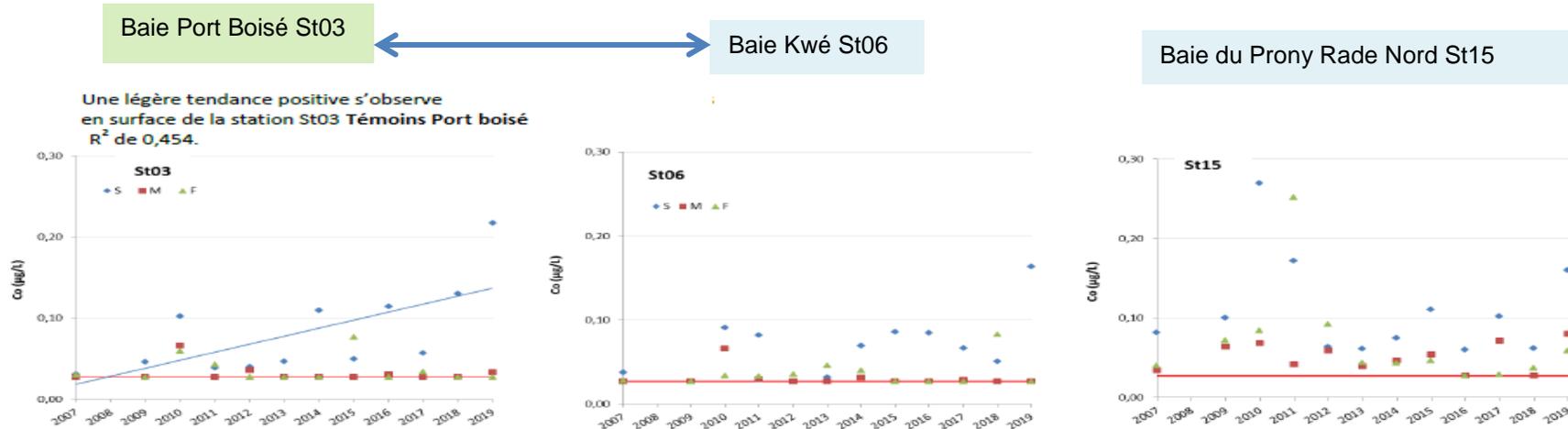
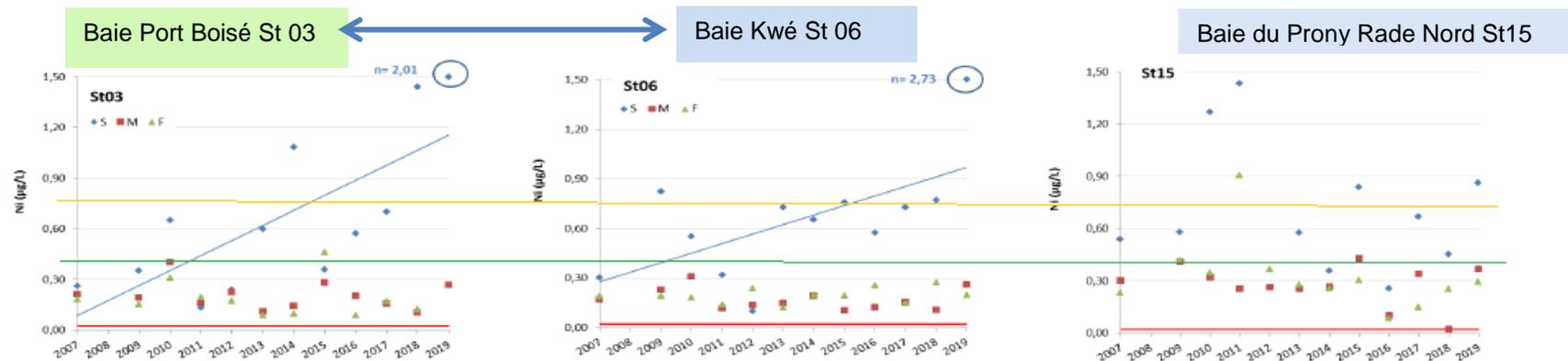


Figure 44 : Evolution des concentrations en **Nickel (Ni)** aux stations sentinelles entre 2007 et 2019 en saison chaude (Mars)

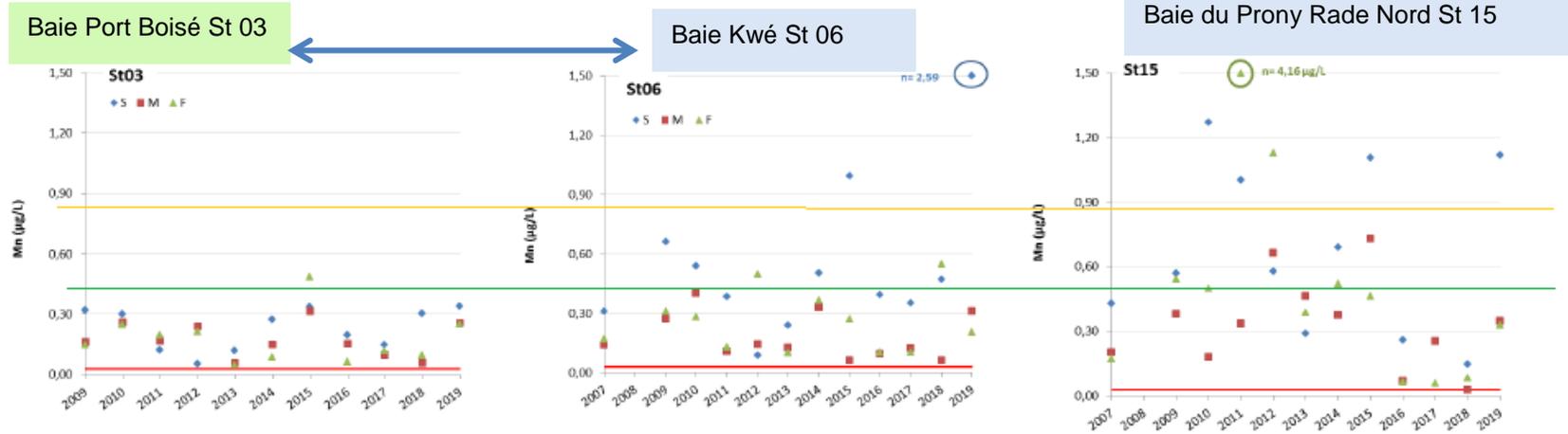


Le trait rouge représente la limite de quantification pour cet élément (Ni : 0,022 µg/L). A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé et en orange la concentration indiquant une perturbation éventuelle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

En annexe le rapport intégral issu du laboratoire donne d'avantage de précisions et explications

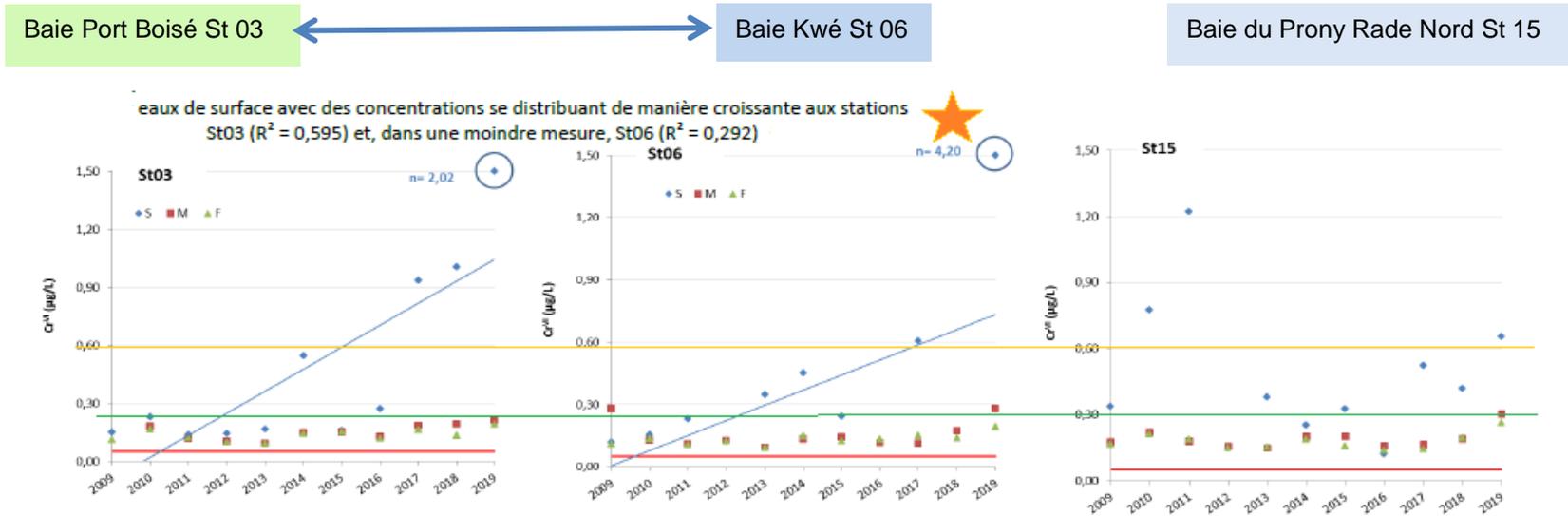
Résultats. Evolutions temporelles

Figure 45 : Evolution des concentrations en **Manganèse (Mn)** aux stations sentinelles entre 2008 et 2019 en saison chaude (Mars) .



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 46 : Evolution des concentrations en **Chrome hexavalent (CrVI)** aux stations sentinelles entre 2008 et 2019 en saison chaude (Mars) .



Synthèse : Baie Kwé et métaux dissous : Ni, Co, Cr et Mn

En baie Kwé (sous pression minière) l'évolution de l'ensemble des paramètres suivis est parallèle à l'évolution suivie dans la baie de Port Boisé, son témoins.

➤ Il n'y a pas de dérive évolutive de la baie Kwé par rapport à son témoins

Ces deux baies sont deux hydro-régions marines du type « fond de baie » quasi homologues, avec une différence de surface de bassins versants (deux fois plus grande en baie Kwé) et un hydrodynamisme plus puissant en baie Kwé, cependant il n'existe aucune autre baie « homologues témoins » de la baie Kwé aussi proche que l'est la baie de Port Boisé.

-La grande baie de Goro est une entité différente, non comparable.

-La vaste baie du Prony est une hydro-région de type « fond de baie » elle aussi, mais uniquement dans sa zone Nord sous influence de creek permanents, plus on va vers le Sud de la baie de Prony et d'avantage l'influence marine s'intensifie puis domine.

Comme toutes les baies sous influence permanente d'une rivière, ces hydro-régions montrent naturellement et constamment :

-Une thermocline et une dessalure de la strate des premiers 5 m d'eau,

-Cette eau de surface porte la signature terrigène avec des concentrations en Ni, Co, Cr, Cr (VI) et Mn dissous dans l'eau, relativement élevée, et

-L'eau des strates de mi profondeur et de fond reste relativement pauvre en ces métaux dissous.

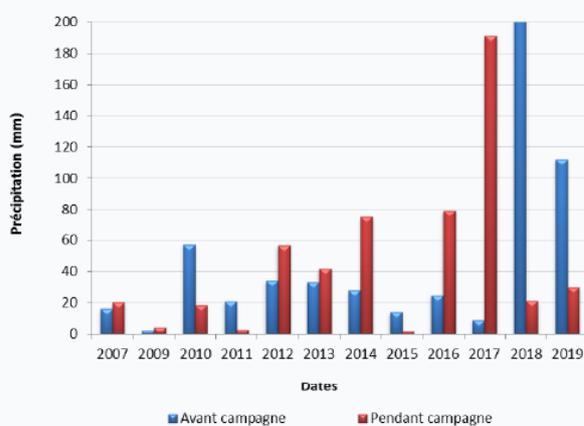
-Ces concentrations sont d'autant plus fortes que le flux du (ou des) creek qui alimente la baie est élevé et que la pluviométrie durant la mission (et les 5 jours auparavant) a été forte.

-Les vents de secteurs Sud qui confinent les eaux dans les baies peuvent aussi accentuer les concentrations en métaux dissous.

- Par rapport aux références données par le guide du CNRT/ZoNeCo- 2011 et aux références du guide de la qualité de l'eau de mer du Queensland (*CEil/Soproner/ Rapports de suivi de la rade de Nouméa*), les concentrations de ce cortège de métaux indicateurs terrigènes restent faibles (en saison sèche) et sont raisonnablement faibles (en saison de pluies).

Une analyse rapide de l'évolution temporelle des concentrations de ces métaux dissous, laisse percevoir une légère tendance à la hausse pour le Cr(VI), le Ni et le Co dans la baie- témoin de Port Boisé ; et une tendance à la hausse plus faible en baie Kwé ; pour la saison humide (et chaude) Cette hausse est à corréliser avec les 3 dernières années qui ont été marquées par une très intense pluviométrie au moins de mars, comme le rappelle la figure suivante :

Tableau 19 : Pluviométrie en saison chaude et humide, portant influence sur les échantillonnages de mars



- 2017, 2018 et 2019 ont été échantillonnées (en saison chaude) sous l'influence d'intenses pluviométries qui tirent à la hausse les concentrations des métaux dissous Ni, Co, Mn, Cr
- Le fait que la tendance soit plus accentuée en baie témoins qu'en baie Kwé montre qu'il n'y a pas de dérive de la qualité de l'eau de la baie Kwé.
- Une étude statistique poussées des données qui sont archivées depuis 2007 dans ces deux baies seraient un plus. En saison humide comme en saison sèche.

Figure 47 : Evolution des concentrations en métaux dissous (**Le Nickel**) dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2019 – Saisons chaudes (Mars)
 Station proche du DIFFUSEUR (St 09) et deux **TEMOINS** dans le canal : St 07 et St 05

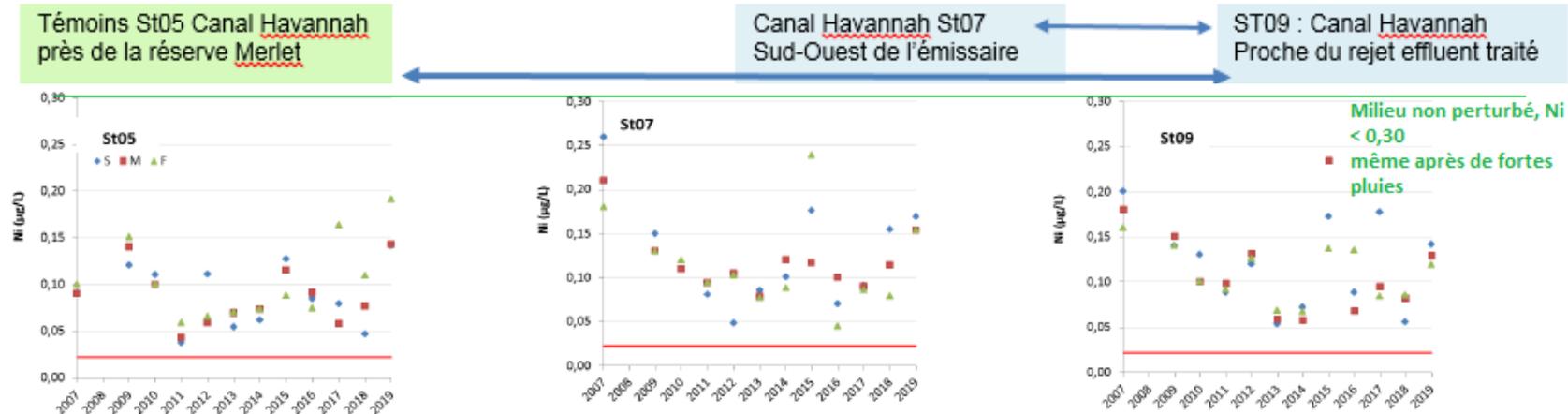


Figure 48: Evolution en métaux dissous (**Le manganèse (Mn)**) dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2019 -Saisons chaudes (Mars)

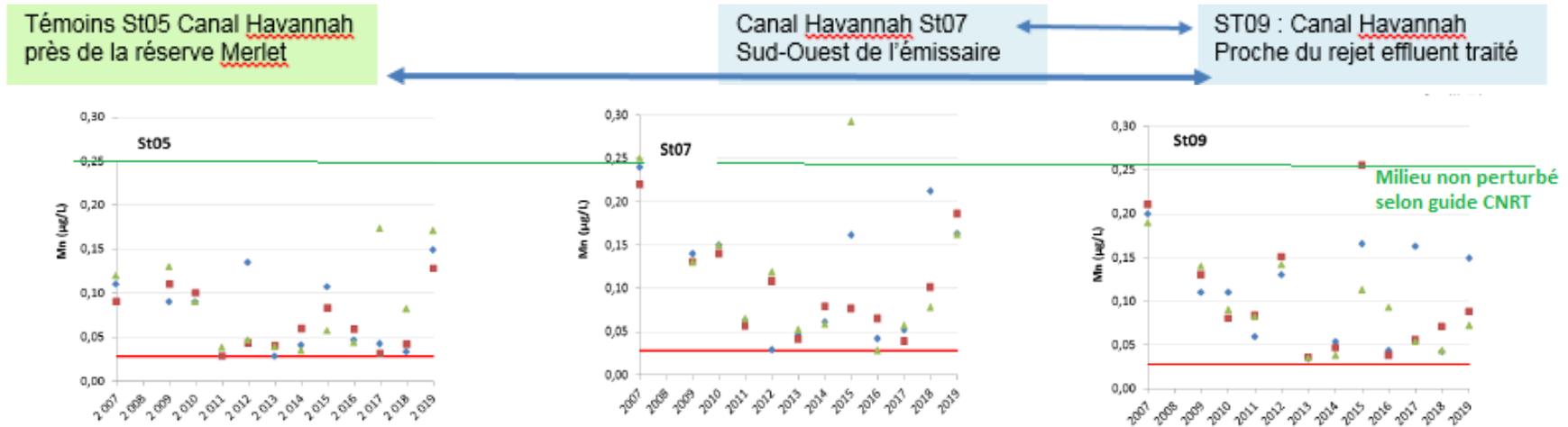
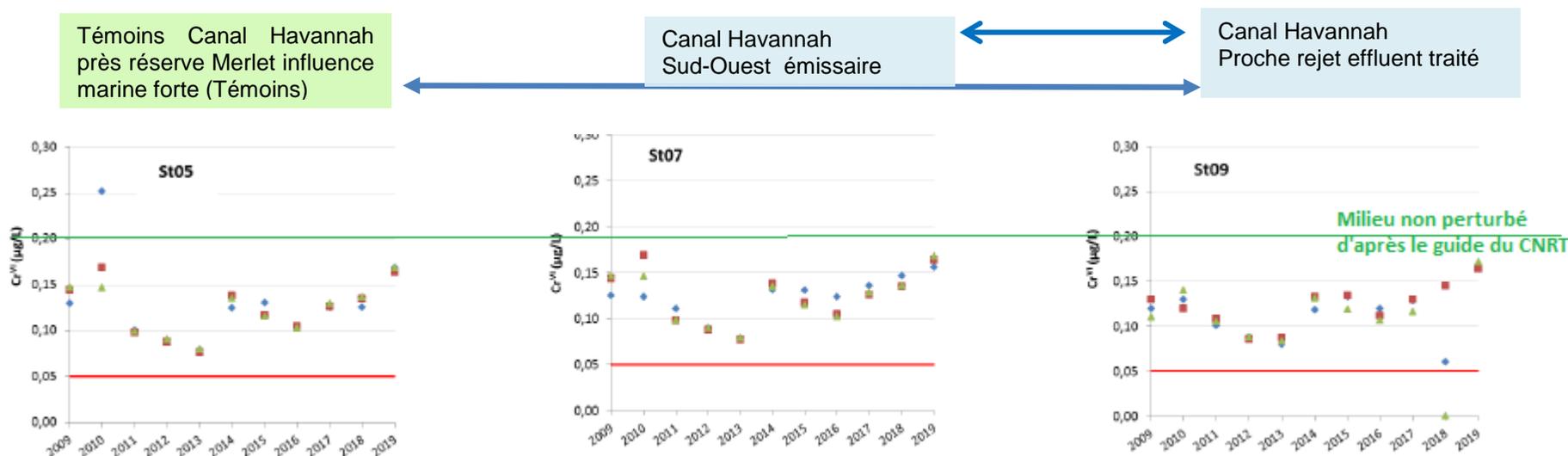


Figure 49: Evolution en métaux dissous **Le Chrome (VI)** dans le canal de la Havannah entre 2008 et 2019 en saisons chaudes (Mars)


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

Le cobalt est en dessous des limites de quantifications LQ : 0,027µg/l) et non représenté ici

Synthèse canal de la Havannah et métaux dissous : Ni, Co, Cr et Mn :

Même après de fortes pluies toutes les stations suivies montrent des concentrations en métaux dissous très faibles et sans évolution haussière, notamment pour le cortège Ni, Co, Cr et Mn



CONCLUSION : SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DE L'EAU DE MER S1 / 2019

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.

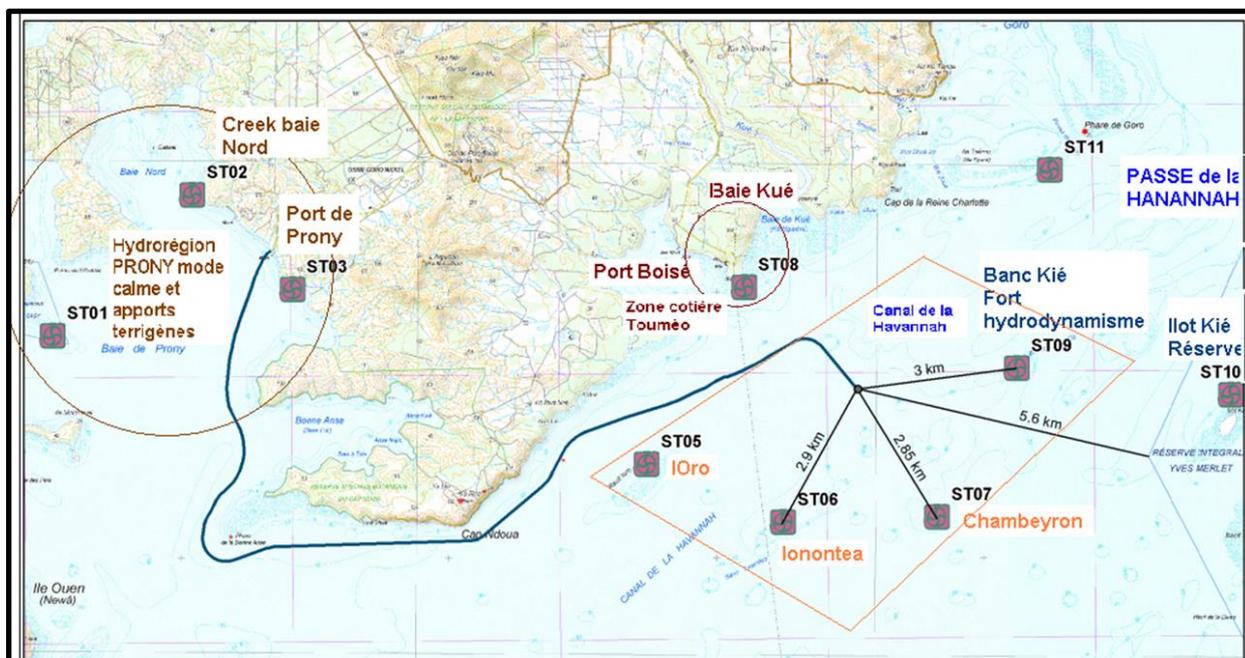
Les missions de suivi du second semestre 2018 se sont déroulées en novembre 2018. Les phases lunaires de mortes eaux sont privilégiées. (Cf. annexe 1 sur la méthodologie) car les missions ciblent les périodes de moindre marée (syzygie lunaire) et de courants relativement faibles, notamment aux heures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

Tableau 20 : 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 50 : 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 et en avril 2019 : 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 ». **Faute de nourriture les étoiles de mer ont terminé leur prolifération sur cette zone. Les prochains suivis montreront le temps nécessaire à la résilience des coraux.**
- Les poissons sont représentées par des juvéniles, comme dans toute la baie du Prony.
- **Densité 2,16 poissons/m² pour une biomasse de 55.17 g/m². Cet indicateur ne marque pas l'impact du aux *Acanthaster* de façon significative.**

► 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**).
- **Recouvrement corallien élevé** avec 46% et 27.5% sur les transects A et B ce qui est un % très élevé. **Mais : une diminution à cause de l'arrivée des étoiles de mer *Acanthaster* est probable**
- **Le blanchissement corallien (qui était faible) est en augmentation**
- **7 *Acanthaster planci* (sur les transects du suivi, ce qui indique leur présence en nombre conséquent)**
- Poissons : **Densité: 1.07 poissons/m² pour une biomasse en forte hausse : 16.91 g/m².** Il y a toujours beaucoup de poissons juvéniles. La biomasse reste stable.
- Station très diversifiée dont la sédimentation n'affecte pas les esp adaptées à ce type d'écosystème.

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

- **Biodiversité corallienne importante (117 espèces dont 113 de scléactiniaires)**
- Le recouvrement corallien qui était stable avec **6,5 % en A, 29,5 % en B et 11,5 % en C** commence à chuter à cause de l'arrivée des *Acanthaster* : **6% en A, 16,5% en B et 7, 5% en C.**
- **Aucun blanchissement corallien durant les deux campagnes 2017 (fait très rare en zone côtière) et très faible en 2018. Mais en avril 2019 : 3, 6% de blanchissement du aux étoiles de mer qui commencent leur ravage.**
- **18 étoiles de mer d'*Acanthaster planci* : la prolifération est en place. Elle a mis un an et demi pour arriver dans l'Est de la baie de Prony épargnée jusque-là.**
- Poissons : **densité 0.97 poisson/m² pour une biomasse de 3.41 g/m².** Les poissons sont tous des juvéniles. Ces valeurs sont en hausse et ne détectent pas le fort impact des *Acanthaster*.

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

Le blanchissement corallien observé début 2016 (blanchissement généralisé dans le Pacifique Sud) 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 était 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 déjà été observées (et signalées) par les suivis Vale NC en nombre significatif dès 2017 sur Casy. Fin 2018 elles ont disparu de la station Casy après avoir ravagé le corail déjà peu représenté sur cette station.

En avril 2019 elles prolifèrent sur les stations du Creek baie Nord (ST02) et du port de Prony (ST03) au risque de considérablement appauvrir les coraux présents. La prolifération de ces étoiles de mer a atteint la face Est de la baie du Prony.

Ce phénomène cyclique a débuté en zones témoins, il est indépendant de la présence de Vale NC. Les données des poissons ne montrent pas cet impact du aux étoiles de mer.



La station ST04 dans le canal Woodin (trop éloignée pour être une station de surveillance d'impact ou une station témoins) **subit elle aussi 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. En avril 2019 le nombre de ces étoiles de mer diminue mais le recouvrement corallien a souffert.



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. Les nouvelles espèces sont adaptées à la turbidité ? Stabilité en 2017, 2018 et S1/2019

La biodiversité corallienne est importante et en légère augmentation

- **Recouvrement corallien stable 30 % en A et 1 % en B**
- **Blanchissement corallien très faible.**
- **Absence d'*Acanthaster planci***
- Pas de prolifération l'algue macrophyte.
- Cynobactéries stables
- Densité de 0,47 poissons/m² pour une biomasse de 12.16 g/m². Le peuplement est monotone et composé de nombreux juvéniles.



Cf développement explicatif sur cette station, ci-dessous

► **La station ST06 d'lonontea (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 Scléactiniaires**).

- 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, lonontea 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

Présence occasionnelle d'individus d'étoiles de mer *Acanthaster* sur loro, lonontea, et Ugo/

- **Aucune espèce exogène n'a été observée à vue des biologistes qui ont une grande connaissance de la zone**
- **Pas de menace par étoiles de mer dévoreuses du corail sur ces stations du canal de la Havannah, cependant des cas isolés d'étoiles adultes ont été observés 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.**



La station ST08 : Surveillance de la pression issue de la baie Kwé

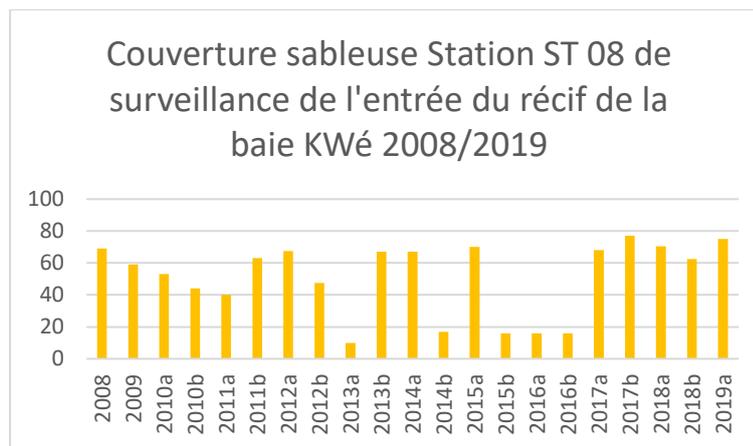
Sa position est explicitée sur la figure ci-dessous, elle a été choisie par la DENV et ses experts en 2008 (Convention CCB2009/2015) et validée comme réglementaire via les suivis pour l'AEM. Elle reçoit le flux sortant des eaux de la baie Kwé de façon intense. De plus elle est exposée au fort ressac du aux vents de secteurs Sud et aux dépressions.

Cette station ST 08 subit de multiples pressions :

- sédimentaires et terrigènes (Rivière et Baie Kwé)
- hydrodynamique (brisures dues au ressac, elle est affectée par les cyclones comme les stations du canal de la Havannah)
- anthropique (traces d'encres qui ont brisé les coraux, ces traces persistent plusieurs années)
- et l'influence de l'hôtel de la baie de Port Boisé peut aussi l'atteindre même si de façon atténuée



Figure 51 : Suivi LIT- Station ST08- Evolution temporelle de la couverture de sable abiotique du fond



La mission d'avril 2019 indique (Cf. rapport intégral en annexe) : « *Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes* »

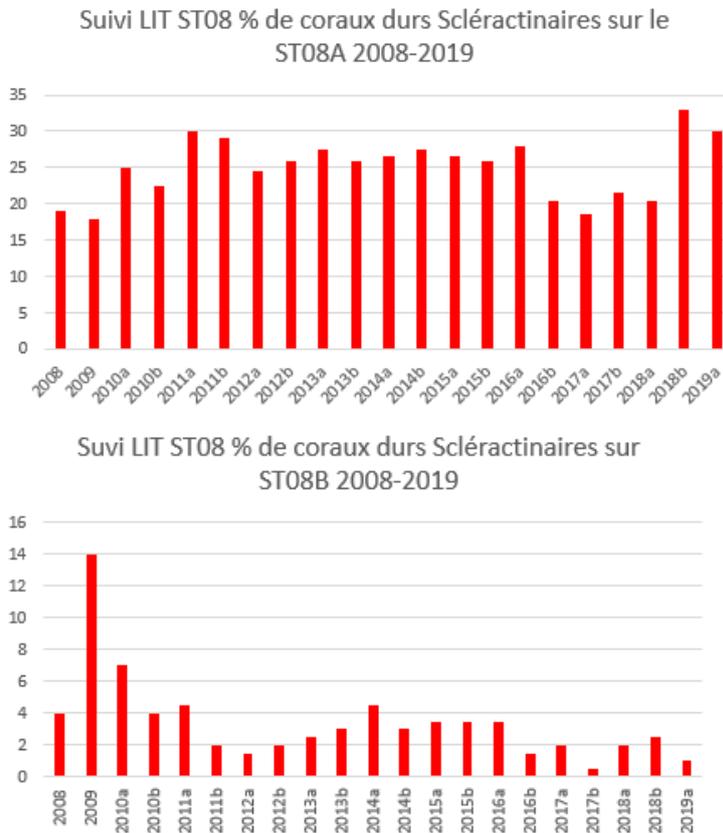
Les fonds abiotiques (majoritairement sableux) entre les éperons coralliens de cette station ne sont pas en augmentation

- **Les fonds sableux** ont un % de recouvrement qui varie ponctuellement à la baisse (2013a, 2014b, 2016a et b) non pas parce que les coraux prennent le dessus (si vite, cela est impossible) mais parce que, en fonction des courants et du ressac violent sur la zone ouverte sur le canal de la Havannah, des débris de coraux peuvent se déposer sur le sable du fond, Dans ce cas ils conduisent à faire chuter le % de sable abiotique et ils augmentent le % de corail mort avec tuff et donc le biotique, mais sans pour autant influencer sur la vitalité réelle de la zone le % de
- **La suivi du % de couverture par les coraux Scléractinaires** (durs, bâtisseurs de récifs donc de l'habitat) et le suivi du **% de blanchiment** sont des indicateurs plus pertinents (Cf. Figures ci-dessous)
- **Le ratio des % Abiotique/Abiotique** est aussi important mais il peut fluctuer uniquement en fonction de la couverture de turf sur des débris inertes (augmentation du % biotique) ou la



disparition de ce duvet biotique sur coraux morts (diminution du % biotique) ce qui fait basculer ou sur « biotique » ou sur « abiotique » et crée un biais si l'interprétation n'est pas raisonnée.

Figure 52 : Suivi LIT des coraux durs sur ST08



Les *transects* les plus profonds d'une station (n° B ou n° C) sont toujours moins riches en couverture corallienne.

Le *transect* de surface (n° A) reçoit les eaux douces et la pression terrigène, c'est lui le plus sensible aux pollutions et dessalures, c'est donc le *transect* à surveiller en priorité.

Lors des forts épisodes pluvieux seule la strate d'eau de surface est affectée (Cf. le suivi de la colonne d'eau pas sondes CTD, chapitre : Qualité de l'eau de mer) et les coraux blanchissent sur les premiers 5m mais pas en dessous, la ligne de démarcation est très précise et visible.

On peut faire une moyenne de la couverture des différents *transects* sur une station mais cela affaiblit l'information, il est préférable de se centrer sur les coraux du *transect A*

Figure 53 : Suivi LIT du ration % d'items abiotiques/ Items biotiques sur ST08


Le ratio des % Abiotique/Abiotique est un indicateur qui peut fluctuer de façon importante uniquement en fonction de la couverture de duvet algal (turf) qui fait basculer sur le compartiment « Biotique » ou sur le compartiment « Abiotique » et crée un biais si l'interprétation n'est pas raisonnée.

Beaucoup de turf (duvet chlorophyllien) sur des coraux morts va surcoter positivement le compartiment « Biotique », alors que ce n'est pas un indice vraiment bon. La disparition de ce turf va faire chuter le % du compartiment « Biotique » et donner une apparence négative, alors que cela est plutôt bon pour la santé globale de la station.

Il faut donc raisonner les chiffres.

La station ST08 à l'égard des suivis précédents (LIT et benthos) est en bonne santé pour le suivi écosystémique S1/2019.



Au niveau des poissons sur ST08 : (Cf. le rapport intégral en annexe).

Les indicateurs « Poissons » n'ont à ce jour pas donné une alerte, même en cas d'impact avéré sur une station comme lors de l'épisode de blanchissement corallien généralisé de fin 2016 ou les attaques dévastatrices des Acanthaster en baie du Prony et dans le canal Woodin en 2018. L'expert lui-même signale ce fait dans chacun de ses rapports intégraux (donné en annexe).

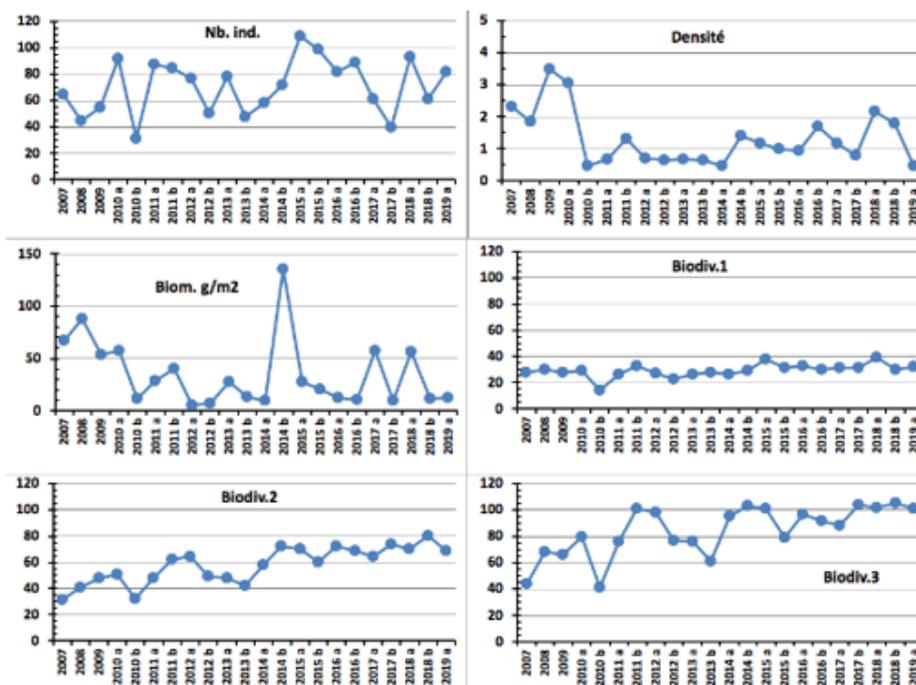
Sur ST08 les résultats de S2/2019 sont les suivants.

Figure 54 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08)

Puka ST08		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 a	Transect A	57,00	0,36	2,14	15		
	Transect B	106,00	0,59	22,18	20		
	Moy. ABC	81,50	0,47	12,16	32	69	101
2018 b	Moy. ABC	61,00	1,79	11,04	30	80	105
2018 a	Moy. ABC	93,00	2,16	56,60	39	70	102
2017 b	Moy. ABC	40,00	0,78	9,98	31	74	104
2017 a	Moy. ABC	61,00	1,15	56,92	31	64	88
2016 b	Moy. ABC	89,00	1,68	10,14	30	69	92
2016 a	Moy. ABC	82,00	0,94	12,41	33	71	98
2015 b	Moy. ABC	99,00	0,99	20,37	31	60	79
2015 a	Moy. ABC	109,00	1,17	27,59	38	70	101
2014 b	Moy. ABC	71,50	1,40	135,16	29	72	103
2014 a	Moy. ABC	58,00	0,47	9,29	26	58	95
2013 b	Moy. ABC	47,50	0,64	12,87	28	42	61
2013 a	Moy. ABC	78,50	0,68	27,28	26	48	76
2012 b	Moy. ABC	50,50	0,63	7,00	23	49	77
2012 a	Moy. ABC	77,00	0,70	4,93	26	64	98
2011 b	Moy. ABC	85,00	1,30	39,80	33	62	101
2011 a	Moy. ABC	87,50	0,68	28,37	26	48	76
2010 b	Moy. ABC	31	0,46	11,73	15	32	41
2010 a	Moy. ABC	91,50	3,05	57,64	29	51	80
2009	Moy. ABC	55,00	3,50	53,22	28	48	66
2008	Moy. ABC	45,00	1,84	87,54	30	41	68
2007	Moy. ABC	64,50	2,32	67,39	28	31	44

Nb ind. nombre de poissons sur un transect ;
Densité : Nb individus /m² par transect ou en moyenne sur la station ;
Biomasse (g/m²) par transect ou moyenne sur la station ;
Biodiversité.1 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects
Biodiversité.2 : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ;
Biodiversité.3 : Toutes espèces présentes sur la station

Résultats bruts en annexe du rapport intégral



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 :

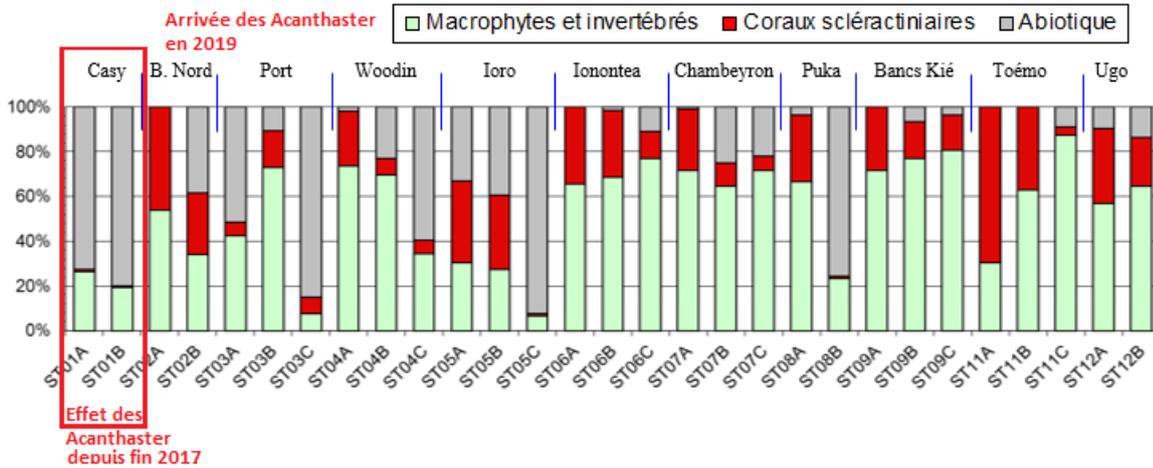
- 1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)
- 2)-Le benthos (sur couloirs fixes)
- 3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)

Figure 55 : 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 »

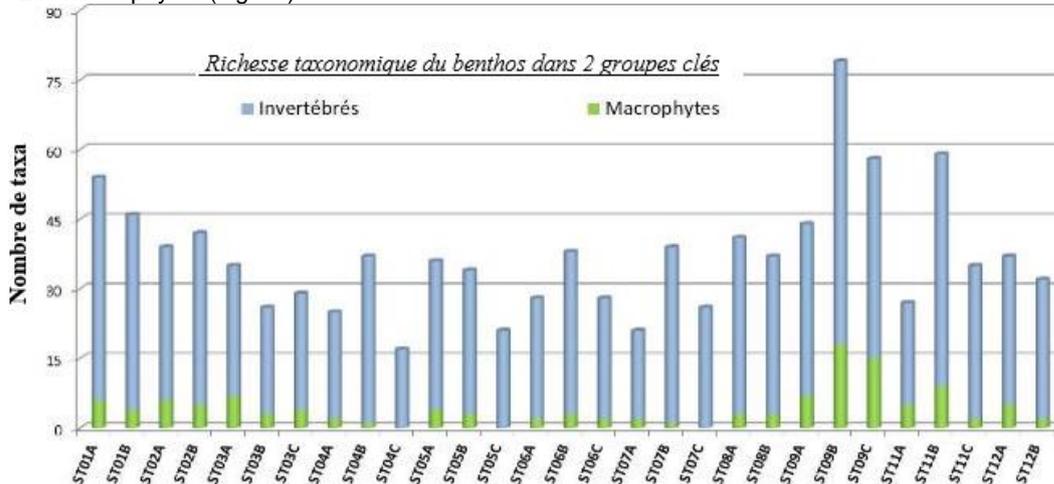


Les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que celui des transects supérieurs (5 à 10 m de profondeur). Certains transects majoritairement abiotiques ou avec très peu de coraux durs continuent à être suivis, car réglementairement imposés mais leur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

Figure 56: 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. julliinei*. 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 $\alpha = 0,025$.

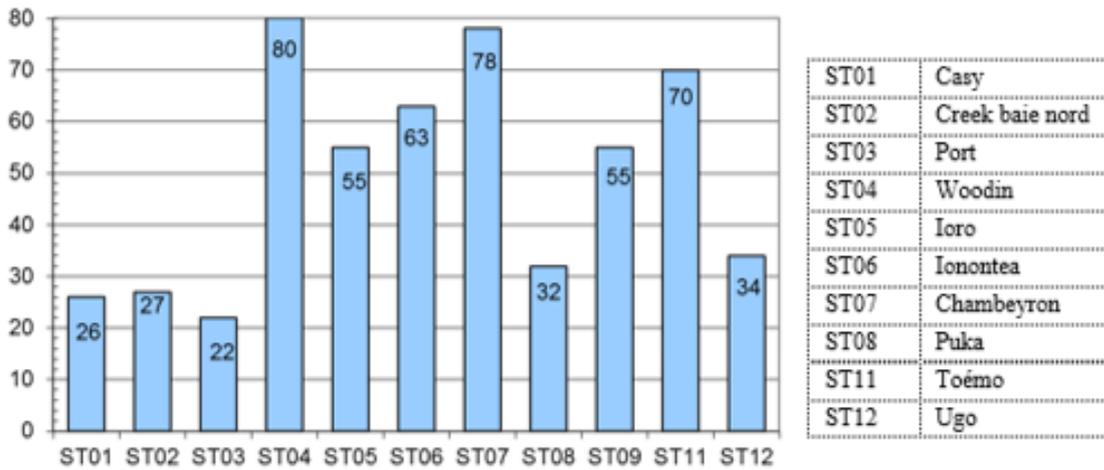
Tableau 21 : Relevés ichtyologiques. Comparaison des stations entre elles au temps t. AVRIL 2019

: *Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune*

	Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	132,5	2,16	55,17	26	56	78	3,677	0,782
	ST02 CREEK BAIE NORD	69	1,07	16,91	27	41	66	3,759	0,791
	ST03 PORT	38,67	0,97	3,41	22	43	64	3,546	0,795
	Variances (σ^2)	2292,84	0,44	720,92	7	66,33	57,33	0,01	0
	Ecart types (σ)	47,88	0,66	26,85	2,65	8,14	7,57	0,11	0,01
	Moyennes (μ)	80,06	1,4	25,17	25	46,67	69,33	3,66	0,79
	Coef. de Var(σ/μ)	0,6	0,47	1,07	0,11	0,17	0,11	0,03	0,01
	Int. de Conf. 95%	55,29	0,76	31	3,06	9,4	8,74	0,12	0,01
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	323,33	8,07	616,71	80	108	137	4,771	0,755
	ST05 IORO	156,67	2,12	167,52	55	69	101	4,868	0,842
	ST06 IONONTEA	207,67	2,28	645,4	63	100	143	4,39	0,734
	ST07 B. CHAMBEYRON	370	4,79	1163,74	78	82	113	4,428	0,704
	ST08 PUKA	81,5	0,47	12,16	32	69	101	4,208	0,842
	ST09 BANCS KIE	217,67	3,18	117,79	55	81	114	4,377	0,757
	ST11 TOEMO	201	2	116,86	70	87	124	4,851	0,791
	ST12 UGO	131	2,54	16,68	34	59	91	4,194	0,824
	Variances (σ^2)	9168,23	5,36	169569	331,7	270,41	331,43	0,08	0
	Ecart types (σ)	95,75	2,32	411,79	18,21	16,44	18,21	0,28	0,05
Moyennes (μ)	211,1	3,18	357,11	58,38	81,88	115,5	4,51	0,78	
Coef. de Var(σ/μ)	0,45	0,73	1,15	0,31	0,2	0,16	0,06	0,07	
Int. de Conf. 95%	67,71	1,64	291,18	12,88	11,63	12,87	0,2	0,04	

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 57: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station (sur liste restreinte imposée, même methodology depuis 2007)
AVRIL 2019


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 dans toute la baie du Prony puis le canal Woodin n'affectent pas la population de poissons de façon décelable.

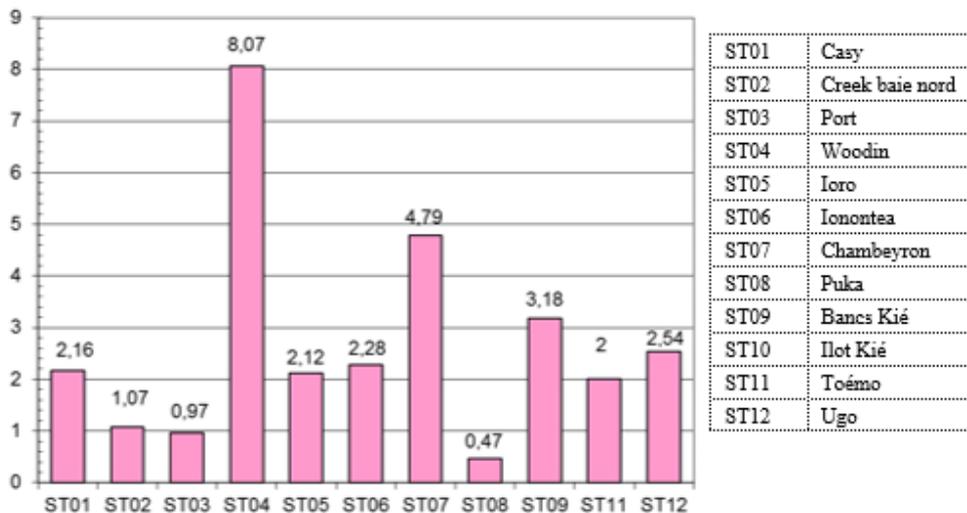
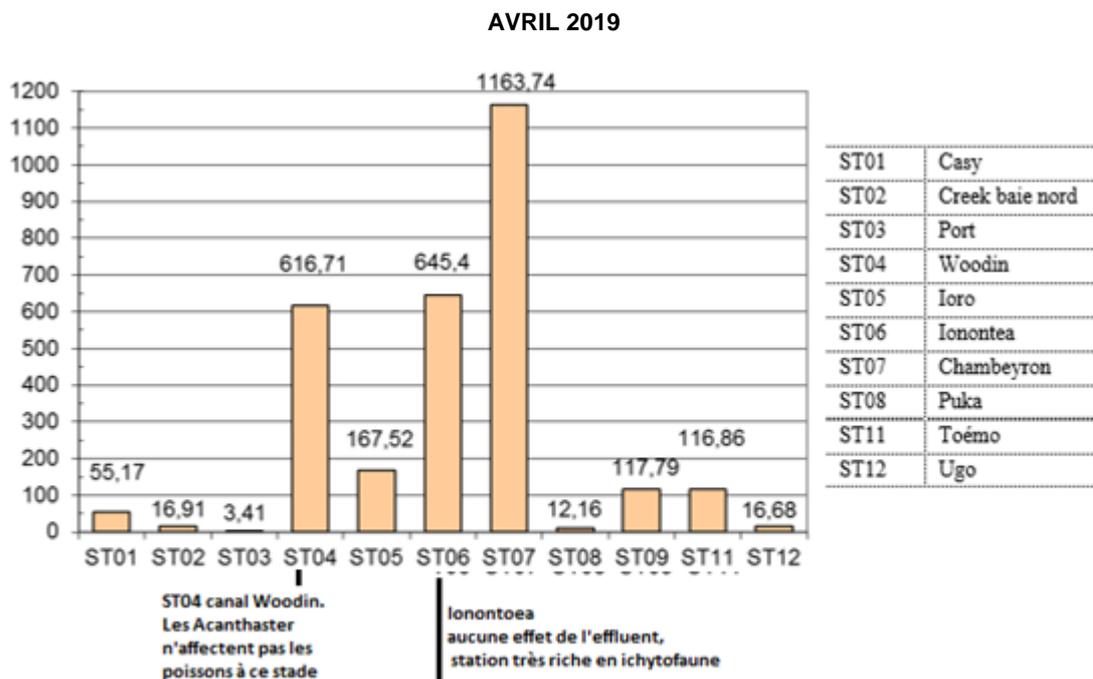

Figure 58 : Densité de l'ichtyo faune par station (liste restreinte imposée, même methodology depuis 2007)
AVRIL 2019


Figure 59 : Biomasse de l'ichtyo faune par station (liste restreinte imposée, , même methodologie depuis 2007)


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 toujours très bons sur ST05,ST06 et ST07.

Aucune formation corallienne formant habitat n'est présente de façon plus proche du diffuseur (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 avec des indicateurs « poissons » comparable à celles-ci, avec un tel suivi, 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 consacrés 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

En avril 2019 : par rapport à la mission précédente, globalement les stations sont stables : il n'y a ainsi (2ème fois depuis le début du suivi) aucune variation significative ($\geq 20\%$).

Pour ce qui est des coraux, la moyenne des variations du recouvrement en scléactiniaires par rapport à la mission précédente est une baisse de 1.72%. Ce recul est essentiellement dû à la ST04 (Woodin) qui perd à nouveau 8% dans son recouvrement en scléactiniaires transect B et 17.5% au transect A. Ce sont les conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*.

➤ **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.

L'attention doit être porte sur la prolifération des étoiles de mer *Acanthaster* qui semble s'étendre dans le canal Woodin et vient d'atteindre la face Est de la baie du Prony

En avril 2019, la diversité absolue des invertébrés augmente quasiment sur tous les transects. Les groupes faunistiques faisant varier cette diversité sont particulièrement les suivants : les espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles (alcyonaires et spongiaires). Lors de la mission précédente, ces groupes biotiques diminuaient.

Figure 60: Figure n°01 :Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

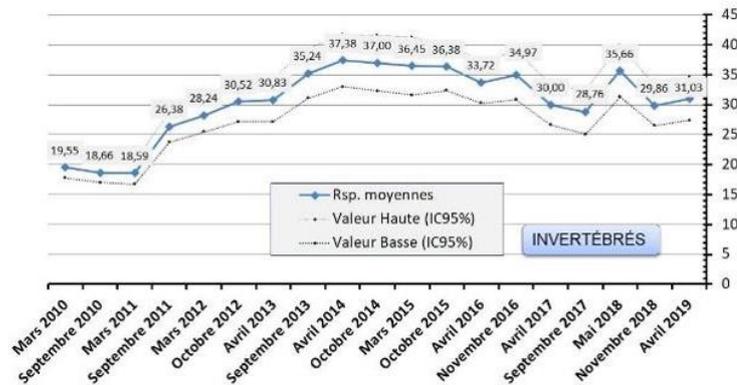
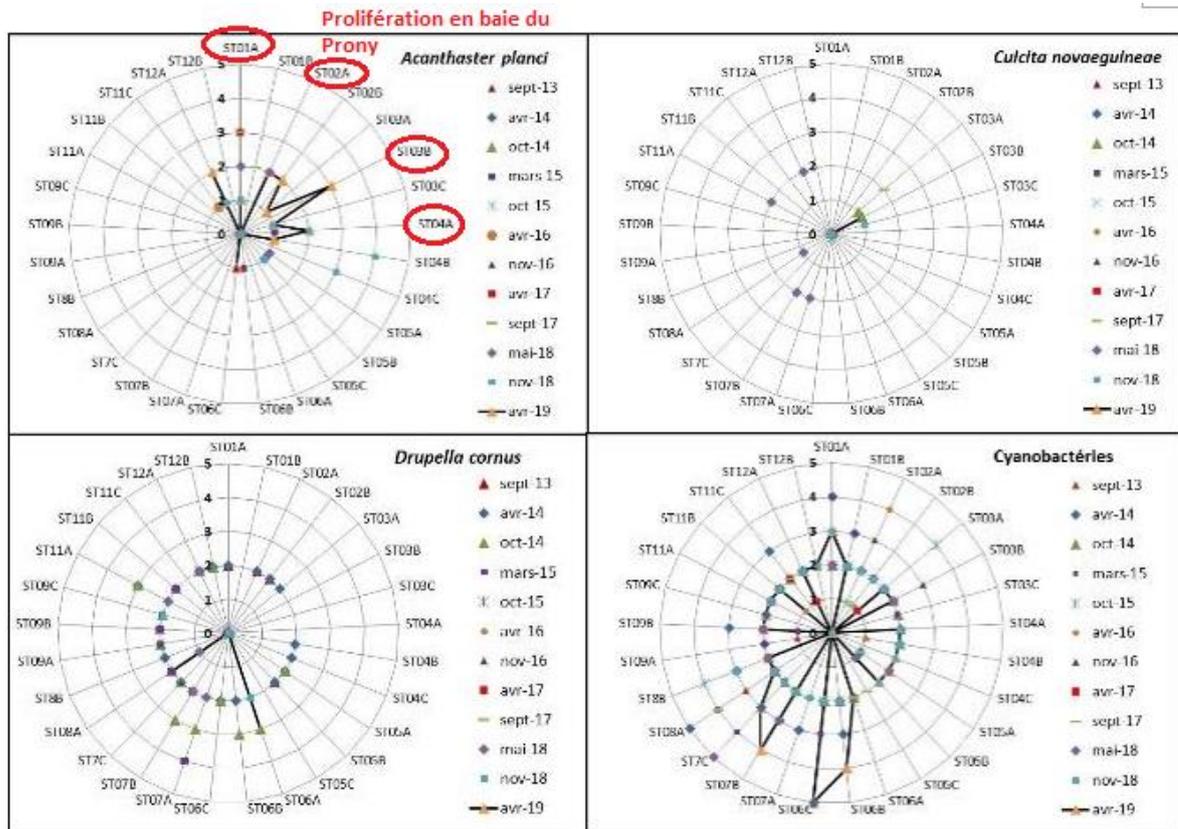


Figure 61 : Figure n°03 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles suivies volontairement depuis septembre 2013



Le rapport intégral sur l'analyse 3 du benthos est porté en annexe de ce bilan, notamment un travail d'expertise sur la santé des coraux, le blanchissement et les maladies des coraux bâtisseurs des récifs. La suivi du blanchissement sur des colonies géo référencée donne lieu à ce type d'iconographie (Figure suivante)

Figure 62 : Evolution du blanchissement sur les 6 dernières missions (ST04A)



Octobre 2015
Bon état de santé



Avril 2016
Blanchissement très important :
perte des zooxanthelles



Novembre 2016
Certaines colonies ont réintégré leurs zooxanthelles,
mais développement de lésions coralliennes ou
mortalité.
Cette colonie de *Pocillopora damicornis* sur le piquet
est en partie morte au milieu



Avril 2017
Résilience des colonies
coralliennes et recrutement



Septembre 2017
Croissance des colonies
coralliennes



Mai 2018
Le sommet du récif est en phase de résilience depuis
le phénomène de blanchissement de 2016.

En 2017 : Résilience du récif : de nombreuses colonies coralliennes ont réintégré des zooxanthelles et continuent de croître

Cependant, la communauté corallienne est sous la menace d'une prolifération d'*Acanthaster planci* en novembre 2018



Avril 2019

En avril 2019, la mortalité corallienne est conséquente, surtout au transect B



Novembre 2018

➤ Les poissons : ichtyofaune

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

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

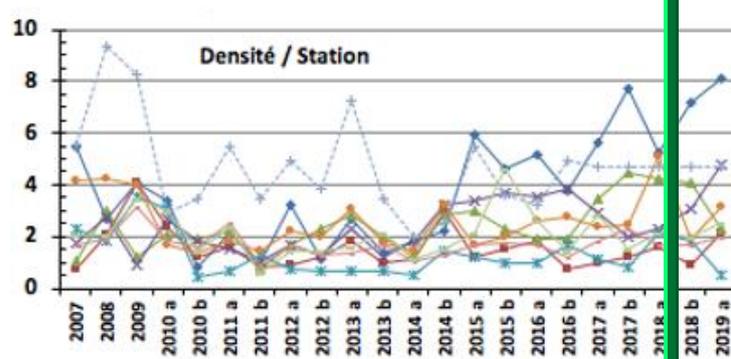
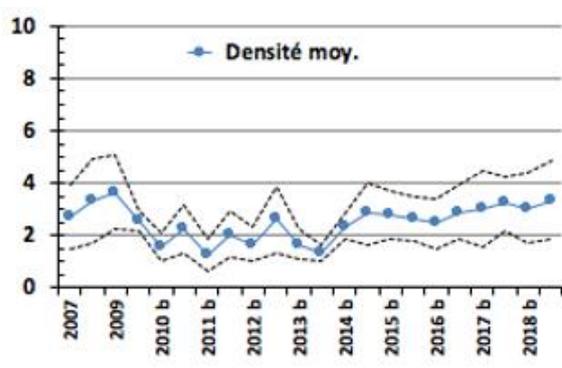
La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

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

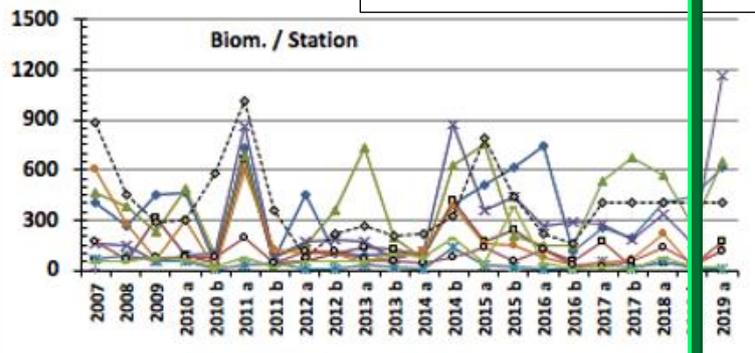
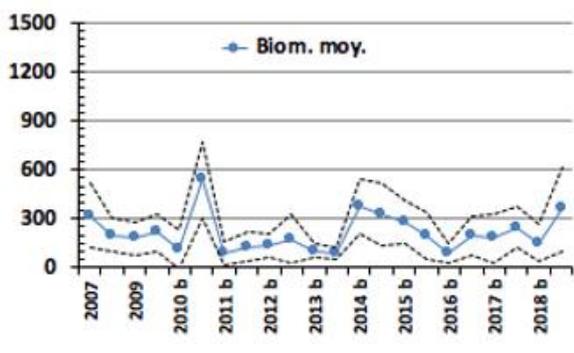
Rappel : la Biomasse s'exprime en grammes de poissons /m² par transect et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie réglementaire 2006 et CCB).

Figure 63 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations : par année ; mission après mission depuis 2007)

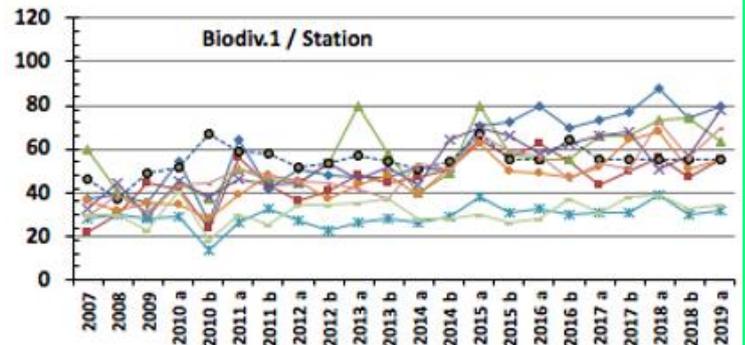
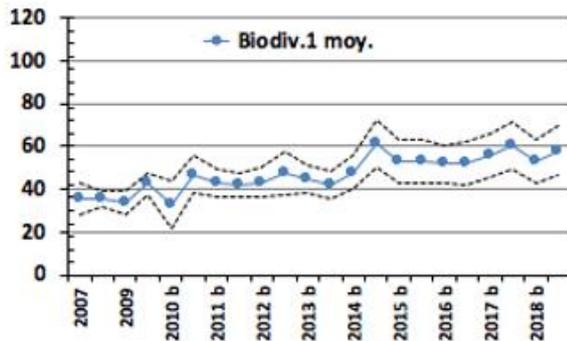
DENSITE (selon les exigences du plan de suivi et donc sur liste restreinte)



BIOMASSE (selon les exigences du plan de suivi)

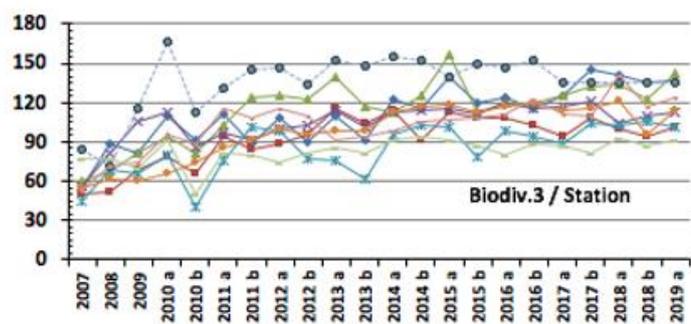
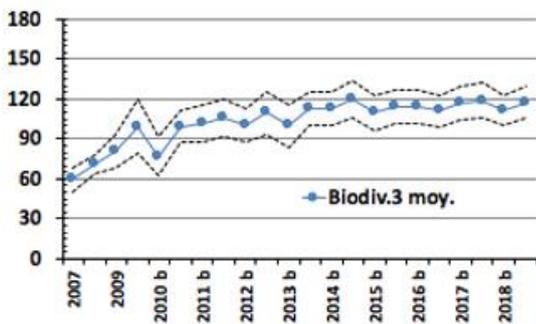


DIVERSITE 1 (Selon les exigences du plan de suivi)



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

- WOODIN
- Banc B. CHB
- Ilot KIE
- Banc IORO
- PUKA
- TOEMO
- IONONTEA
- Banc KIE
- Ilot UGO



Les stations de la Baie de Prony sont invariablement peuplées de nombreux juvéniles.. Ce caractère renforce les différences entre les stations de Prony et celles du Canal de la Havannah

Tableau 22: Cotation des missions depuis 2007

Indice & Code couleur		1 à 1,50		1,75 à 2,25		2,50 à 3,25		> 3,25			
Qualificatif		Mauvais		Médiocre		Bon		Très bon			
Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm		Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm	
2007	3	3	2	2,50	bon	2014 a	2	1	3	2,25	médiocre
2008	3	2	2	2,25	médiocre	2014 b	3	3	3	3,00	bon
2009	3	2	2	2,25	médiocre	2015 a	3	3	4	3,50	Très bon
2010 a	3	2	3	2,75	bon	2015 b	3	3	3	3,00	bon
2010 b	2	1	2	1,75	médiocre	2016 a	2	2	4	3,00	bon
2011 a	2	4	3	3,00	bon	2016 b	3	2	3	2,75	bon
2011 b	2	1	3	2,25	médiocre	2017 a	3	2	3	2,75	bon
2012 a	2	1	3	2,25	médiocre	2017 b	3	2	3	2,75	bon
2012 b	2	2	3	2,50	bon	2018 a	4	3	4	3,75	Très bon
2013 a	3	2	3	2,75	bon	2018 b	3	2	3	2,75	bon
2013 b	2	3	3	2,75	bon	2019 a	3	3	3	3,00	bon

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

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.

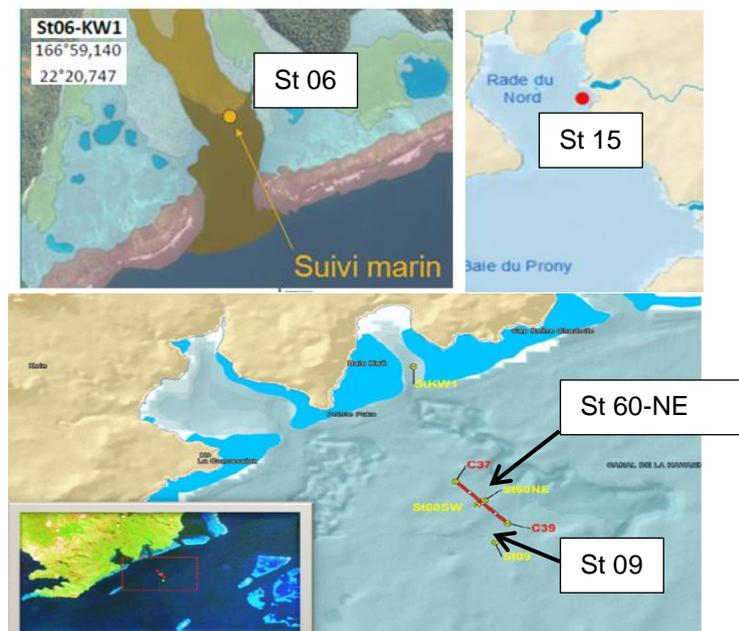
Le suivi de l'herbier est devenu réglementaire grâce à l'arrêté AEM-2016 et grâce à la mise en place d'une méthodologie de suivi, les connaissances quant à sa variabilité, sa composition et sa surface vont permettre de quantifier son évolution lors des suivis suivants, la fréquence des missions de suivi 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 64 : 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 :

- En Baie Kwé et en Rade Nord (de façon moindre dans le canal de la Havannah en fonction de la position du suivi au Sud ou au Nord de la barrière hydrodynamique), les flux de MES sont grandement régis 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.

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 et il serait faussé s'il le faisait)
- Dans la zone du Canal de la Havannah proche du diffuseur, le suivi des flux de MES a pour objet de répondre aux questions:
 - D'une part, du gypse (CaSO_4) formé après l'étape de neutralisation par du calcaire et de la chaux des solutions d'extraction acides du Ni ;
 - D'autre part, de minéraux qui pourraient être générés lors de la mise en contact de l'effluent avec l'eau de mer. Ce phénomène pourrait entraîner (par précipitation, co-précipitation et adsorption) une fraction non négligeable des métaux à la surface des sédiments.



Les expériences de laboratoire et la modélisation géochimique associée ont montré que seule une formation quantitativement négligeable de précipités carbonatés devrait se produire directement au contact de l'effluent avec l'eau de mer (Bodeř et Pointeau, 2009). Des mesures in-situ permettraient de discuter de cette hypothèse, dans l'état actuel du niveau des rejets.

➤ **Pour 2019**

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

S1/2018:

- Début de la collecte : 15/03/2019
- Fin de la collecte : 01/05/2019 pour St60-NE et St06
- Et du 17 mai au 03 Juillet pour St15.

S2/2018 :

- *En cours*

➤ **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 Rade Nord-Creek Baie Nord**

- La masse moyenne collectée lors de cette campagne S1/2019 : $3,07g \pm 2,11$ est considérable puisqu'elle est 20 fois plus importante que celles collectées lors des premières campagnes d'octobre-novembre 2006 ($0,105 \pm 0,065$ g) et mars-avril 2007 ($0,154 \pm 0,145$ g). Cette quantité piégée reste comparable à celle de janvier-mars 2014 ($4,43 \pm 8,90$ g)

Les composantes granulométriques restent stables (Cf. rapport intégral en annexe) avec le mode principal 2,0-20 μ m.

La composante minéralogique Goethite (signature terrigène) n'augmente pas, au contraire pour cette campagne ce sont les carbonates (signature marine) qui sont plutôt élevés.

Tableau 23 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, des pourcentages massiques en fractions fines ($\emptyset < 41 \mu$ m) et des teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.

St15			
Campagne	MES totaux (g)	% $\emptyset < 41 \mu$ m	Carbonate (%)
Oct. - Nov. 2006	$0,105 \pm 0,065$	ND	ND
Mars - Avr. 2007	$0,154 \pm 0,145$	ND	ND
Janv. - Mars 2014	$4,43 \pm 8,90$	88 ± 6	9 ± 4
Sept. - Oct. 2014	$0,183 \pm 0,247$	77 ± 31	25 ± 2
Janv. - Mars 2015	$0,556 \pm 0,596$	86 ± 10	25 ± 7
Juil. – Sept. 2015	$0,261 \pm 0,268$	86 ± 10	26 ± 2
Mai - Juil. 2016	$1,73 \pm 1,49$	76 ± 23	19 ± 9
Oct. – Nov. 2016	$0,438 \pm 0,497$	87 ± 7	27 ± 4
Avr. – Mai 2017	$1,61 \pm 1,16$	92 ± 5	28 ± 4
Sept. – Nov. 2017	$0,298 \pm 0,304$	79 ± 16	23 ± 2
Mars – Avr. 2018	$1,67 \pm 1,93$	86 ± 6	19 ± 3
Mai – Juil. 2018	$0,871 \pm 0,561$	97 ± 1	37 ± 2
Mars - Mai 2019	$3,07 \pm 2,11$	90 ± 3	37 ± 4

ND : valeur non déterminée.

- Les teneurs en carbonates dans la fraction fine collectée ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) sont relativement élevées et se distribuent entre 39 % et 47 % soulignant une influence marine ; l'influence des apports terrigènes (la goethite) n'est pas dominante mais bien présente, ce qui est normal dans cette hydro-région typique dite « de fond de baie ».

Tableau 24 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St15.

St15				
Prélèvement	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autres*
007	39	4	37	22
009	42	5	32	21
011	37	9	29	25
012	32	7	38	22

* : minéraux argileux, groupe des Kandites, Serpentine, Chlorite, Quartz, Halite et Gibbsite.

A ce stade, en raison de la masse collectée importante mais sans augmentation de la signature terrigène, (au contraire : la teneur en carbonates est plutôt élevée par rapport à la Goethite), on peut supposer que les vents forts qui ont perduré durant le premier semestre 2019 ont remis en suspension et maintenus des sédiments fins en baie de Prony, sans que l'apport du aux creeks ne soit en cause. Cette hypothèse est confirmée par l'analyse des métaux dans ces MES



- La fraction fine de MES récoltées est analysée, le tableau suivant compile les données depuis 2007.

Les concentrations obtenues en Co, Cr, Fe, Mn et Ni, lors de cette campagne, sont en baisse importante par rapport à celles obtenues en 2007 (Etat de référence) ; elles sont parmi les plus basses qui aient été mesurées ; à l'inverse : la concentration moyenne en Ca représente la maximale enregistrée jusqu'à présent.


Figure 65 : Compilation des données moyenne \pm 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.

Campagne	St15					
	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 \pm 153	295 \pm 27	13 796 \pm 1 654	245 119 \pm 15 893	2 368 \pm 547	3 927 \pm 665
Sept. – Oct. 2014	87 180 \pm 6 927	265 \pm 23	8 111 \pm 535	217 647 \pm 12 561	1 881 \pm 191	2 798 \pm 177
Janv. - Mars 2015	78 349 \pm 29 017	440 \pm 14	14 204 \pm 757	290 374 \pm 11 196	3 788 \pm 569	5 012 \pm 266
Juil. - Sept. 2015	85 568 \pm 10 844	228 \pm 18	8 016 \pm 728	177 466 \pm 13 141	2 148 \pm 207	2 751 \pm 248
Mai - Juil. 2016	60 636 \pm 34 192	195 \pm 37	5 682 \pm 1 080	170 877 \pm 75 892	1 981 \pm 303	3 101 \pm 569
Oct. – Nov. 2016	91 451 \pm 16 898	178 \pm 33	6 057 \pm 1 016	198 270 \pm 35 176	1 861 \pm 511	2 339 \pm 383
Avr.- Mai 2017	101 352 \pm 17 811	184 \pm 21	8 150 \pm 859	231 480 \pm 23 743	1 246 \pm 174	2 501 \pm 281
Sept. – Nov. 2017	76 373 \pm 7 445	221 \pm 4	7 797 \pm 163	192 953 \pm 51 953	1 687 \pm 85	2 614 \pm 61
Mars – Avr. 2018	62 558 \pm 11 186	206 \pm 14	8 004 \pm 556	225 530 \pm 12 942	1 999 \pm 186	2 599 \pm 130
Mai – Juil. 2018	131 705 \pm 7 255	122 \pm 4	4 357 \pm 167	154 270 \pm 5 575	1 126 \pm 72	2 096 \pm 52
Mai – Juil. 2019	132 698 \pm 14 962	142 \pm 18	5 595 \pm 699	159 479 \pm 19 653	1 581 \pm 177	1 825 \pm 241

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

Effectivement ce ratio est élevé durant cette mission, il est 2, 8 fois plus élevé qu'en 2007, il y a bien eu d'avantage de MES captées, mais ces MES ne sont pas dues au débit d'un creek.

Figure 66 : 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.

Campagne	St15	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	Mai - Juil. 2019	0,843 ± 0,136

- **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 67 : Compilation des moyenne ± 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 (Rade Nord/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 ± 0,64	25,2	Mai - Juil. 2016	8,67 ± 7,44	416
Mars - Avr. 2007	1,55 ± 1,45	37,1	Oct. - Nov. 2016	2,19 ± 2,48	105
Janv. - Mars 2014	22,2 ± 44,5	1 063	Avr. - Mai 2017	8,05 ± 5,78	386
Sept. - Oct. 2014	0,91 ± 1,23	43,8	Sept. - Nov. 2017	5,95 ± 6,08	71
Janv. - Mars 2015	2,78 ± 2,98	134	Mars - Avr. 2018	8,34 ± 9,63	400
Juil. - Sept. 2015	1,31 ± 1,34	62,7	Mai - Juil. 2018	4,35 ± 2,81	209

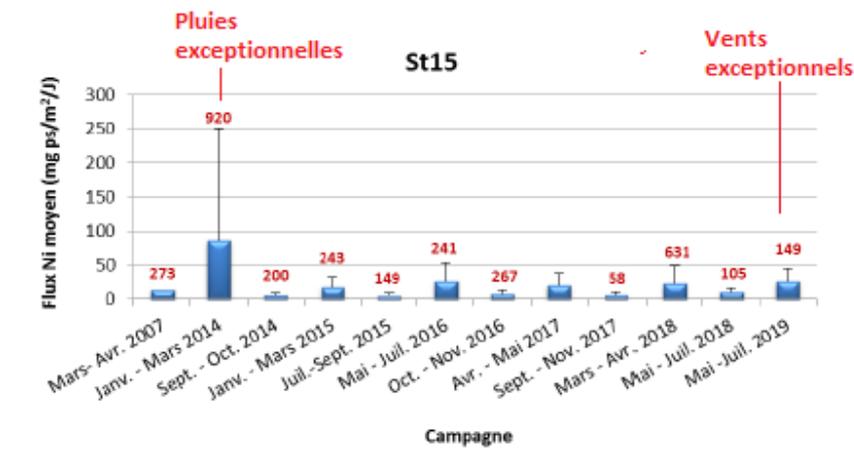
Pour cette campagne S1/2019, sur la station St 15 en rade Nord (baie du Prony) la moyenne du flux de MES (**15,3 ± 10,6 g/m²/j**) est environ 15 fois plus élevée que celle enregistrée en 2006 pour l'état de référence ; elle constitue la deuxième plus forte valeur mesurée en MES circulantes.

Et pourtant c'est aussi la campagne S1/2019 qui montre les plus basses teneurs en métaux terrigènes dans ces MES (et la plus haute concentration en Ca) Le ration Ca/fe est un des plus haut enregistré.

Ces constatations montrent la forte influence des vents forts et constants qui ont maintenu des MES en suspension, sans que celle-ci ne soient apportées par les creeks

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.

Figure 68 : Compilation des moyennes \pm écart-types des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées et les cumuls des précipitations (légende en rouge) lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.



• **St 06 - KW1 En baie Kwé**

- **Les masses moyennes collectées sur St06 (Baie Kwé) :** Les masses de MES collectées en St06-KW1 se distribuent entre 3,84 g et 19 g par godets, avec une moyenne importante de $10,3 \pm 5,1$ g, mais pas exceptionnelle.
- La granulométrie se singularise avec le pourcentage moyen de fraction fine parmi les plus forts.
- Les carbonates restent dominants et montrent une forte influence marine.

Tableau 25 : 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 ± 2	Janv. - Mars 2015	$13,6 \pm 7,2$	79 ± 4	73 ± 3
Mars - Avr. 2007	$4,61 \pm 4,47$	ND	76 ± 3	Oct. - Nov. 2015	$7,77 \pm 6,10$	68 ± 6	47 ± 3
Juil. - Août 2011	$5,07 \pm 4,86$	ND	69 ± 4	Juil. - Sept. 2016	$5,74 \pm 4,58$	80 ± 2	60 ± 6
Janv. - Mars 2012	$7,89 \pm 6,64$	75 ± 3	84 ± 5	Oct. - Nov. 2016	$3,69 \pm 2,78$	79 ± 4	70 ± 5
Sept. - Oct. 2012	$5,28 \pm 2,62$	70 ± 4	67 ± 3	Avr. - Mai 2017	$9,06 \pm 8,06$	75 ± 3	71 ± 4
Janv. - Févr. 2013	$9,29 \pm 5,71$	77 ± 5	67 ± 8	Sept. - Nov. 2017	$4,08 \pm 4,61$	83 ± 2	71 ± 6
Juil. - Août 2013	$11,6 \pm 17,6$	74 ± 4	46 ± 13	Mars - Avr. 2018	$19,5 \pm 27,3$	68 ± 6	62 ± 5
Janv. - Mars 2014	$12,1 \pm 6,8$	82 ± 4	84 ± 3	Mai - Juil. 2018	$6,01 \pm 4,57$	84 ± 2	68 ± 3
Sept. - Oct. 2014	$2,37 \pm 1,68$	84 ± 2	65 ± 4	Mars - Mai 2019	$10,3 \pm 5,1$	81 ± 3	58 ± 2

ND : valeur non déterminée.

- L'aragonite est un des constituants des coquilles d'invertébrés ; sa présence dénote de l'influence marine importante à cette station. Les proportions des minéraux d'origine latéritique varient donc inversement à la calcite et l'aragonite, ce qui souligne l'alternance des influences terrigène et marine à cette station. La goéthite montre l'influence terrigène qui n'est pas dominante dans ces MES.

Tableau 26 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

St06-KW1				
Prélèvement	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autres*
006	55	13	23	9
008	57	15	21	7
009	53	14	22	13
010	54	14	23	9

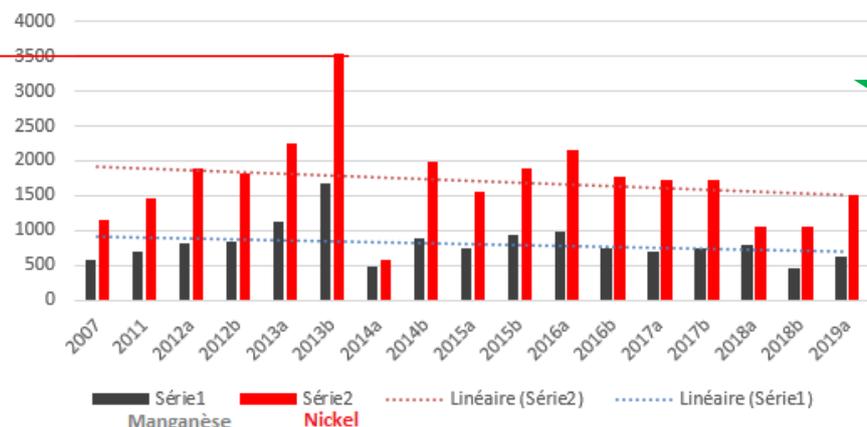
* : Serpentine, Talc, Amphibole, Quartz, Basanite, Sidérite, Halite et Gibbsite.

- **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 S1/2019 sont légèrement supérieures aux valeurs 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. Cependant les concentrations restent sans tendance significative.

Figure 69 : 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	1 056 \pm 178
Mars - Mai 2019	213 950 \pm 7 001	70,2 \pm 5,2	3 133 \pm 237	123 721 \pm 15 584	637 \pm 47	1 516 \pm 120

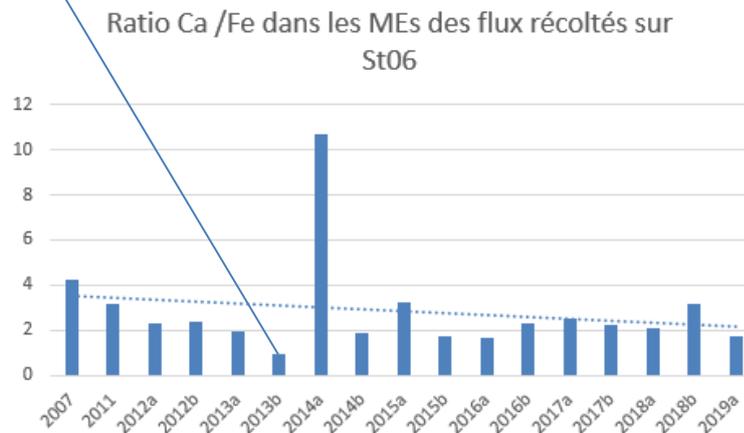
Concentrations en Mn et en Ni dans les flux de MES récoltées sur St06 en mg/kg de ps


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

Figure 70 : 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)	Oct. - Nov. 2015	1,72 \pm 0,44
Juil. - Août 2011	3,17 \pm 0,50	Juil. - Sept. 2016	1,68 \pm 0,48
Janv. - Mars 2012	2,32 \pm 0,18	Oct. - Nov. 2016	2,32 \pm 0,53
Sept. - Oct. 2012	2,40 \pm 0,31	Avr. - Mai 2017	2,52 \pm 0,53
Janv. - Mars 2013	1,95 \pm 0,33	Sept. - Nov. 2017	2,21 \pm 0,31
Juil. - Août 2013	0,98 \pm 0,46	Mars - Avr. 2018	2,11 \pm 0,49
Janv. - Mars 2014	10,7 \pm 3,13	Mai - Jul. 2018	3,16 \pm 0,69
Sept. - Oct. 2014	1,86 \pm 0,27	Mars - Mai 2019	1,76 \pm 0,25
Janv. - Mars 2015	3,24 \pm 0,53		



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 mais à surveiller.

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

La densité de flux moyen global mesurée lors de la campagne est élevée avec S1/2019 sur St06 KW1 avec **51,5 \pm 25,4 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.

La maximale a été mesurée lors de la campagne de mars-avril 2018 (CF. Tableau suivant) où un vent d'intensité supérieure à la normale (13,6 \pm 3,3 m/s) a été enregistré tout le long de la campagne. En effet, du fait de l'emplacement de la station St06-KW1, le flux des MES mesuré est directement dépendant de l'action combinée de la direction du vent et sa vitesse et accessoirement des précipitations.

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 71 : 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	Mars - Mai 2019	51,5 ± 24,4	2 470

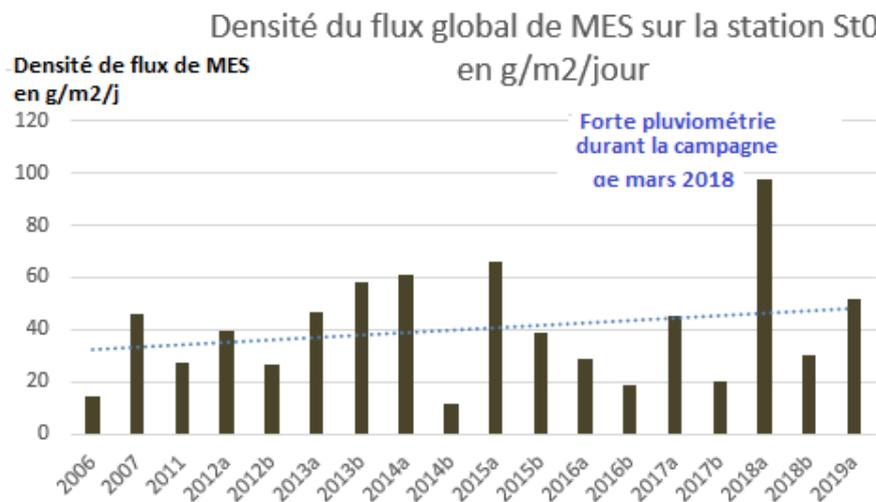
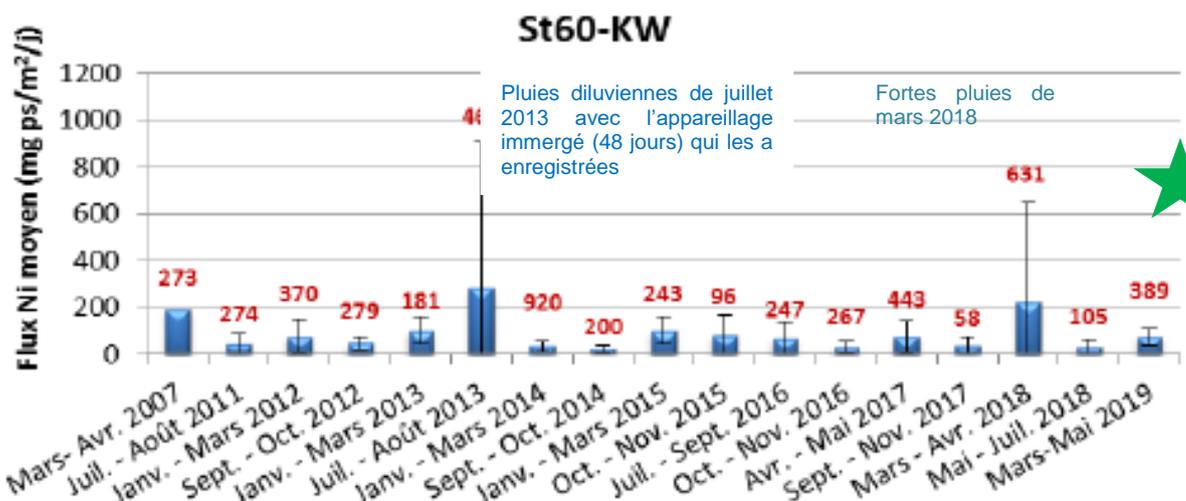


Figure 72 : Compilation des moyenne ± écart-type des flux en nickel dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES piégées lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St 06 -KW1.



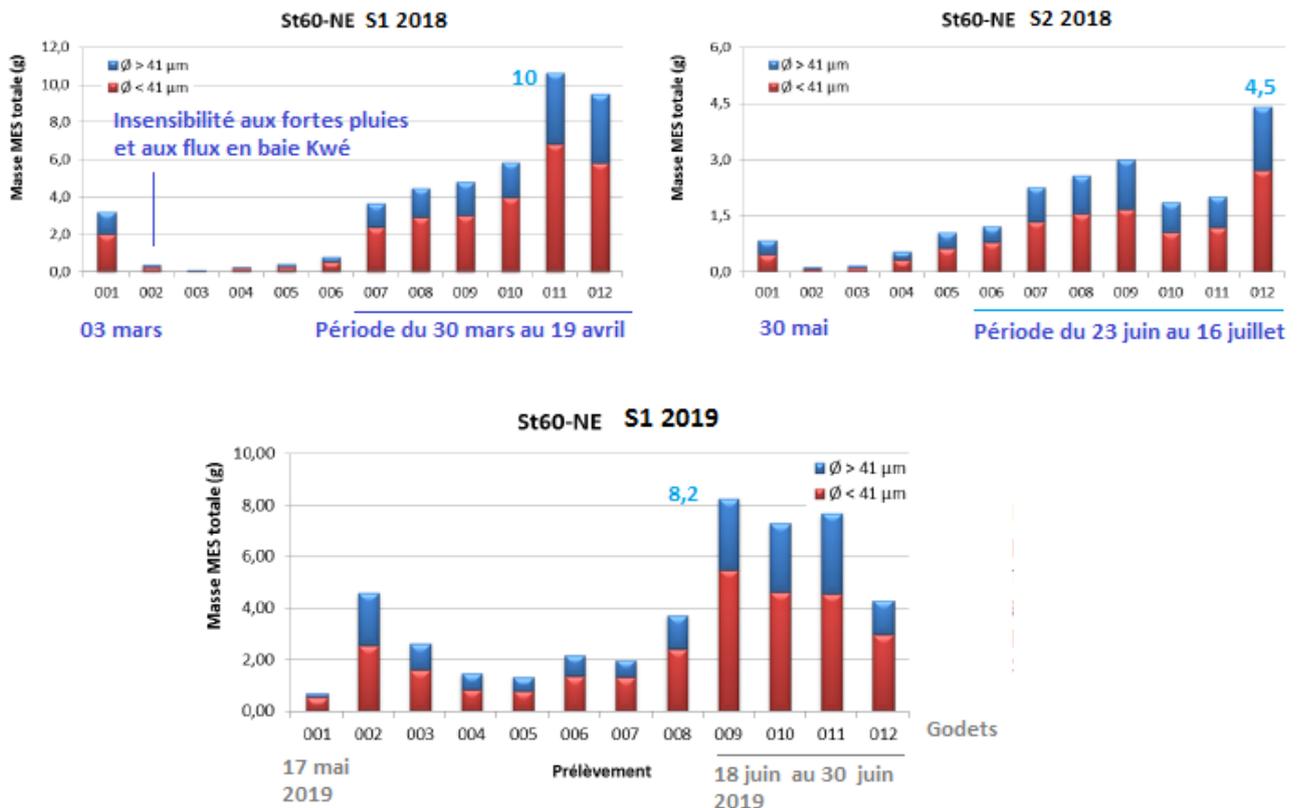
(Cf. rapport intégral en annexe)

Globalement, sur St06-Baie Kwé, les flux de MES comme leur concentration en Nickel, ne montrent pas une évolution significative depuis 2007, en dehors des pics pluviométriques intenses (juillet 2013 et mars 2018) et des missions de récolte effectuées sous forts vents (2019a). 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.

• St60- NE Près du diffuseur (canal de la Havannah)

- **Les masses moyennes collectées sur St 60 NE** : lors de cette campagne S1/2019 varient de 0,684 g à 8,23 g avec une moyenne de $3,83 \pm 2,63$ g.
 - Les quantités collectées durant les trois-quarts de la période d'immersion (001-008) restent essentiellement faibles. Elles augmentent brutalement par la suite pour atteindre les maximales dans les godets 009, 010 et 011 et puis diminuent de moitié à la fin de la période

Figure 73 : 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) et durant la dernière campagne S1/2019



Il se dessine une saisonnalité entre les flux de la saison S1 chaude sont plus élevés que ceux de la saison S2.

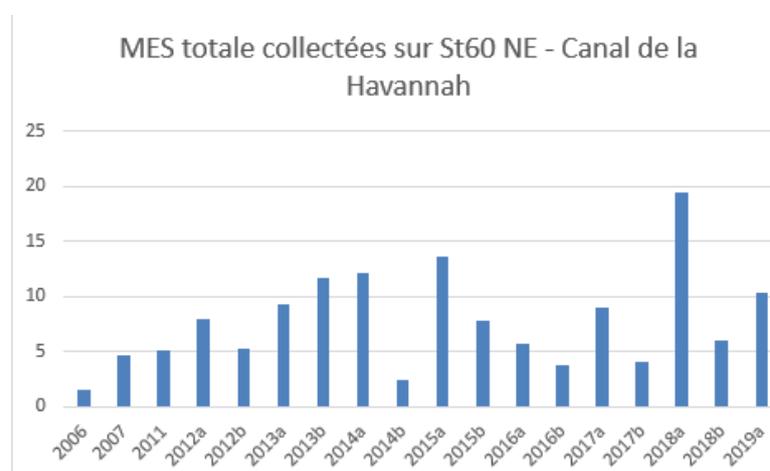
Les pluies ne sont pas directement corrélées aux flux de MES sur cette station au centre du canal de la Havannah, contrairement aux stations en baie Kwé ou baie du Prony.

- **La fraction fine ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) de MES collectées est majoritairement composée de minéraux d'origine marine, avec notamment la présence prépondérante des carbonates (Calcite et Aragonite).**

Tableau 27 : 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.

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	Mars - Mai 2019	10,3 \pm 5,1	81 \pm 3	58 \pm 2

ND : valeur non déterminée.



- **Les teneurs en carbonates** dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St06-KW1 se distribuent entre 56 % et 61 % avec une moyenne de 58 ± 2 %. Ainsi, les teneurs demeurent très homogènes au fil du temps de la collecte
- **La composition minéralogique** montre que l'influence terrigène (goéthite) est très faible sur cette station du canal de la Havannah, de plus l'influence quelques soient les godets (début ou fin de la mission) et la masse totale de MES récoltée, la teneur en carbonate reste constante.

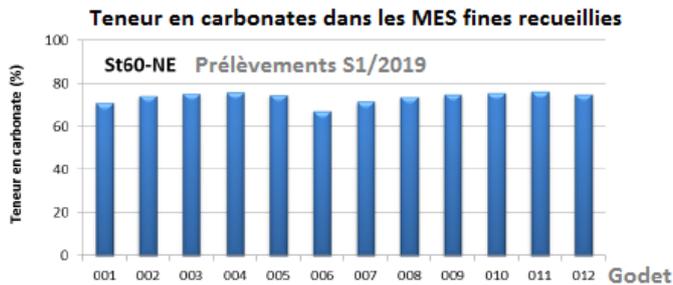
Les analyses minéralogiques sur les échantillons de cette station ont montré que le gypse ne semble représenter que moins de 1% de la composition minéralogique des MES piégées.



Figure 74: Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE. Et teneur en carbonate pour chaque godet de prélèvement séquentiel.

St60-NE				
Prélèvement	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autre
009	77	17	1	5
010	78	18	1	2
011	75	20	4	2
012	78	17	3	2

* : Sidérite, Halite, Gibbsite et Quartz.



- 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 dans les MES collectées montrent peu de variations au fil des campagnes.

Les concentrations moyennes ont toujours été du même ordre de grandeur sauf pour cette campagne S1/2019 où la concentration moyenne en S obtenue pour cette période de collecte montre une légère augmentation.

Cependant le gypse représente que moins de 1% de la composition minéralogique des MES piégées, les MES carbonatées sont d'origine marine et varient sous l'influence du ressac (donc en fonction des vents) sur les platiers et récifs, ressac qui met des sédiments en suspension.



L'origine marine semble, d'après les ratios Ca/Fe obtenus, être favorisée par les vents du secteur E à SE (voire O) qui balayent le complexe système récifal et favorisent la circulation des eaux enrichies en tests de micro-organismes et débris carbonatés.

La campagne S1/2019 de collecte des MES a eu lieu juste avant les premiers travaux de désobstruction du diffuseur (par ouverture de deux fenêtres, puis fermeture de celles-ci), cependant des plongées ponctuelles avec curage des orifices ont eu lieu et elles ont mis en suspension des paillettes de gypse dues au bouchons obstructif.

Figure 75 : Concentration en soufre mesuré sur la fraction fine des prélèvements des MES sur St06 N

St60-NE			
Campagne	S (mg/kg ps)	Campagne	S (mg/kg ps)
Févr. - Mars 2007	ND	Juil. - Sept. 2015	2 776 ± 168
Juil. - Août 2011	ND	Mai - Juil. 2016	2 746 ± 83
Janv. - Mars 2012	2 903 ± 183	Oct. - Nov. 2016	2 639 ± 503
Sept. - Oct. 2012	3 001 ± 131	Avr. - Mai 2017	2 808 ± 118
Janv. - Mars 2013	3 113 ± 284	Sept. - Nov. 2017	2 816 ± 238
Juil. - Août 2013	2 656 ± 556	Mars - Avr. 2018	3 325 ± 357
Avr. - Juin 2014	3 812 ± 834	Mai - Juil. 2018	2 236 ± 113
Sept. - Oct. 2014	2 805 ± 161	Mars - Juil. 2019	4 062 ± 799
Janv. - Mars 2015	2 887 ± 74		

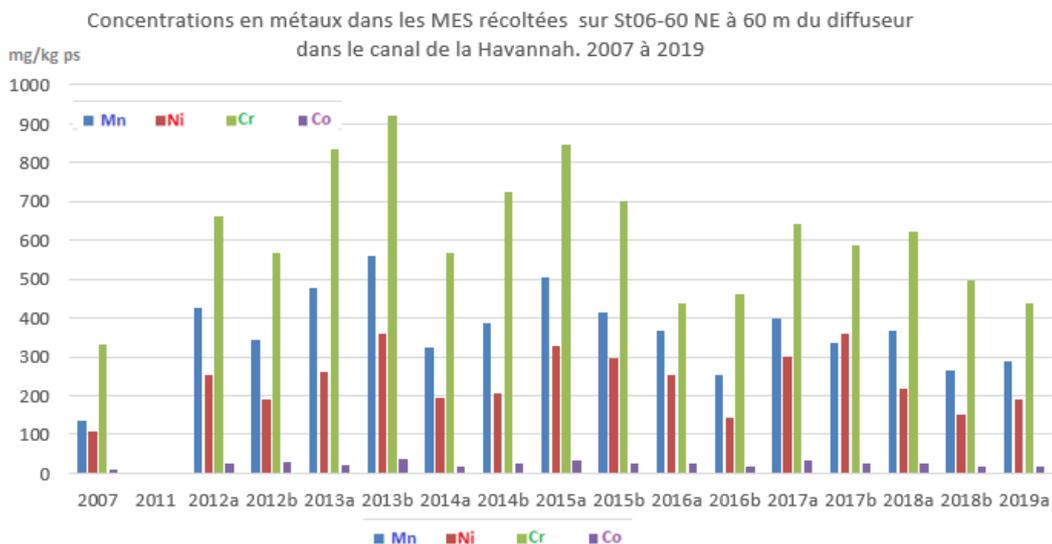
ND : valeur non déterminée.

- **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 76 : 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 à St60-NE.

Campagne	St60-NE					
	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
Mars - Mai 2019	275 221 \pm 10 174	16,4 \pm 2,4	438 \pm 90	17 679 \pm 2 349	192 \pm 38	289 \pm 45

ND : valeur non déterminée.



Les concentrations métalliques pour la présente et la précédente campagne sont en baisse par rapport à celles de juillet-août 2013 (inondations, pluviométrie exceptionnelle), campagne qui à ce jour montre les concentrations métalliques les plus hautes sur St60-NE.

Inversement, elles se rapprochent de celles de janvier-mars 2014 et octobre-novembre 2016, campagnes qui regroupent **les concentrations moyennes en métaux dans les flux de MES parmi les plus basses relevées.**

Pour le Mn (dans les MES) : Les deux campagnes 2018 comme la campagne 2019 (sur St 60NE à 60 m du diffuseur) ne montrent pas de variations de la concentration en Mn, même si le diffuseur est en partie obstrué depuis juin 2018. Il n'y a pas de hausse du Mn mais une stabilité voire une tendance baissière.

- Les flux calculés

La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de **19,2 ± 12,2 g/m²/j**.

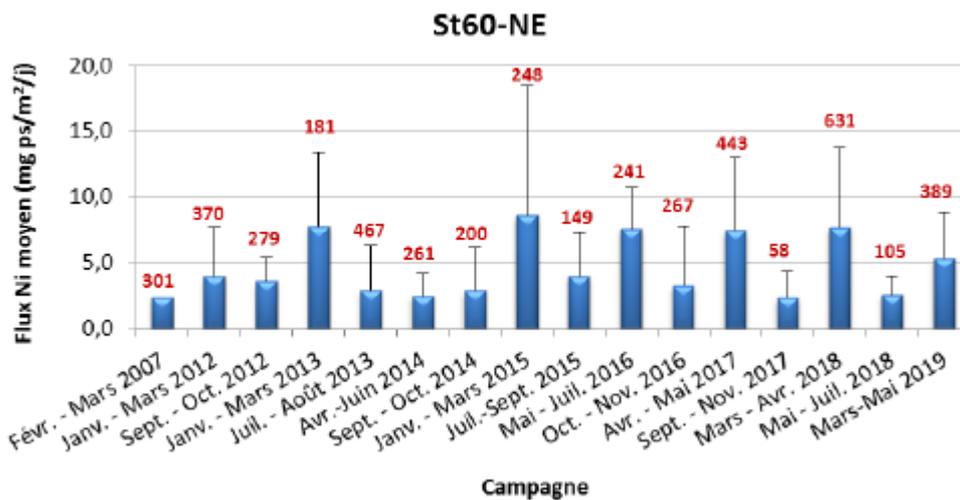
Les comparaisons montrent que les moyennes obtenues depuis 2012 demeurent toutes inférieures à celle enregistrée en 2007 qui était de 31,6 g/m²/j

Figure 77 : Compilation des moyenne ± 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 (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)
Févr. - Mars 2007	31,6 ± 40,1	949	Juil. - Sept. 2015	9,88 ± 9,20	474
Juil. - Août 2011	ND	ND	Mai - Juil. 2016	17,1 ± 10,2	822
Janv. - Mar 2012	9,61 ± 8,87	461	Oct. - Nov. 2016	11,1 ± 17,6	535
Sept. - Oct. 2012	4,10 ± 5,39	197	Avr. - Mai 2017	15,5 ± 14,2	745
Janv. - Mars 2013	12,6 ± 13,6	603	Sept. - Nov. 2017	7,28 ± 6,36	350
Juil. - Août 2013	5,85 ± 7,09	281	Mars - Avr. 2018	18,3 ± 18,1	897
Avr. - Juin 2014	7,43 ± 5,05	356	Mai - Juil. 2018	8,37 ± 6,34	402
Sept. - Oct. 2014	8,13 ± 9,08	390	Mai - Juil. 2019	19,2 ± 12,2	919
Janv. - Mars 2015	16,0 ± 15,6	766			

ND : valeur non déterminée.

Figure 78 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en nickel dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES piégées et les cumuls des précipitations (légende en rouge) lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.



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.

➤ 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. La quantité et la nature de la matière piégée sont majoritairement influencées par les variations de direction et vitesse du vent, entraînant des courants et du ressac avec remis en en suspension des sédiments des platiers, et, occasionnellement, par l'intensité des précipitations. La station subit donc des influences terrigènes et marines alternées mais d'intensités variables. Globalement, entre 2007 (état de référence) et 2013, la diminution du ratio moyen Ca/Fe permet de constater une influence grandissante du terme source terrigène. La campagne de juillet-août 2013 présente à ce jour les concentrations métalliques et la densité du flux en Ni les plus hautes à St06-KW1. Pour rappel des pluies exceptionnelles avec inondations l'avaient marquée.

Depuis, une stabilisation des apports terrigènes est manifeste.

Rade Nord en baie du Prony : La relative stabilité des valeurs moyennes du ratio Ca/Fe dans les MES captées depuis 2007 (état de référence), permet de constater que la forte influence terrigène continue de s'exercer à St15, conforme à cette hydro-région de fond e baie. Pour cette campagne les valeurs moyennes des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni sont bien inférieures à celles relevées en 2007. Par ailleurs, elles représentent, avec la dernière campagne de 2018, les minimales enregistrées jusqu'au présent

Canal de la Havannah proche du diffuseur :

Il n'y pas de variation de la concentration en Mn dans les MES piégées, ni suite à l'arrêté autorisant une flexibilité limitée en Mn (fin 2016), ni depuis le début de l'obstruction du diffuseur (début 2018)

Dans ce système dit « ouvert » où interagissent plusieurs facteurs simultanément, peu, voire aucune corrélation pertinente ne peut être établie entre les paramètres météorologiques et les particules piégées. En ce qui concerne l'évolution de gypse (CaSO_4), aucune trace d'enrichissement anormal n'est discernée pour Ca. Quant aux concentrations en S, elles sont en légère hausse par rapport aux concentrations relevées des campagnes précédentes. Toutefois, les 4 analyses minéralogiques ne confortent pas cet hypothèse ; <1 % de MES piégées à cette station est composé de gypse.

3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (Stations 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.

Un rapport annuel dédié au port est communiqué en fin d'année, ici quelques données –clefs sont rassemblées pour le premier semestre 2019. (Ensemble des données brutes en annexe).

Figure 79: 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

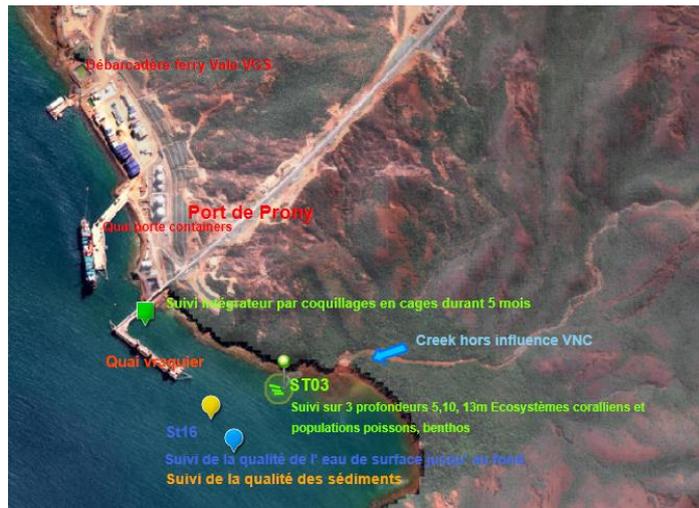
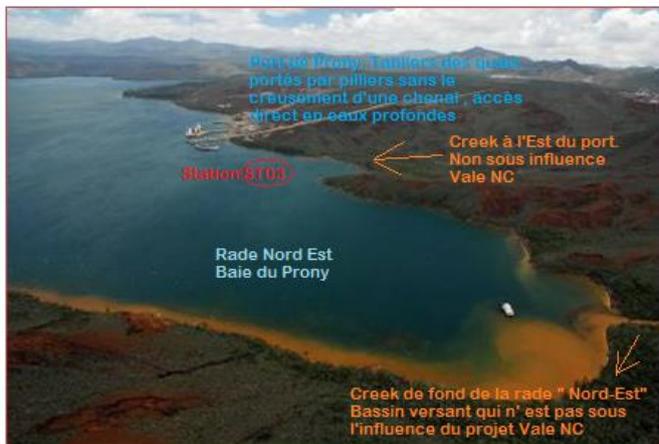


Figure 80 : Photographie du port de Prony après un épisode pluvieux. Stations de suivis ST03 et St16 et creek non permanent



► **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.**

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 2019 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 % de recouvrements suivants lors de la mission de suivi S1/2019, les résultats sont cohérents avec ceux des 24 missions précédentes de suivis (depuis 2007) avec des fluctuations relativement minimes.

Figure 81 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat sur ST03 et ses 3 transects A,B et C

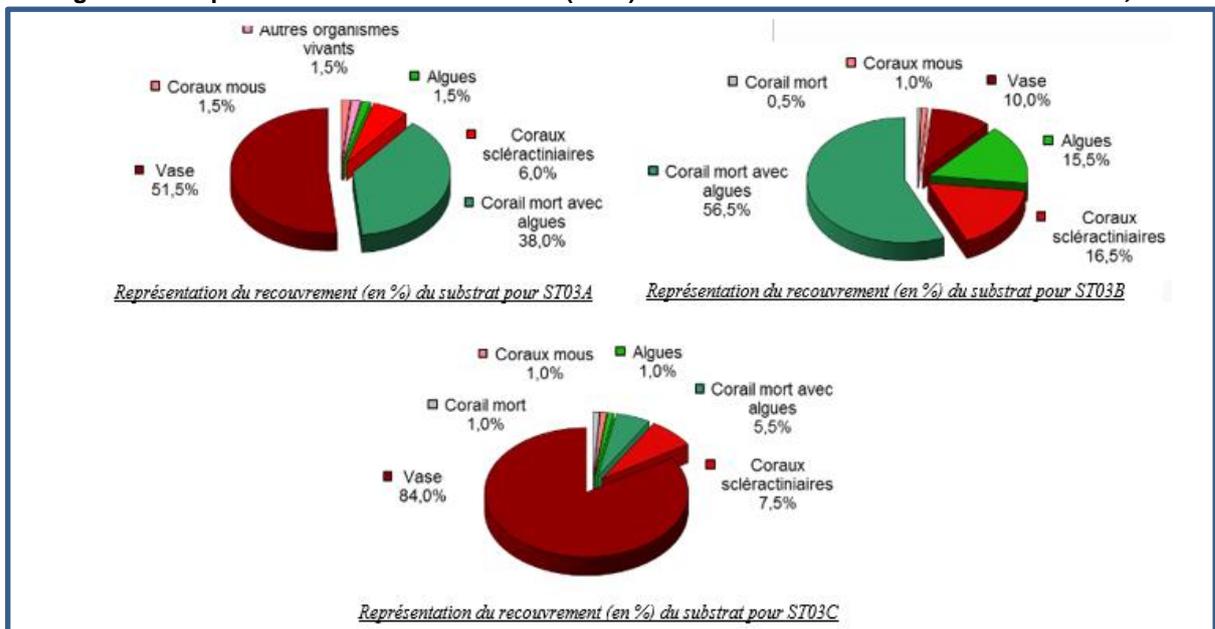
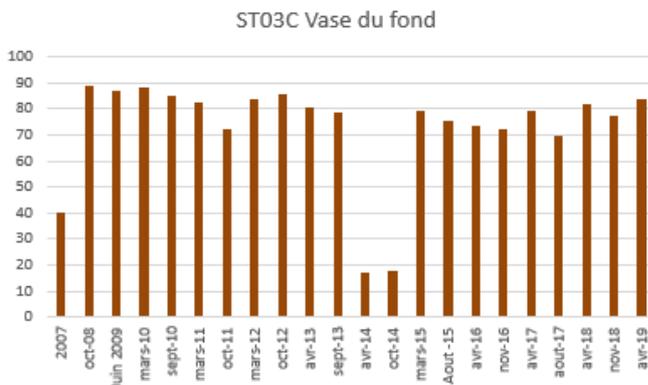


Figure 82 : Evolution du % de vase et des coraux sur le transect de fond (C) de la station ST03-Port de Prony depuis 2007



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 creek temporaire.

En Novembre 2018 il était signalé 1 étoile de mer Acanthaster sur ST 03 /Port de Prony et le risque de leur arrivée massive, en raison de la pullulation de ces étoiles de mer dévoreuses des coraux depuis fin 2016 sur la zone de Casey et le canal Woodin. Le suivi Vale NC l'avait signalé dès 2017 et une étude de l'IRD avait confirmé ce phénomène en 2017 et 2018 sur le grand sud du lagon.

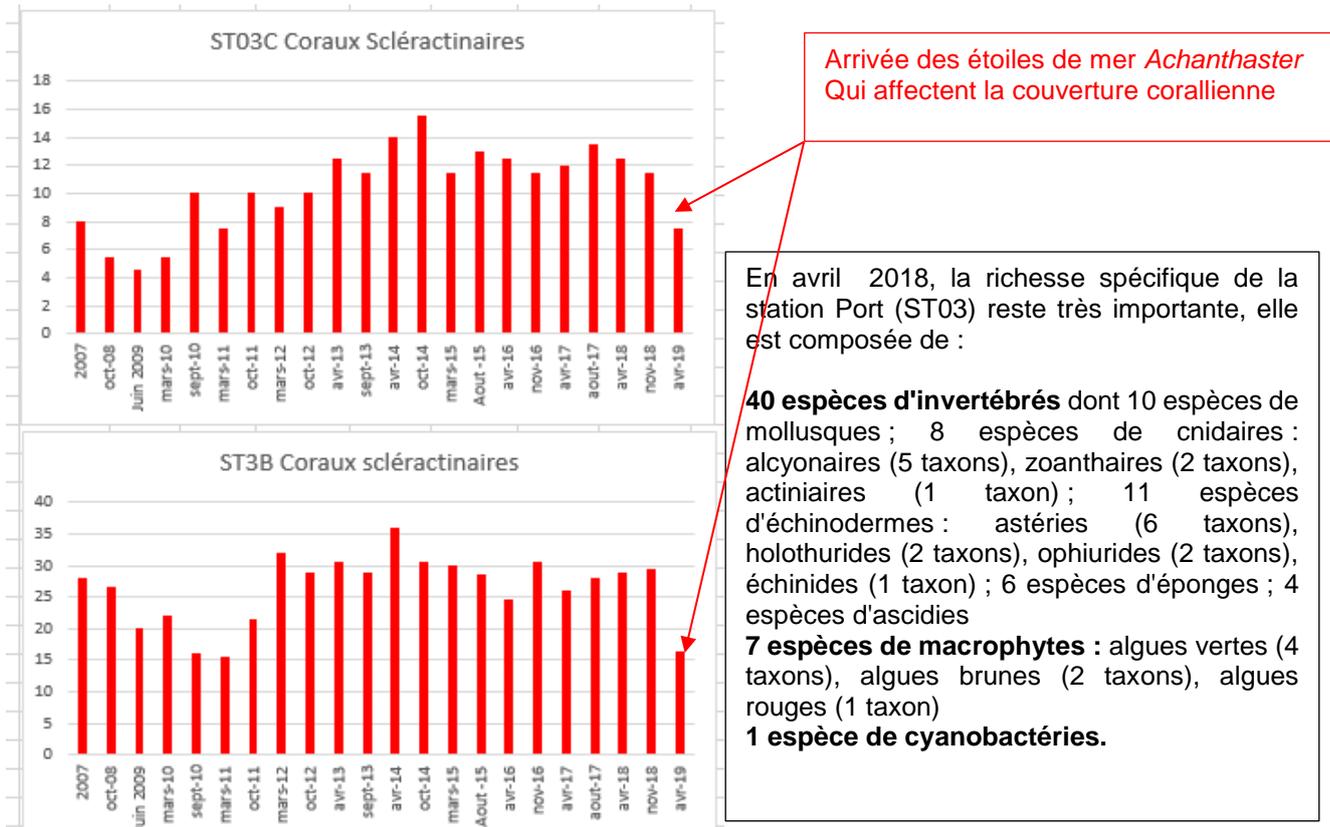


Malheureusement cette extension vers l'Est des étoiles de mer *Acanthaster planci* se vérifie, en avril 2019 elles sont en nombre envahissant (18 sur les transects) sur ST03 et prolifèrent au point d'impacter les coraux. Ces étoiles de mer (qui ne sont pas des exogènes) font des ravages cycliques sur les massifs coralliens mondiaux (Polynésie, autres zones du lagon calédonien, Australie...), leur prolifération n'est pas liée à la présence du port de Prony ou du complexe Vale NC (Ce cycle de prolifération 2017/2018/2019 est étudié par l'IRD).

On peut s'attendre à une chute de la couverture de coraux Scléactinaires encore plus forte fin 2019 voire en 2020 aussi, sur la station ST03 nouvellement atteinte et probablement sur ST02 aussi.

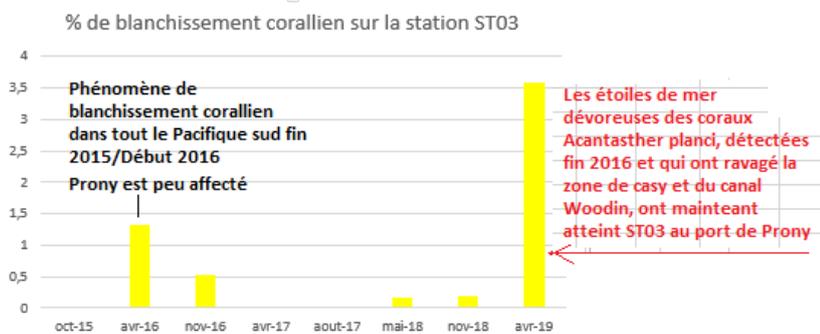


Figure 83 : Evolution temporaire du % de coraux durs (scléactinaires) et des coraux sur le transect de fond (C) et de mi profondeur (B) de la station ST03-Port de Prony depuis 2007



Le blanchissement corallien est un bon indicateur d'un stress, il a été mis en place par Vale NC et les scientifiques en 2015 (au-delà des exigences du plan de suivi). Il était faible sur cette station MAIS : en avril 2019 les étoiles de mer dévoreuse de corail *Acanthaster planci*, (détectées sur la zone témoins de de Casey et dans le canal Woodin dès fin 2016), arrivent sur cette station et commencent à causer des dégâts que l'indicateur « blanchissement » détecte.

Figure 84 : Blanchissement corallien au niveau de la station ST03 (Port de Prony)



Au niveau des poissons sur cette station ST03

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

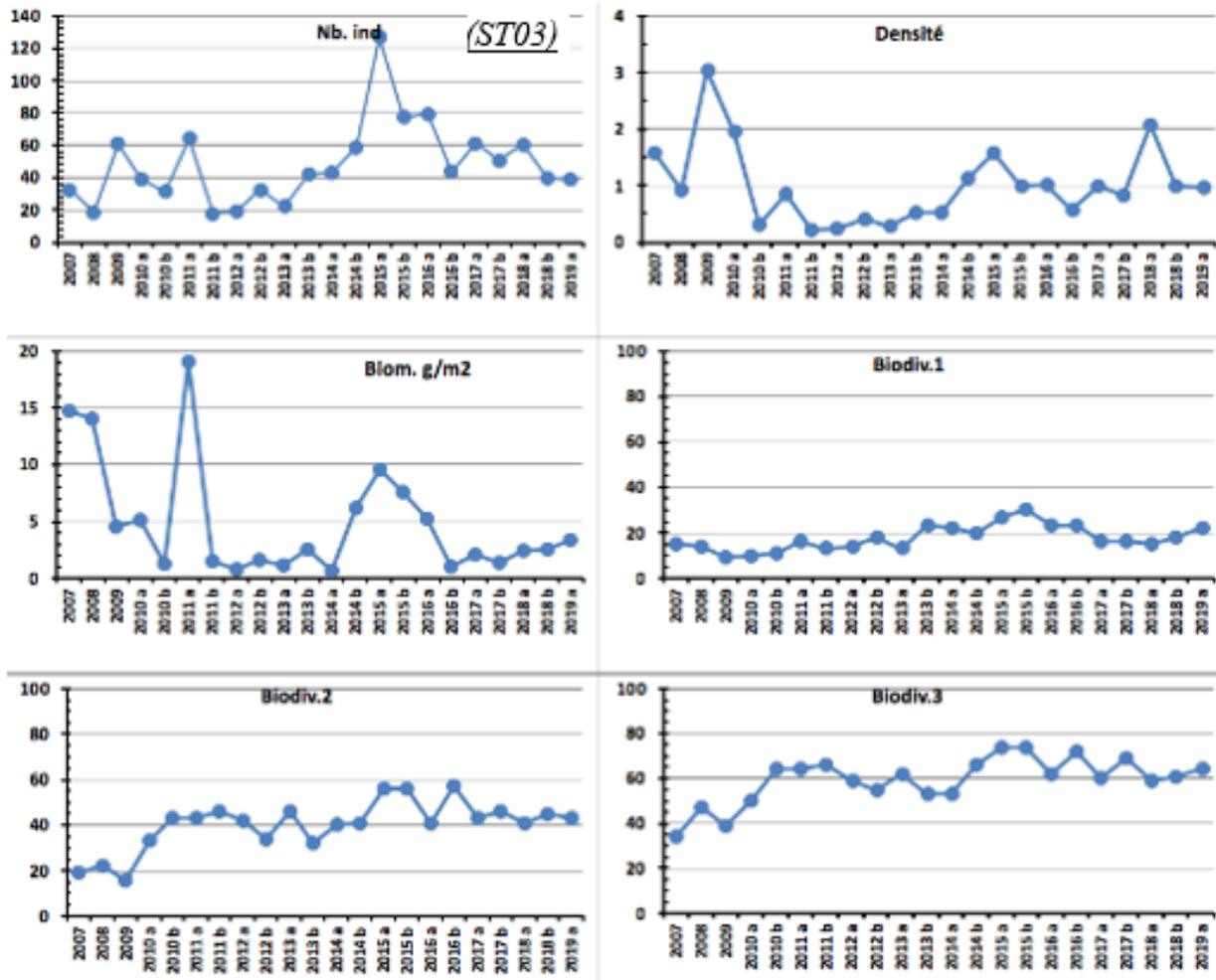
Les Pomacanthidae (*Centropyge bicolor* et *Pomacanthus sexstriatus*) sont de nouveaux venus sur le transect B

Les paramètres « nombre d'individus. » et « densité » ont des valeurs moyennes et la biomasse continue une évolution à la hausse. La Biodiversité sur les transects comme la Biodiversité totale sur la station ont des valeurs moyennes.

Tableau 28 : 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	
2019 a	Transect A	57	1,43	3,94	18			
	Transect B	54	1,35	5,95	13			
	Transect C	5	0,13	0,36	3			
	Moy. ABC	38,67	0,97	3,41	22	43	64	
2018 b	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 85 : Evolution des paramètres suivis pour l'étude des poissons, depuis 2007 sur la station ST03 (Port de Prony)

PREMIER SEMESTRE 2019- ST03 (Port) :

- **Les étoiles de mer *Acanthaster planci* commencent à arriver**, elles ont fait des ravages dans la partie Ouest de la baie du Prony (Casy, Montravel) et dans la canal Woodin en 2017 et 2018, **début 2019 elles commencent à envahir la partie Est-ce la baie du Prony et leur impact va probablement s'intensifier.**
- Adaptation des coraux à l'envasement de type « fond de baie ». Stabilité de leur couverture
- Au niveau des poissons : Stabilité de peuplements de juvéniles



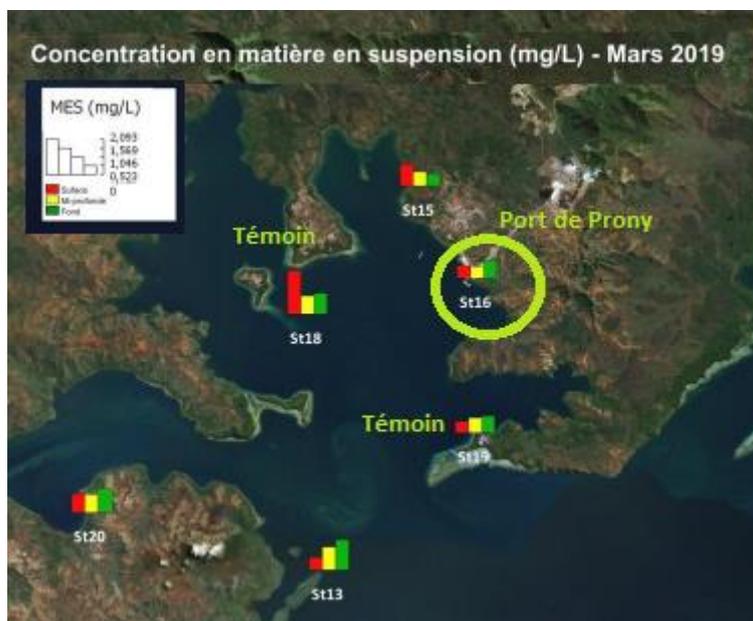
Cf. rapport intégral en annexe pour une description détaillée de cette station et l'ensemble des données.

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

- 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 2 missions trimestrielles S1/2019 par la sonde CTD ne montrent aucune anomalie. (*Cf rapport intégral en annexe*)
- Pas de matière en suspension anormales.

Le rapport de fin d'année présentera la synthèse des suivis trimestriels au niveau du port (Stations : St 16 et ST03)

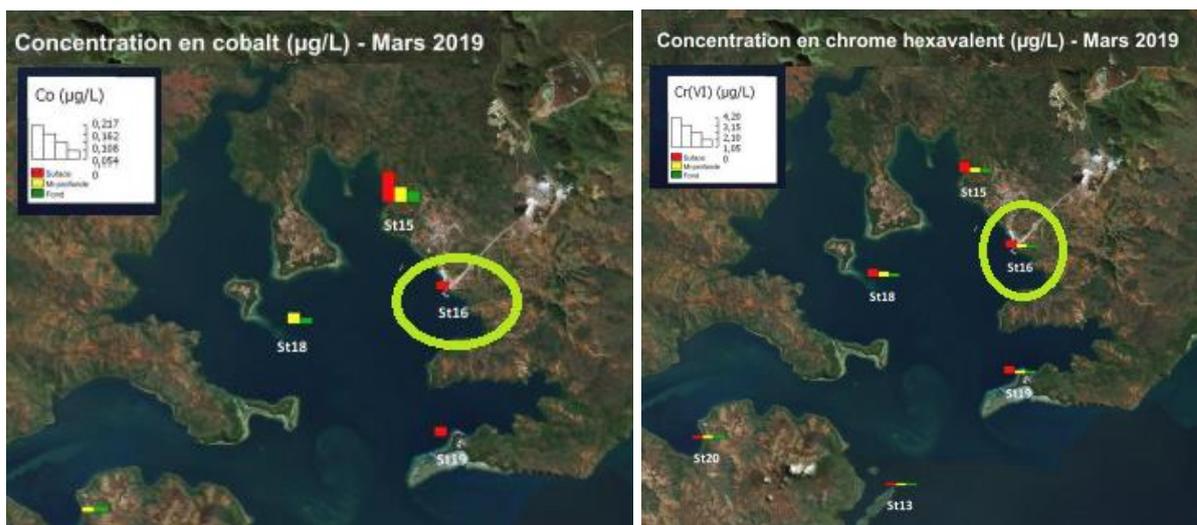
Figure 86 : Concentrations MES à 3 profondeur sur la station St16 du port de Prony, comparaison avec des stations témoins qui ne sont pas sous pression (St18, St 19 et St03)



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

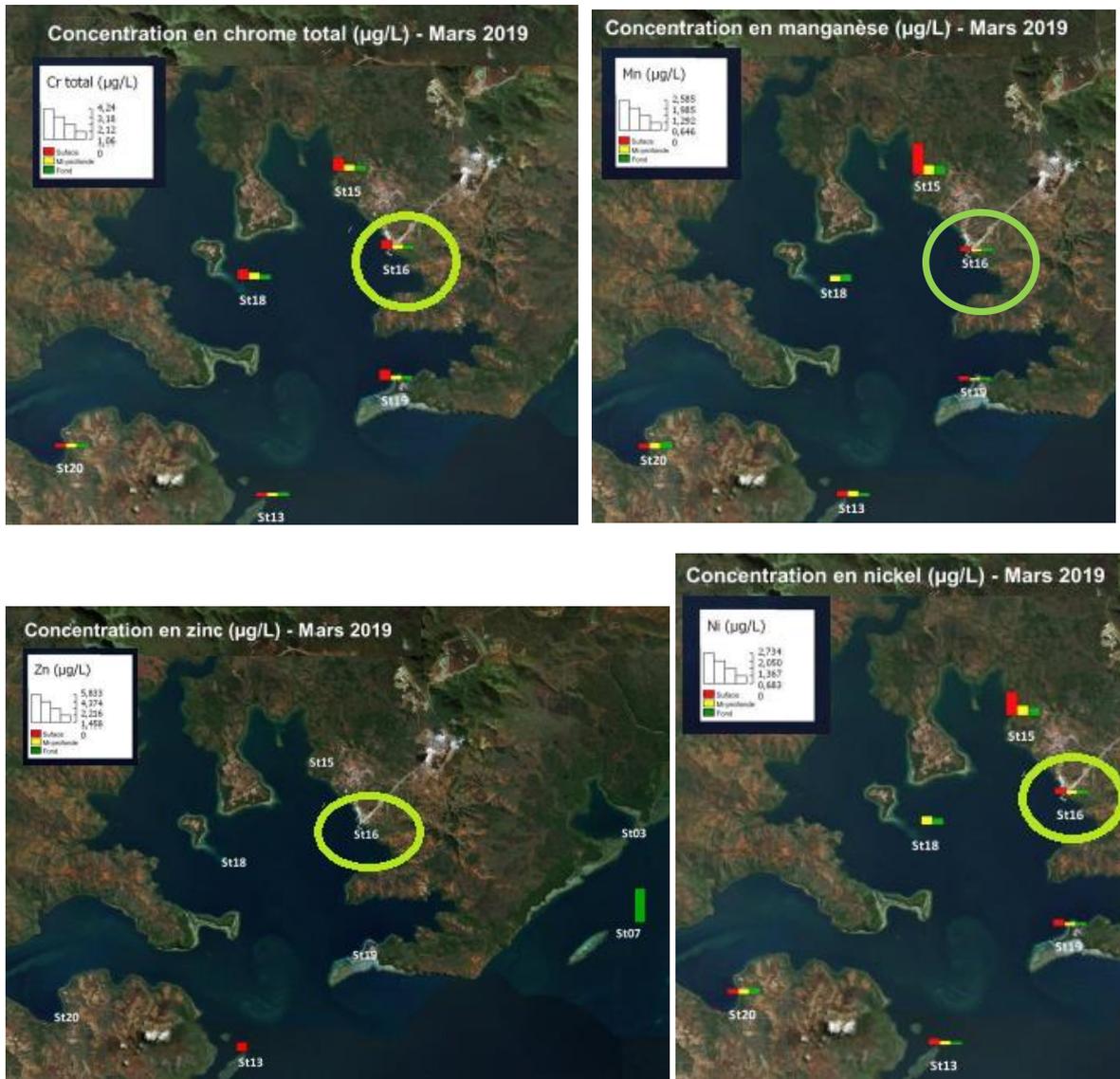
Comme le montrent les figures suivantes la qualité de l'eau sur la station St16 est bonne et comparable à celles des autres stations de la baie du Prony

Figure 87 : 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)



Rapport intégral et données brutes en annexe.

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)



Pour le *le Pb*

Lors de cette mission MARS 2019 : Le Pb au niveau du port est en concentrations < LQ : 0,1 µg/L dans les eaux de mi profondeur et de fond et **il est quantifiable avec [Pb] : 1,36 µg/L en surface**.

Les eaux du centre du canal de la Havannah, en zone témoins hors influence anthropique présentent ponctuellement 1,357 µg/L (St07).

De telles concentrations en métaux dissous en matrice saline sont détectées parce que les LQ d'analyses exigées par VNC sont très basses (LQ Pb : 0,1 µg/L).

A titre indicatif la grande rade de Nouméa est suivie avec une LQ Pb : 1 µg/L et des concentrations en Pb sont relevées à 2,2 µg/L. **Le seuil proposé par l'état du Queensland est de 0,03 mg/l soit 30 µg/L** (Source CÉIL / Soproner : Suivi de la grande rade)

Cf Le rapport annuel dédié au port qui est suivi de façon trimestrielle. A paraître fin 2019.

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, 2015 et 2018 ce suivi est triennal (sauf au port où il est annuel).

Les derniers résultats sont présentés dans le rapport S2-2018. **Prochaine mission en 2021.**
(Sauf pour le port : suivi annuel)

3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents

Une alerte environnementale a eu lieu le 30/07/2019 avec l'observation d'une surface d'eau sombre dans la baie du Prony. Une fine pellicule noire flotte en surface de l'eau de mer (relativement calme) et se rapproche du quai vracier du port de Prony.

- La procédure d'échantillonnage d'urgence est enclenchée par l'équipe Environnement de Vale NC ainsi qu'une investigation au port, sur le cargo vracier acosté et le long de la cote proche.
- Les autorités (DIMENC, DENV, gardes du lagon) et le CCCE sont avertis ;
- Des échantillons d'eau (avec la pellicule noire) sont données au laboratoire Vale NC et à un laboratoire externe pour analyses.
- Les résultats de l'enquête et des analyses sont communiqués aux autorités de contrôle.

Aucun dysfonctionnement, fuite d'hydrocarbure ou autre produit, aucun rejet ne sont détectés au cours des inspections qui ont lieu le 30/07/2019 au port et sur le cargo vracier à quai qui est inspecté.

Il n'y a pas d'impact environnemental détecté et cette pellicule noire se désagrège puis disparaît rapidement.

L'analyse de la distribution granulométrique des particules montre que l'échantillon collecté est composé de particules fines contenant plus de 50% de particules considérées comme ultrafines, comparables à de la suie. C'est l'hypothèse émise par le laboratoire d'analyses.

Les vents entrants en baie du Prony et la surface de l'eau calme durant la matinée ont probablement permis une dérive (sans désagrègement) d'une fine pellicule de suie issue d'une source extérieure à Vale NC.

A part cette alerte : Il n'y a pas eu de pollution ou incident concernant le milieu marin durant le premier semestre 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. **C'est une 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)

- L'échantillonnage « instantané » permet d'obtenir 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 », un prélèvement peut « manquer » le panache surveillé 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.
- Le séquençage de ce suivi intégrateur par périodes de 8 jours donne des informations plus précises, pour un suivi qui peut se poursuivre plus de deux mois.

Résultats 2018/2019 :

En 2018 les stations ont été décalées par rapport aux positions initiales (2016/2017) suite à l'observation (en juin 2018) d'un dysfonctionnement de la partie terminale du diffuseur qui ne rejette plus d'effluent. Les instruments sont replacés au début du diffuseur, au plus près des premiers orifices qui rejettent avec le flux maximal (et toujours dans la couche profonde K2/K3 où se situe le panache d'après les modélisations - et leurs vérifications par traçages colorés).

Figure 88 : Emplacements des automates THOE passeurs des DGT- Déplacement en amont du diffuseur le 16 juin 2018



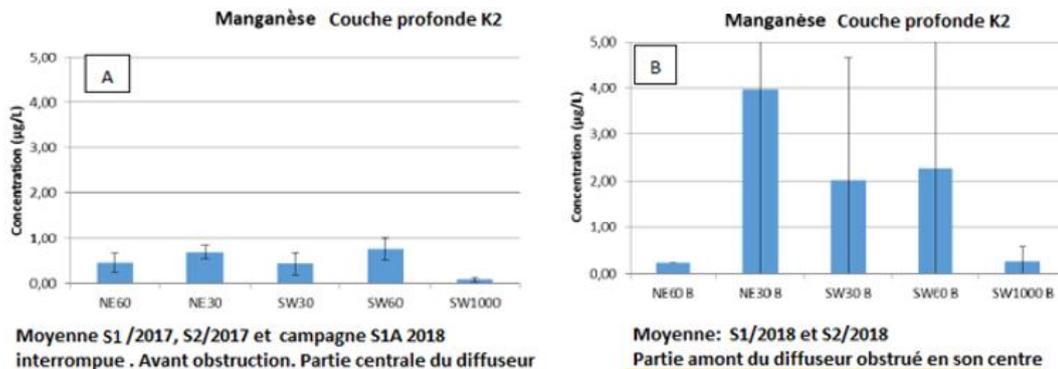
- **S1/2018 (16 juin au 14 juillet) montrait des concentrations en métaux dissous faibles.** La recommandation de 10 µg/L de Mn n'était jamais approchée même à 30 m du diffuseur. (Comme fin 2016 et comme en 2017). 
- **S2/2018 (du 13 octobre au 08 décembre 2018) présentait des concentrations en manganèse plus élevées qui dépassaient à trois occasions 10 µg/L, dans la couche profonde (K2) et dans le champ proche des 60 mètres.** Cependant, ces pics restaient des événements ponctuels, localisés et non persistants. La moyenne globale des concentrations en manganèse de cette campagne restait inférieure à la recommandation de 10 µg/L (qui garantit l'innocuité du Mn sur les biotes les plus sensibles qui vivraient en continu dans une eau avec cette concentration). 

- Une corrélation n'a pas pu être établie entre les concentrations + flux de Mn rejetés par l'effluent et les maximums (ou minimums) de Mn captés par les pastilles DGT (séquençage hebdomadaire), ni avec les marées (vivres eaux, mortes eaux...). A cet égard les conditions hydrodynamiques complexes dans de très grands volumes d'eau de mer brassés en zone de forte courantologie et le suivi dans un champ restreint très proche du diffuseur ont été mise en avant.
- En réponse à ces interrogations, en 2019 : un appareillage de suivi supplémentaire (N°6) est immergé ; de plus l'installation des appareils sur le fond est vérifiée par plongeur (et GPS) car les placer exactement à 30 ou 60 mètres d'une source sur une profondeur de -45 m en milieu agité nécessite une position statique du bateau et beaucoup de précision. Ces plongées ont permis de vérifier que les positions ont toujours été bonnes, depuis le début des suivis, et que l'immobilisation des automates entre lests et flotteurs, leur permet un bon fonctionnement.

Comme le montre la figure ci-dessous : il est constaté fin 2018 que l'augmentation des débits au niveau des 50 orifices restant opérationnels au début du diffuseur (les autres orifices étant inactifs) modifie les conditions de la dispersion de l'effluent, notamment dans le champ proche et amont du diffuseur. Les modifications concernent, en particulier, la hauteur d'éjection du panache qui, de ce fait, semble se concentrer davantage dans la couche profonde 6m et la zone antérieure du diffuseur.

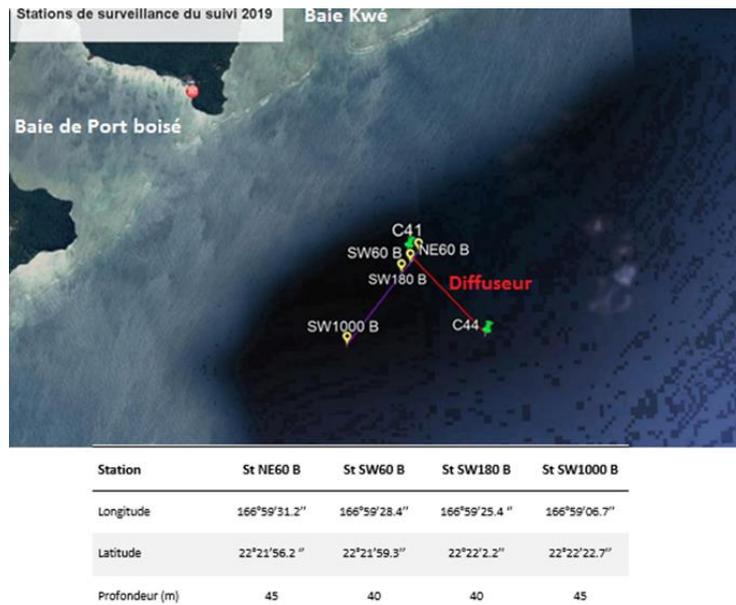


Figure 92 : Concentrations moyennes et écart-types obtenues par station de suivi pour les 3 campagnes déployées avant (A) et les 2 campagnes déployées après (B) la modification du positionnement géographique de la radiale en raison de l'observation d'une obstruction partielle du diffuseur.



Le suivi qui concerne ce rapport semestriel S1/2019 :

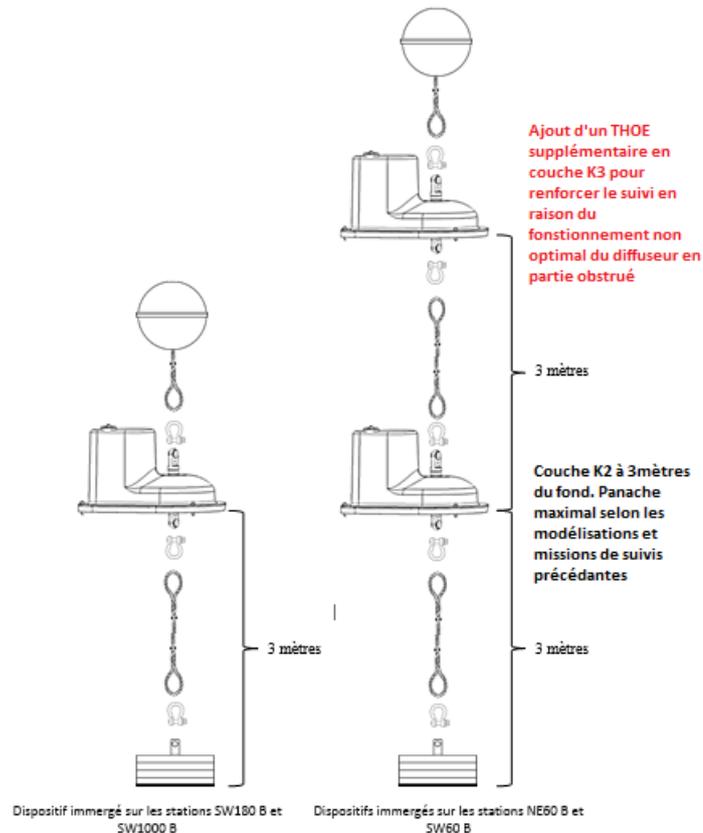
- **S1/2019 (du 16/03/2019 au 11/05/2019)** a été effectuée avant les travaux-tests de désengorgement du diffuseur, donc avec un rejet d'effluent traité effectué par un diffuseur qui travaille encore avec seulement 25% de ses orifices (amont). La récupération des THOË s'est déroulée après neuf semaines d'immersion.
 - Les automates de suivis sont toujours placés en amont du diffuseur dans la zone profonde (dans le panache de rejet maximal) et dans l'axe de dispersion NE/SW montré comme préférentiel par les modélisations.
 - **Un 6^{ème} automate THOE est ajouté**, non pas sur une nouvelle station (horizontalement) mais verticalement sur les deux stations à 60 m des orifices de rejet, ainsi, si le panache oscille entre 3 m et 6 m au-dessus du fond il sera toujours capté. Les couches K2/K3 et aussi la couche K6 sont donc surveillées.
 - **Le suivi est renforcé à la distance de 60m et 180m** qui correspondent à la plus forte présence du panache selon la modélisation avec un rejet par 48 orifices seulement. (Modélisation des phénomènes de dispersion de l'effluent traité et rejeté par les 48 premiers orifices du diffuseur. Concentration 10 mg/L en traceur. Débit continu de 2900 m³/h. Aout 2018.

Figure 91 : Suivi en champ proche du diffuseur – S1 2019


Remarquons que le fait d'avoir replacé les instruments de suivi au début du diffuseur les rapproche aussi des embouchures des baies Kwé et Port Boisé. Les laisser plus au Sud au plus près d'orifices non fonctionnels n'aurait pas été correct

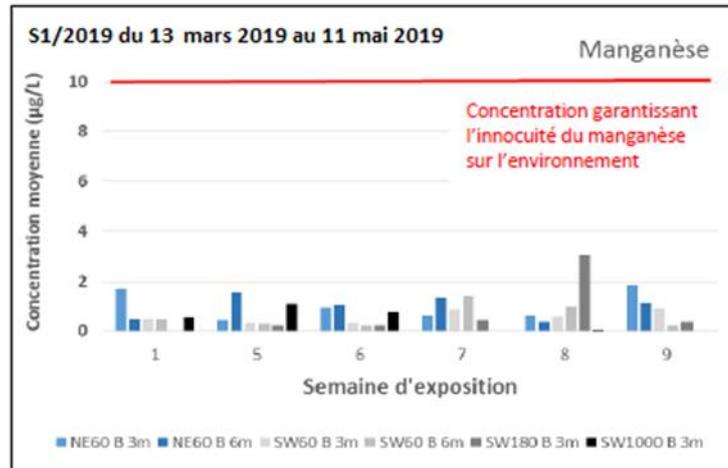
Figure 89 : Immersion des automates THOE pour un suivi en champ proche du diffuseur renforcé en 2019
Schéma des lests et flotteurs qui immobilisent les automates passeurs des pastilles DGT

Dispositifs de surveillance : lignes de mouillage avec THOE



- Résultats campagnes S1/2019 (Rapport intégral en annexe n°5 de ce rapport)

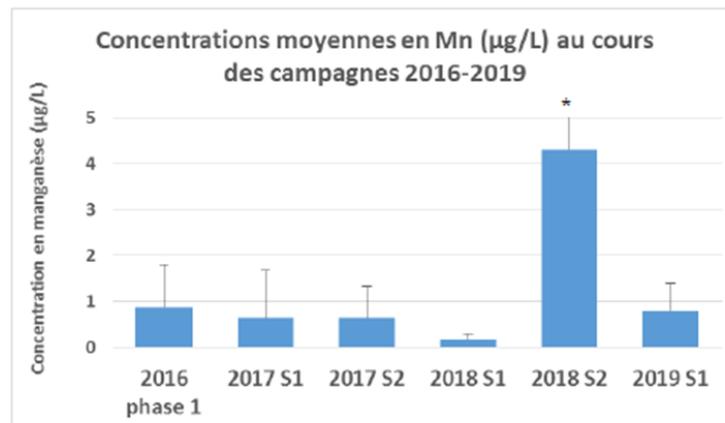
La concentration maximale de manganèse est relevée sur un DGT de la station située à 180 mètres du diffuseur (SW180 B) pour la semaine de suivi n°8 soit du 4 au 11 mai 2019, avec une valeur de **3,031 µg/L**. Elle est bien inférieure au seuil des 10 µg/L préconisé ainsi qu'aux concentrations observées lors de la précédente campagne. (Rapport intégral en annexe)

Figure 90 : Campagne S1/2019. Suivi DGT en champ proche du diffuseur


Histogramme présentant les concentrations moyennes (µg/L) en manganèse pour chaque station, selon la semaine d'exposition au cours du premier suivi 2019. Le seuil des 10µg/L préconisé n'a jamais été atteint ni approché durant cette campagne.

Aucune valeur dépassant 10 µg/L en manganèse dissous n'est enregistrée, bien que tout ait été fait pour capter à l'intérieur du panache maximal, sur deux strates (3m et aussi 6m au-dessus du fond) en champ très proche du diffuseur (60m et 180m) et dans l'axe préférentiel de la dispersion

La concentration minimale est au niveau de la station témoin SW1000 B qui se situe à 1km au Sud-Ouest du diffuseur, comme attendu puisqu'il fait office de témoins.

Figure 91 : Récapitulatif des résultats des 6 campagnes de suivi en champ proche du diffuseur par la méthode DGT


Représentation graphique de la concentration moyenne (+ écart-type) en Manganèse (µg/L), toutes stations et toutes semaines de suivi confondues, déterminée au cours des différentes années depuis la phase préliminaire (phase 1) de 2016 à la première campagne 2019. Pour des raisons de visibilité, l'astérisque correspond à l'écart-type d'une valeur de 7,13µg/L pour la deuxième campagne de suivi de l'année 2018 (9>N>4)

Bien que les travaux de désobstruction n'aient pas encore commencé lors de la campagne S1/2019, les valeurs en Mn dissous sont revenues au niveau de celles des premiers suivis.

Rappel :

- **La limite fixée à 10 µg/L en Mn** (auquel les suivis VNC se réfèrent) provient des expertises et des études éco-toxicologique effectuées entre 2006 et 2009, allant jusqu' au stade du génome de poissons et avec les larves les plus sensibles du lagon dans le but de garantir l'innocuité.

(avec une marge de sécurité x 2 et une présence de vie continue en eau enrichie en Mn). L'état du Queensland propose la même limite.

- 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). St09 est située à 500m au SSW du diffuseur.

Au cours de cette mission S1/2019 : **Des MES se sont déposées sur les instruments de suivi.** (Cf. La photographie suivante).

Ce dépôt sur la coque protectrice des instruments immergés n'a pas perturbé le travail d'absorption des pastilles DGT (lors de l'ouverture séquentielle des fenêtres situées sous l'appareillage, ouverture qui les met en contact avec l'eau de mer), il n'y a pas eu de biofilm perturbateur sur les pastilles DGT.

Vale NC a demandé une analyse de ce dépôt.

Figure 92 : Coque de l'instrument de suivi THOE/DGT lors de sa récupération sur SW60B



Figure 1: Photographie de la coque du THOE immergé à la station SW60 B lors de la première campagne 2019.

Le fait d'avoir rapproché les THOE de la côte Nord du canal de la Havannah (en les mettant en amont du diffuseur pour capter le flux des premiers orifices) les a probablement placés dans une zone plus sensible aux influences terrigènes issues de la baie Kwé et de la baie de port Boisé. D'autres part les concentrations en Mn dans ces MES déposées montrent l'influence du diffuseur et des actions de « curages » manuels des orifices qui ont été effectuées de nombreuses fois lors des plongées d'inspection, de maintenance et de préparation des travaux de désobstruction, durant le premier semestre 2019.

Pour rappel :

Les études de caractérisations des états des lieux, les études sur la courantologie effectuées par l'IRD entre 2006 et 2009 et la modélisation des courants par tout type de marée et météo, (dans le cadre d'une convention Vale NC / IRD d'études des effets potentiels de l'effluent) ont montré qu'une sorte de **barrière hydrodynamique** partageait le canal de la Havannah. La carte ci-dessous montre (par un trait jaune), que dès 2007 cette zone était identifiée. La figure N°11 du chapitre 2.2 de ce rapport montre aussi cette barrière qui contribue à séparer des hydro-régions différentes.

Bien sûr c'est une barrière mouvante (en 3 dimensions) qui ne se bloque pas à 30 mètres près, mais elle bien réelle car tous les suivis 2007/2019 confirment son existence, l'influence marine domine au Sud de celle-ci, l'influence terrigène persiste au Nord de celle-ci et s'intensifie dans les baies.

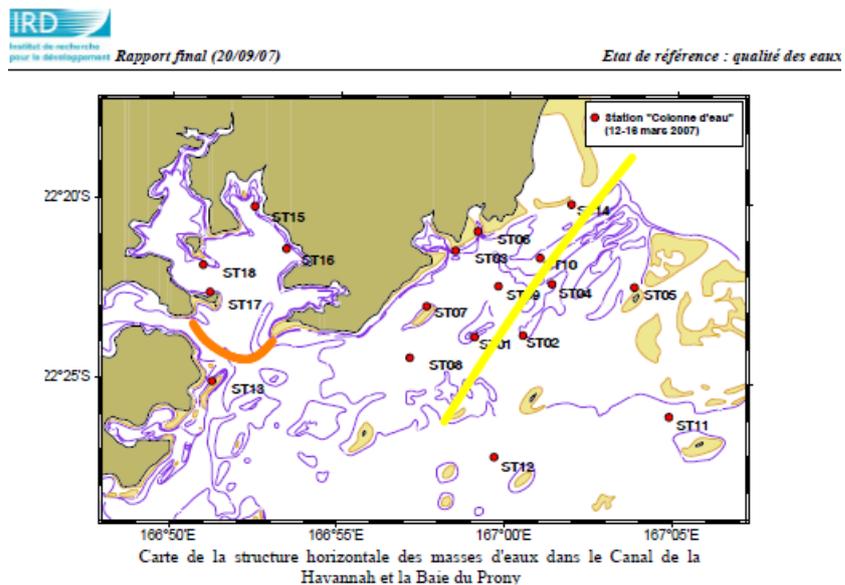
Les panaches d'influence terrigène très sensibles aux événements climatiques (pluviométrie) issus des baies Nord, sont rabattus en cote et oscillent au gré des marées montantes ou sortantes, sans franchir cette barrière. Cette dernière isole le Sud de canal (la zone inscrite UNESCO et la réserve Merlet) des influences terrigènes des creeks et rivières Nord (Port boisé et Baie Kwé) et aussi de l'influence du diffuseur.

Cette zone de très fort hydrodynamisme se situe sur la partie terminale du diffuseur ; celui-ci a été placé exactement dans ce périmètre choisi pour cette raison : fort hydrodynamisme en surface (et au fond aussi) sur un fond d'arénites relativement abiotique éloigné d'un massif corallien.

En déplaçant les THOE du centre du diffuseur vers le Nord-Ouest, ils sont passés au Nord de la barrière hydrodynamique et sont bien plus sensibles aux MES issues de l'influence terrigène côtière Nord. Les instruments de suivi des flux de MES sont aussi au nord de cette barrière.

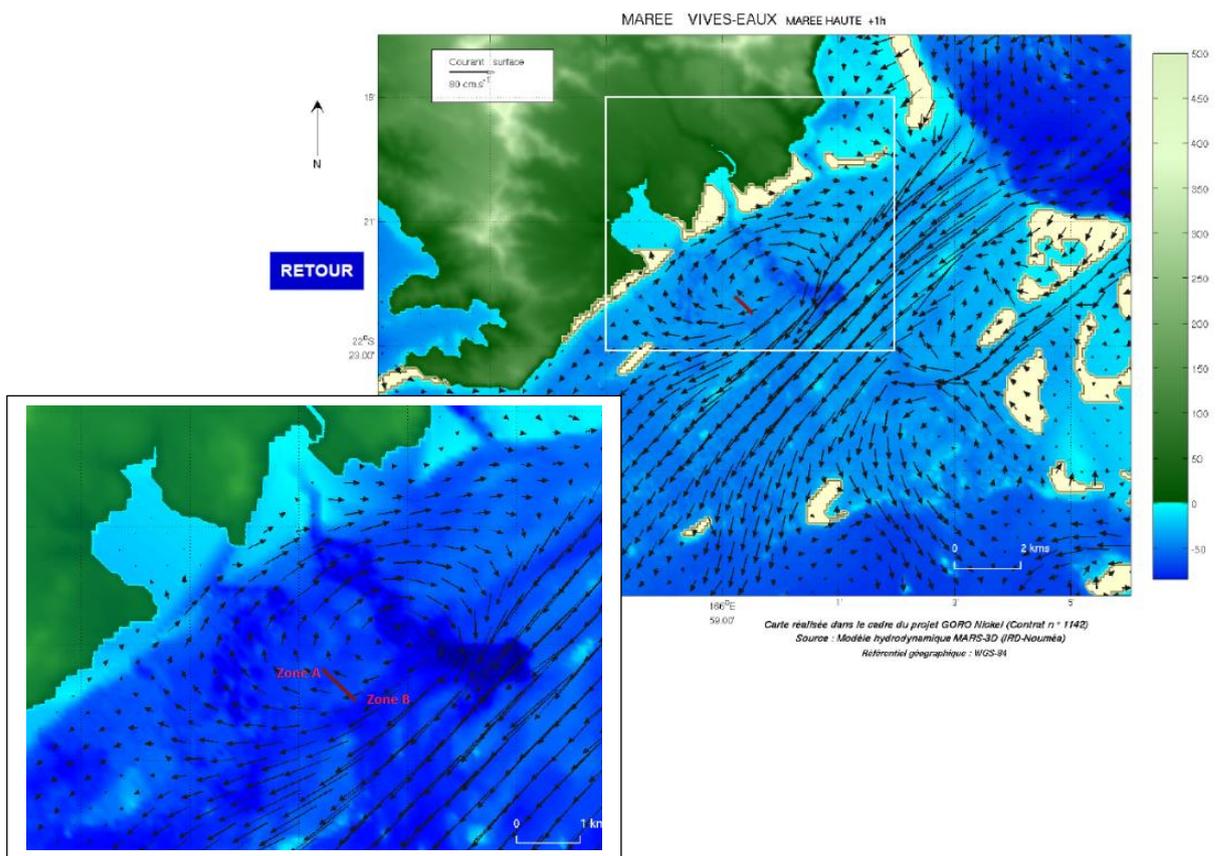
Le trait jaune sur la carte suivante montre que dès 2007 la qualité de l'eau de mer permettait de tracer une limite de partage au centre du canal, des hydro-régions différentes partagent le lagon.

Figure 93 : Carte issue des études IRD des état de références



Des extraits de la modélisation courantologique du Grand Sud, avec le positionnement du diffuseur, sont figés ici dessous :

Figure 94 : la barrière hydrodynamique représentée dans les modélisation dans l' étas de courantologie



Les premiers orifices de rejets du diffuseur (au Nord-Ouest : Zone A) et les derniers orifices (actuellement non fonctionnels -Zone B) sont situées de part et d'autre de cette turbulence, ce qui assure une rapide dispersion de l'effluent traité, préférentiellement dans l'axe NE/SW ; la barrière est plus représentative au Sud/Sud-Est du diffuseur, ce qui empêche l'effluent (comme aux eaux issues des rivières de la côte Nord) d'aller vers la zone Sud (inscrite à l'Unesco).

Les premiers orifices du diffuseur sont d'avantage sensibles à l'influence côtière et donc aux MES côtières.

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 29 : Synthèse des résultats des missions de suivis du milieu marin S1/2019.

Suivi réglementaire 2019	Indicateurs	Premier semestre 2019	
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 sur les stations qui entourent la zone du rejet de l'effluent, en champ proche du diffuseur (suivi par DGT), au niveau du port de Prony, du creek Baie Nord et en baie Kwé. Pas de pollution impactant le milieu ou d'incident.	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	La station témoins ST01-Ilot Casy a été très fortement affectée par l'invasion d'Acanthaster en 2017. En 2018 c'est au tour de la station ST04-Canal du canal Woodin d'être affectée par les Acanthaster. Ces stations sont hors influence VNC. Les étoiles de mer atteignent maintenant les stations ST02 près du creek Baie Nord et ST03 du port de Prony, elles en sont au début de leur ravage sur les coraux. Les autres stations en dehors de la baie du Prony sont en bonne santé globale. Populations de poissons conformes et en bonne santé.	
Suivi des flux de MES	Physique Chimique (MES)	Les flux en MES restent conformes aux valeurs attendues et corrélés aux vents exceptionnellement fort enregistrés sur la zone au premier trimestre 2019	

**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 RECIFEAUX ET DES ORGANISMES
QUI LUI SONT ASSOCIES**

ANNEXE IV : SUIVI DES FLUX DE MATIERES EN SUSPENSION

ANNEXE V : SUIVI PAR DGT EN CHAMP PROCHE DU DIFFUSEUR

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

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

PARAMÈTRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
CaCO ₃	Carbonates de calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone organique total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre
DBO ₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
FeII	Fer II
HT	Hydrocarbures totaux
K	Potassium
Li	Lithium
MES	Matières en suspension
MEST	Matières en suspension totales

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