



Suivi environnemental Second semestre 2017

MILIEU MARIN



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

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

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

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

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

VALE NC, Département Communication

E-mail : ValeNC-communication@vale.com

Tel : 23 50 36

Sommaire

1. ACQUISITION DES DONNEES. PLAN DE SUIVI DU MILIEU MARIN.....	2
1.1. LOCALISATION.....	2
1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC.....	2
1.1.2. Points de surveillance de la qualité <i>des</i> eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (Stations nommées : St)	3
1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (Stations ST).....	5
1.1.4. Points de suivi des sédiments – Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Stations : St)	8
1.1.5. Points de suivi du Taux d'accumulation sédimentaire	9
1.1.6. Points de suivi des Flux sédimentaires	9
1.1.7. Zones de surveillance de l'herbier de la baie Kwé.....	10
1.2. INDICATEURS SUIVIS	11
1.3. METHODES	15
1.4. RENDUS SEMESTRIELS.....	15
2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT	16
2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2017	17
2.2. CARTOGRAPHIE : PRESSIONS, ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS.....	17
3. RESULTATS (S2-2017)	21
3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES	21
3.2. VALEURS OBTENUES (2017).....	25
3.2.1. Météorologie	25
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer	28
3.2.2.1. QUALITE- Contrôle qualité.....	31
3.2.2.2. RESULTATS S2 /2017	31
3.2.2.3. ANALYSES TEMPORELLES des fluctuations des paramètres	47
3.2.3. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées	56
3.2.3.1. Bilan des observations par station suivie (Second semestre 2017).....	57
3.2.3.2. Comparaisons spatiales des stations entre elles au temps t de la mission	59
3.2.3.3. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007	64
3.2.4. L'herbier	68
3.2.5. Suivi des flux sédimentaires	69
3.2.6. Suivi spécifique dédié au port de Prony (St16)-	78
3.2.7. Suivi des taux de sédimentation 2017 (triennal)	94
3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments (triennal)	104
3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents	104
3.2.10. Suivis supplémentaires DGT	105
4. CONCLUSION.....	107

Annexes

Annexes	Rapports intégraux	S2/2017
Annexe 1	Méthodologies des suivis physico- chimiques et biologiques. V 2017.	Annexes intégrées au rapport S2/2017
Annexe 2	Rapport S2/ 2017 : Suivi environnemental de la qualité de la colonne d'eau de mer. <ul style="list-style-type: none"> • Structure de la colonne d'eau • Qualité physico-chimique • Concentrations en métaux dissous • Evolutions spatiales et comparaison entre stations • Evolutions temporelles par rapport aux états de références et aux suivis antérieurs. • + Données brutes en fin de rapport. 	
Annexes 3	Rapport S2/ 2017 : Suivi de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah. <ul style="list-style-type: none"> • Etat de chaque station : substrat, benthos, poissons • Comparaison spatiale des stations entre elles • Evolution temporelle par rapport aux suivis antérieurs depuis 2007 • +Données brutes en fin de rapport. 	
Annexe 4	Rapport S2/2017 : Suivi des flux de matières en suspension	
Annexes 5	Rapport 2017 : Surveillance des eaux et des sédiments au Port de Prony	
Annexe 6	Rapport 2017 : Les taux de sédimentation	
Annexe 7	Abréviations et acronymes.	

2
0
1
7

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 les états initiaux, les études d'impacts, les pressions exercées par l'ensemble des activités de Vale NC et le suivi de zones témoins. La surveillance s'effectue au niveau de stations sous-marines et points de prélèvements selon les prescriptions réglementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter.

- Arrêté ICPE : Installations portuaires. 13 juillet 2007.

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

- Arrêté : AEM. 30 septembre 2016.

- Arrêté : Flexibilité en Manganèse. 21 novembre 2016

Guide de lecture de ce rapport

Chapitres

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

Les « plus » supplémentaires effectués 

Les « high light » 

Les points d'attention soutenue 

Les points positifs 

Les points du suivi ciblés pour une surveillance attentive et accrue 

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

1.1. Localisation

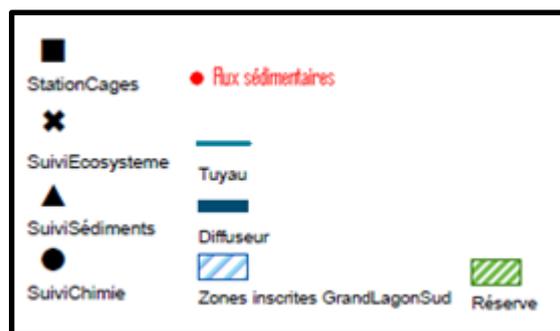
1.1.1. Positionnement global des stations des suivis du milieu marin Vale NC

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

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin 2008 à 2017.



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).

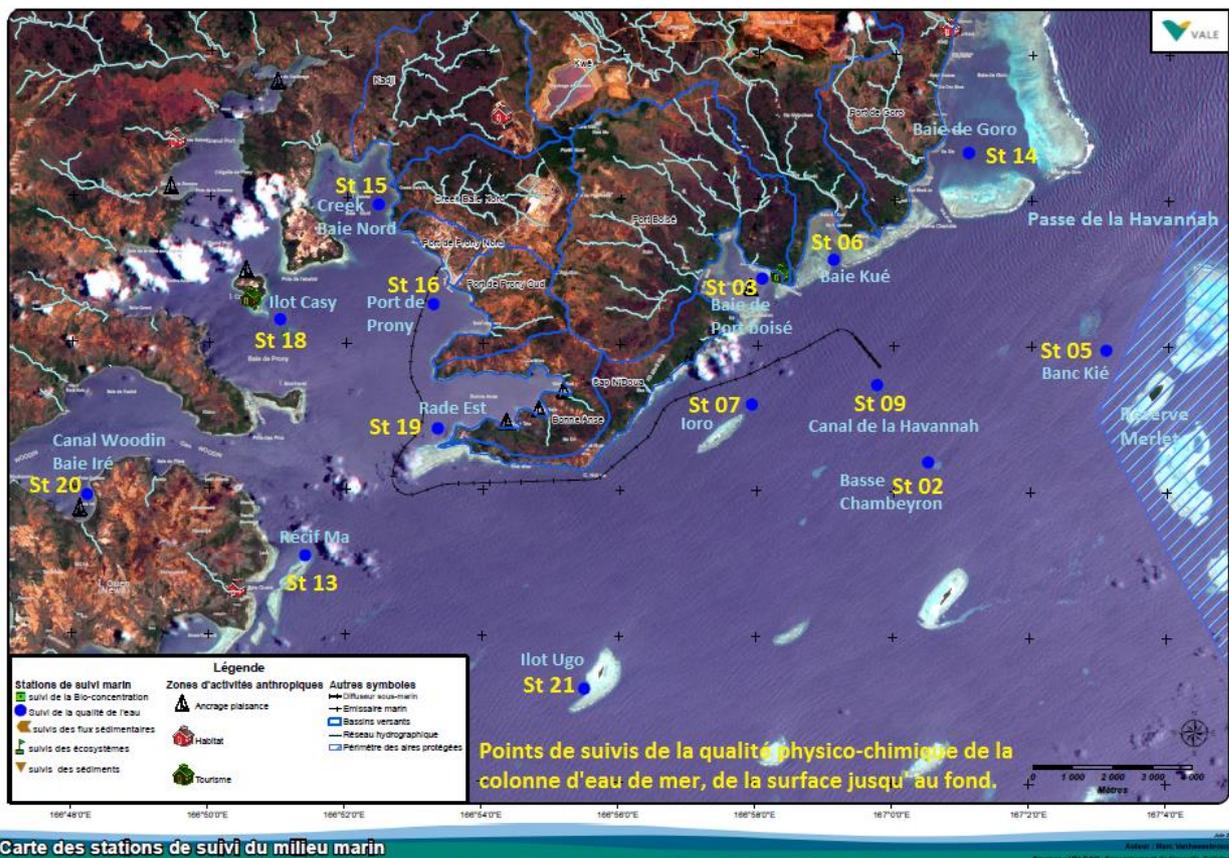
1.1.2. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (Stations nommées : St)

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 stations de prélèvement d'eau (St) depuis 2008.



**Figure 3 : Localisation précise des stations de suivi de la qualité de l'eau
En baie de Port boisé (St 03) et en baie Kwé (St 06)**



14 points de prélèvements sont suivis sur toute la colonne d'eau représentent 42 échantillons d'eau pour analyses. En août 2009 la station dite « Récif Hugo St 21 » a été ajoutée sur demande sociétale ; cette dernière est suivie sur tous les paramètres physico-chimiques ainsi que sur son aspect 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.*

1.1.3. 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 Ionontea	166°58.995	22°23.650
ST07	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591
ST08	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243
ST09	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070
ST10	Ilot Kié Réserve Merlet	167°03.862	22°22.324
ST11	Récif Touémo	167°01.875	22°20.046
ST12	Ugo	166°55.625	22°26.438

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

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

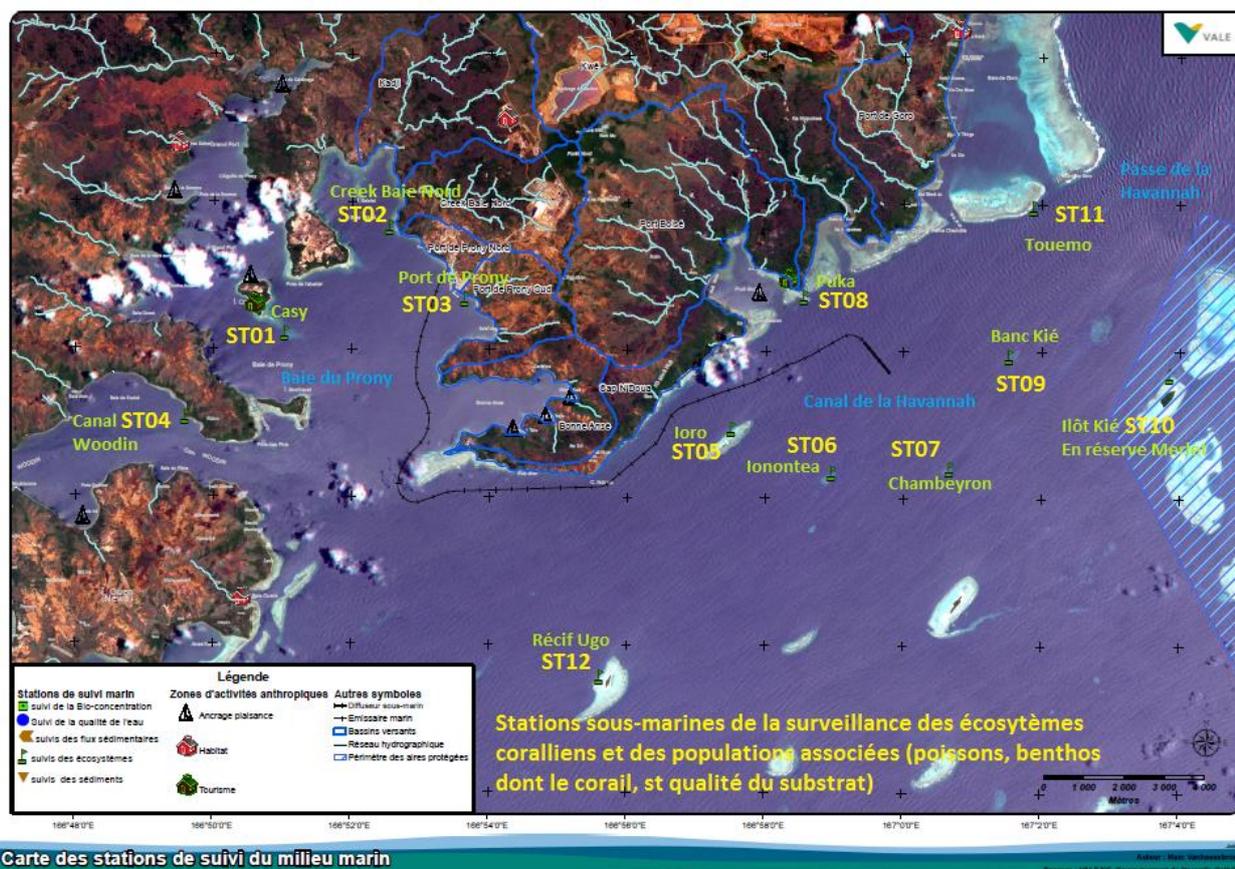
- 7 stations dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (une demande d'autorisation spéciale est effectuée auprès de la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an, ce suivi de la station ST10 est non imposé réglementairement mais une attention complémentaire de VNC)
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 station très décentrée, dans le canal Woodin ;
- 1 station supplémentaire qui est inventoriée depuis juin 2009 : Ugo ST12 située à l'Est de l'île Ouen.

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

La position du diffuseur sous-marin d'effluent traité a été méticuleusement choisie après études et expertises pour sa localisation sur des fonds marins de plus de 40 mètres, sablo- détritiques et balayés par de forts courants de marées, par choix l'émissaire est éloignée des récifs coralliens riches en biodiversité. Pour cette raison, il ne peut pas y avoir de station de surveillance des récifs coralliens et des populations associées en champ très proche du diffuseur. En champ éloigné de plus de 1 km, le diffuseur est encadré par des stations positionnées sur tous les bancs et ilots 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.

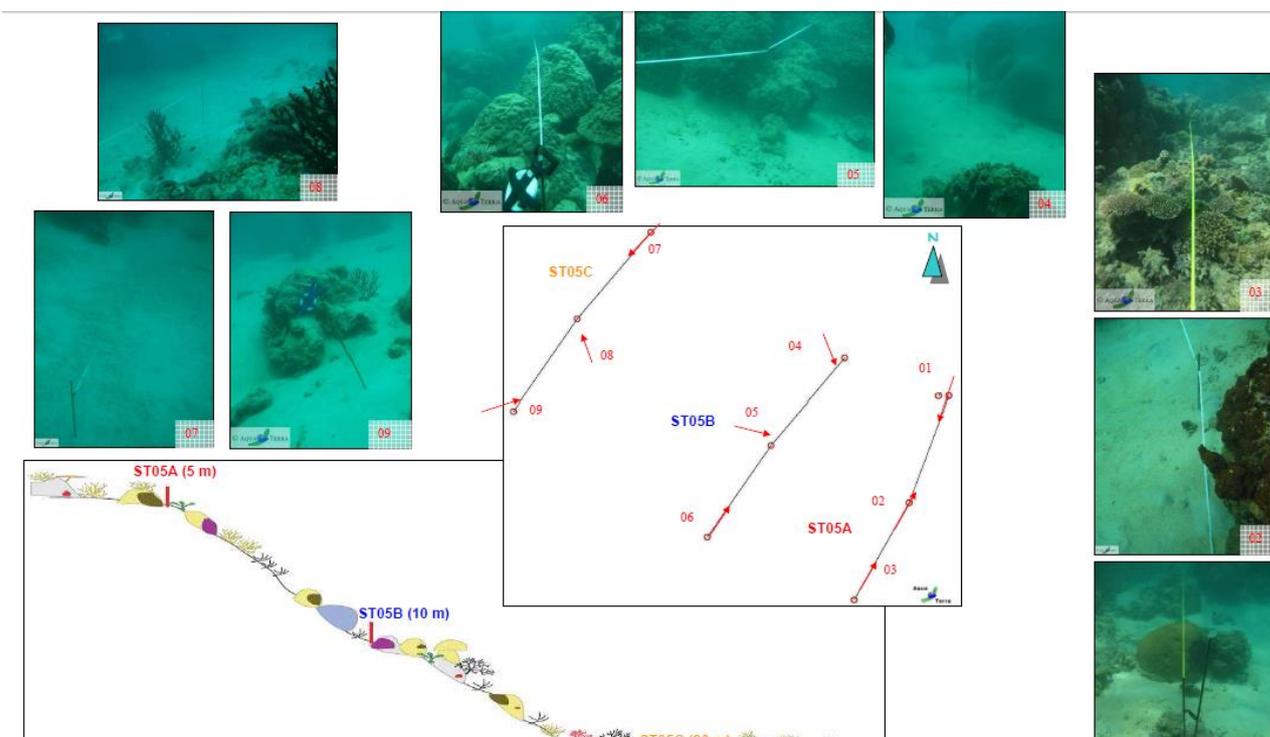
Les stations ciblées par ce plan de suivi ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis le début des suivis 2007, 18 inventaires sur celles-ci (à ce jour). Aucune station de suivi n'a été abandonnée ou modifiée.

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 CCB 2009 mais il n'est pas inscrit dans les prescriptions réglementaires des arrêtés ICPE, sauf en baie Kwé sut ST08 et l'herbier, via l'arrêté AEM -2016.

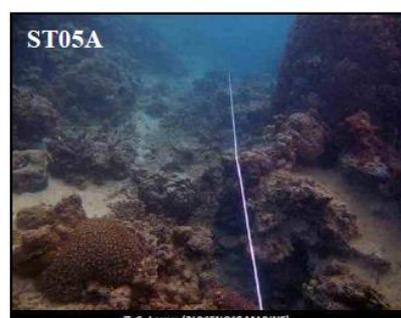
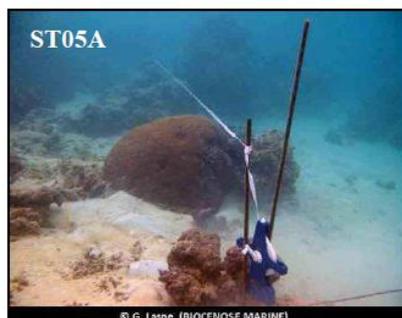
D'autres zones et stations peuvent être suivies selon les événements et des suivis supplémentaires, notamment en baie du Prony et dans les baies au Nord du canal de la Havannah.

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)

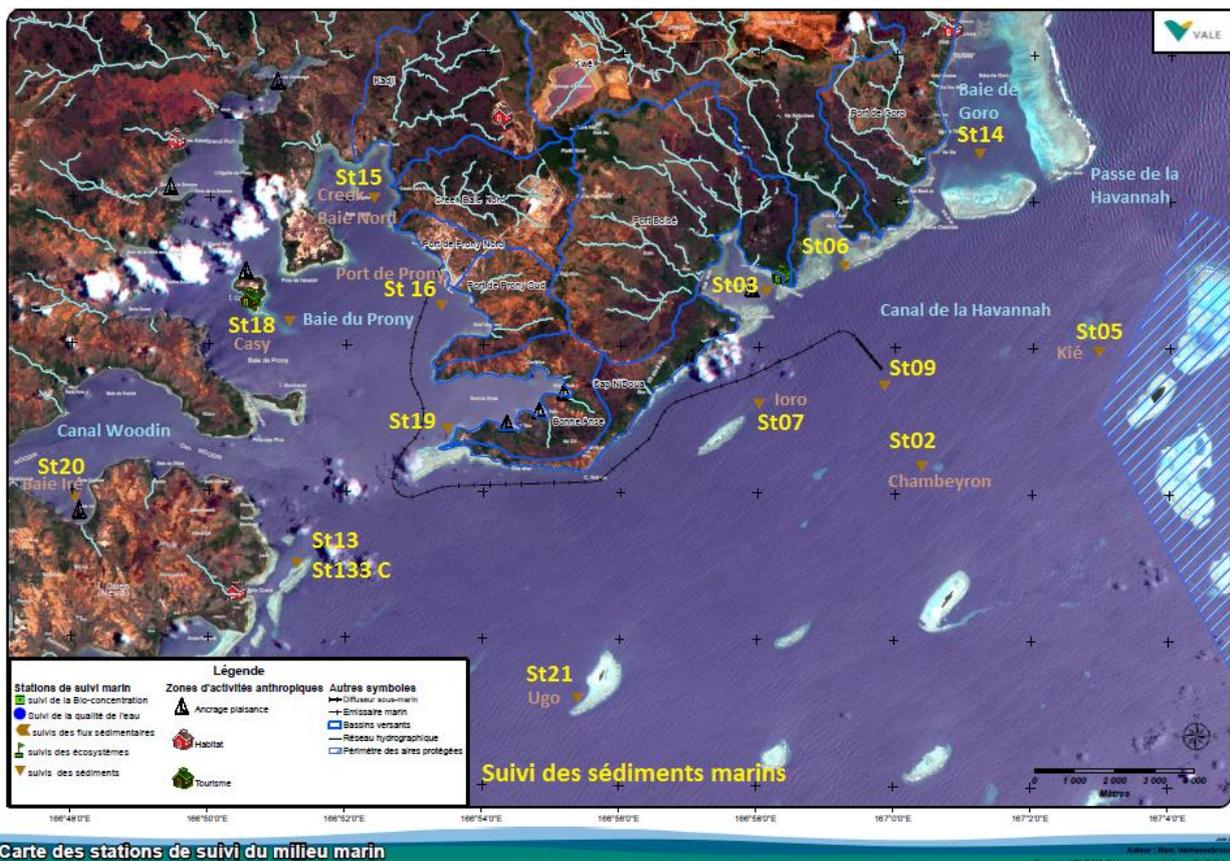
1.1.4. Points de suivi des sédiments – Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (Stations : St)

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

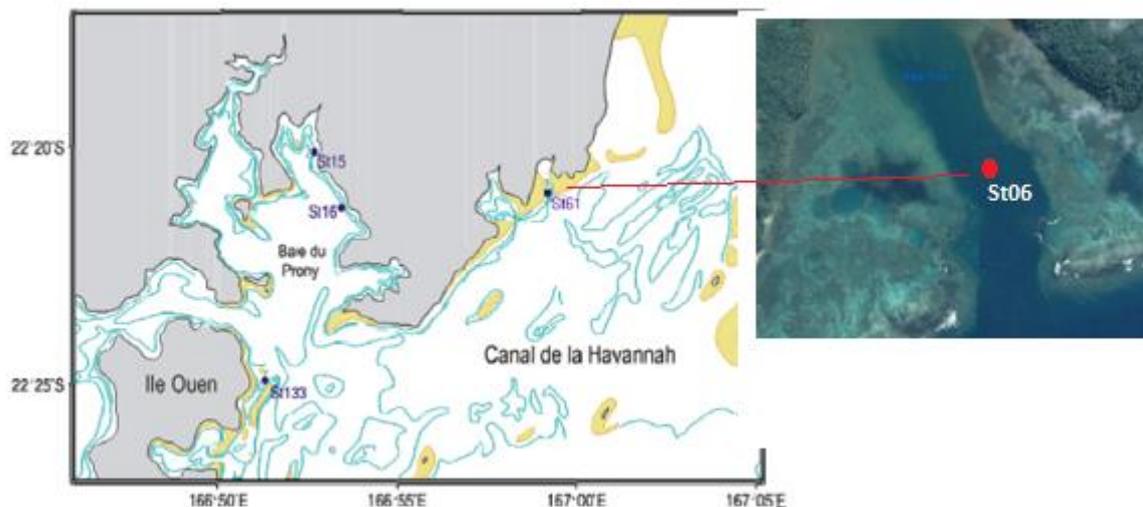
Figure 6 : Localisation géographique des stations de prélèvement des sédiments de surface + carotte St 133 Est- Ile Ouen



1.1.5. 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.



1.1.6. Points de suivi des Flux sédimentaires

Les flux des sédiments transportés 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.

► 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 (de 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 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.**



1.1.7. 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.



1.2. Indicateurs suivis

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

Tableau 7 : Indicateurs biologiques. Suivis semestriels (2008 / 2017).

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

	Stations	LIT SUBSTRAT <u>28 items</u>	BENTHOS	POISSONS 1. Nb Individus 2. Densité (poissons /m ²) 3. Biomasse (g/m ²) (Sur liste restreinte imposée)
Baie du Prony	ST01	X	X	XXX
	ST02			
	ST03			
Canal Woodin	ST04			
Canal de la Havannah	ST05	X	X	XXX
	ST06			
	ST07			
	ST08			
	ST09			
	ST11			
	ST12			
	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 8 : Indicateurs biologiques. Herbier. Suivi triennal (2017)

	Station	Composition spécifique (bio diversité)	% de recouvrement du substrat	Densité de chaque espèce par m ²
Baie Kwé	Station 01 = HE 01 (Est)	x	x	x
	Station 02 = HO 02 (Ouest)	x	x	x
	Station 03 = HE03 (Est)	x	x	x
	Station 04 = HO 04 (Ouest)	x	x	x

- **Les Indicateurs physico-chimiques** :

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

TAUX D'ACCUMULATION

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

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

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

Flux : A minima 78 données/an

Total du nombre d'analyses (et de données) pour 1 année de suivi (avec 1 suivi triennal des sédiments) : 3340 analyses + Suivi Eco systémique (145 données /an environ selon les stations et la biocénose).

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

1.3. Méthodes

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

1.4. Rendus semestriels

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

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

L'analyse des données comprend :

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

Cette analyse est à la fois :

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

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

Démarche : Pression/Etat/Réponse

Méthodologie : BACI.

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

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES A DATE DE CE RAPPORT

Le présent rapport concerne les suivis suivants :

- Suivi N°2 / 2017 de la structure de la colonne d'eau et de la qualité physico-chimique de l'eau –Mission effectuée les 08, 09 et 10 AOUT 2017 ;
- ✓ Suivi N°2 / 2017 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission du second semestre : septembre 2017
- ✓ Suivi N°1 et N°2 / 2017 des flux sédimentaires - Immersion des automates durant 2 fois 48 jours en : Avril / Mai / Juin 2017 puis en : Septembre / Octobre / Novembre 2017
- ✓ Suivi 2017 des taux de sédimentation et de l'évolution géochimique des sédiments. : MAI 2017.
- ✓ Suivi 2017 spécifique au Port de Prony
- ✓ Le Suivi de l'herbier de la baie Kwé a été effectué en Avril 2017, il fait partie du rapport S1/2017.

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



Pour ces missions 2017: 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 2017

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 9 : Synthèse des suivis marins effectués durant l'année 2017

Suivis 2017	Indicateurs	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui	Jul	Août 2017	S	O	N	D	Jan 2018
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique et Chimique							S1						S2
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique							S1						S2
Suivi des écosystèmes 12 stations	Biologique Corail Benthos Poissons							S1						S2
Suivi de l'herbier de la baie Kwé	Suivi des phanéro- games							A						
Suivi du taux de sédimentation	Physique								Suivi triennal. Dernières campagnes : 2010 et 2013 Campagne 2017					A
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal. Dernières campagnes : 2012 et 2015 Prochaine campagne en 2018												
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique							S1						S1 S2
Suivi spécial zone Portuaire	Biologique Physique Chimique Sédiments													A
Suivi en champ proche du diffuseur	Chimique													A

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

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

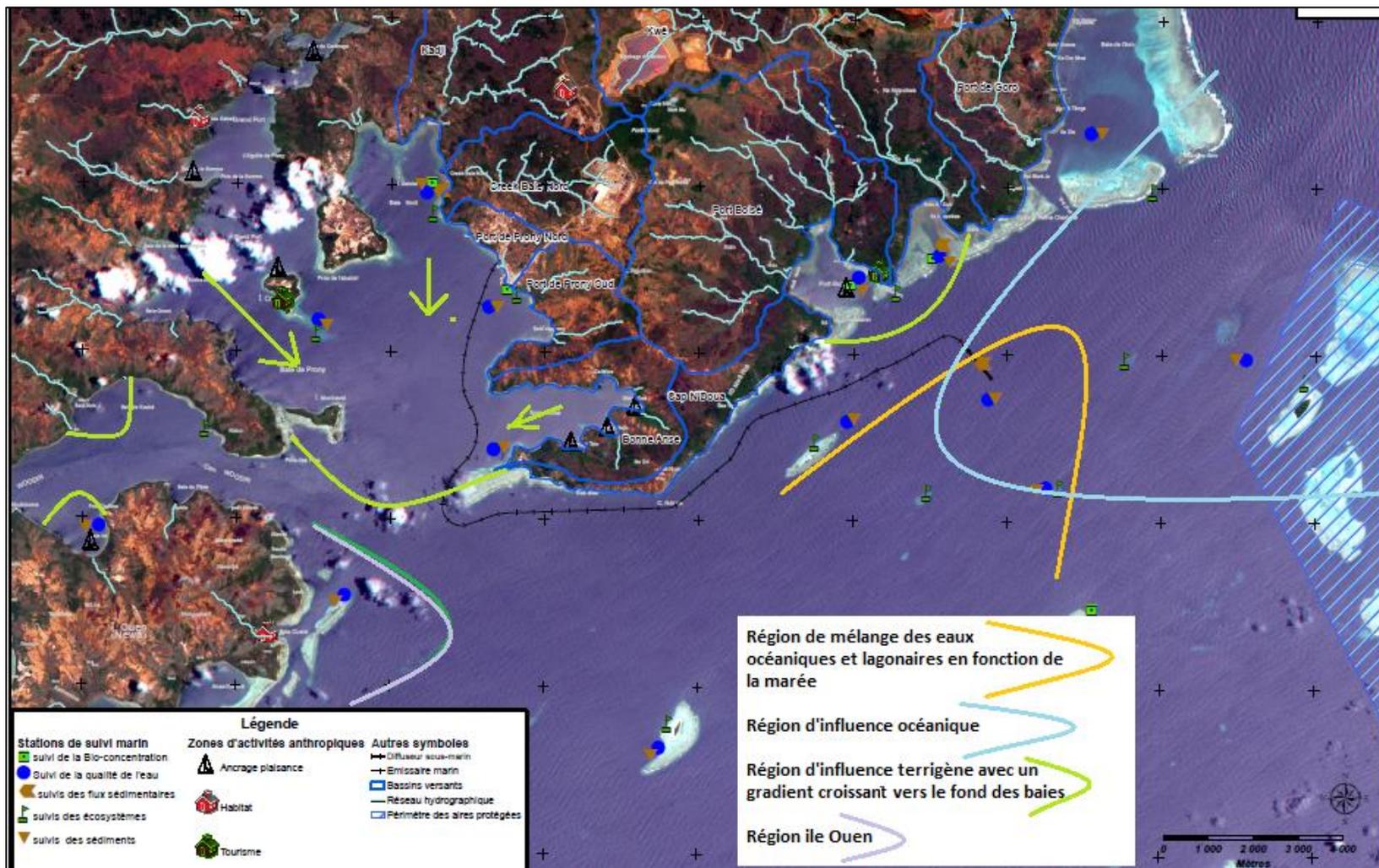


Figure 11 : Carte schématique des bassins versants et des différentes pressions sur le milieu marin

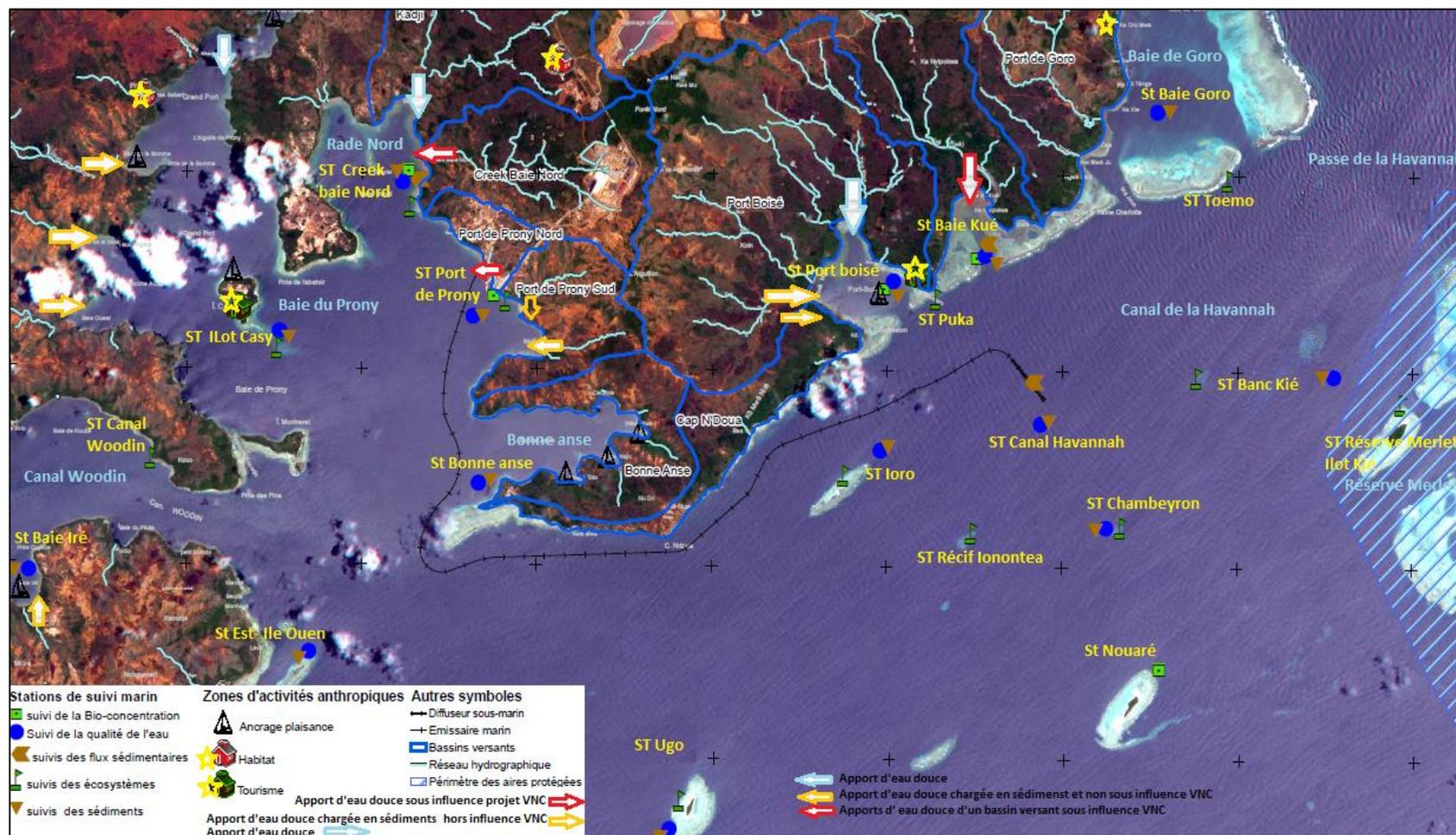
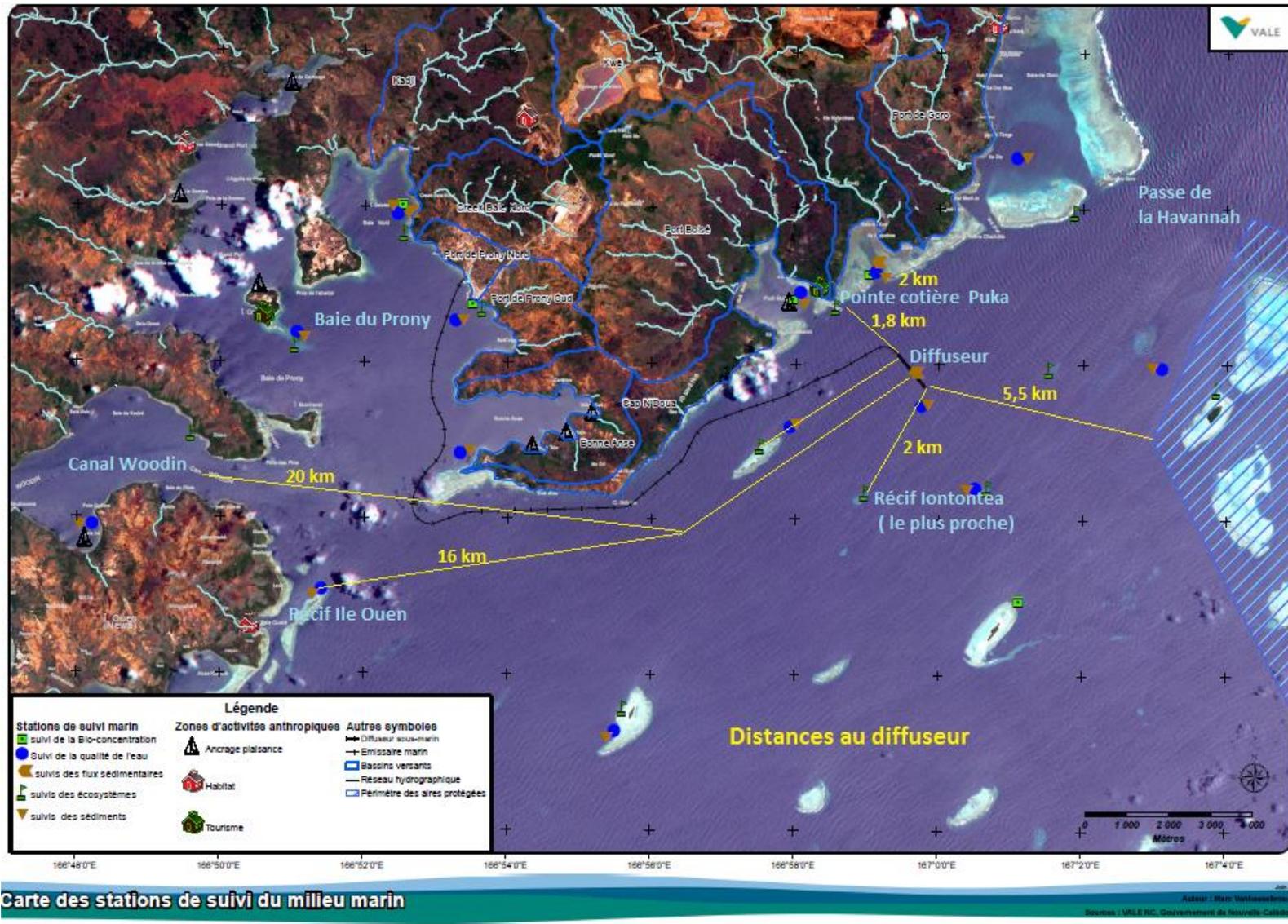


Figure 12 : Distances entre le diffuseur de l'effluent traité et les récifs coralliens les plus proches (+ autres zones remarquables)



3. RESULTATS (S2-2017)

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 seuils réglementaires) ; avec toutes les recommandations interprétatives qu'il préconise, et à conditions de conserver exactement la même méthodologie de suivi que celle utilisée pour les grilles proposées par le guide. Il est en cours de révision en 2018.

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

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

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

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

Tableau 10 : Caractérisation et évaluation du milieu marin,
Etats initiaux ou de référence (en bleu). Missions de suivis déjà effectuées (en orange).
Mission en cours (en noir).

- **Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer sur toute sa colonne**
 - Rescan, Supplemental Baseline Technical report : Physical Oceanography, octobre 2000 et Supplemental Baseline Technical Report : Marine Environment, novembre 2000 ;
 - Caractérisation physico-chimique des eaux sur 18 stations IRD 2005 (Convention Goro Ni/IRD n°1142)
 - **Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux du canal de la Havannah et de la baie de Prony sur 18 stations IRD 2007 (Convention Goro Ni/IRD n°1312)**
 - Dernières campagnes de suivis effectuées : mars 2009, août 2009, mars 2010, août 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012, aout 2012, mars 2013, aout 2013, mars/ avril 2014, aout 2014, mars 2015, aout 2015, mars 2016 et aout 2016. Avril 2017.
 - Campagne de : AOUT 2017 incluse dans ce rapport: (18^{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, S1/2017
 - Campagnes 2017 : 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)

- **Stations éco- systémiques**
 - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données des suivis semestriels effectués depuis 2007, les suivis ont été effectués sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (S2/ 2017 : 19^{ème} mission de suivi même stations & mêmes méthodes).
 - 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.
 - Campagne de SEPT 2017 incluse dans ce rapport. (19^{ème} campagne)

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 11 : Caractérisation du milieu marin – écosystèmes

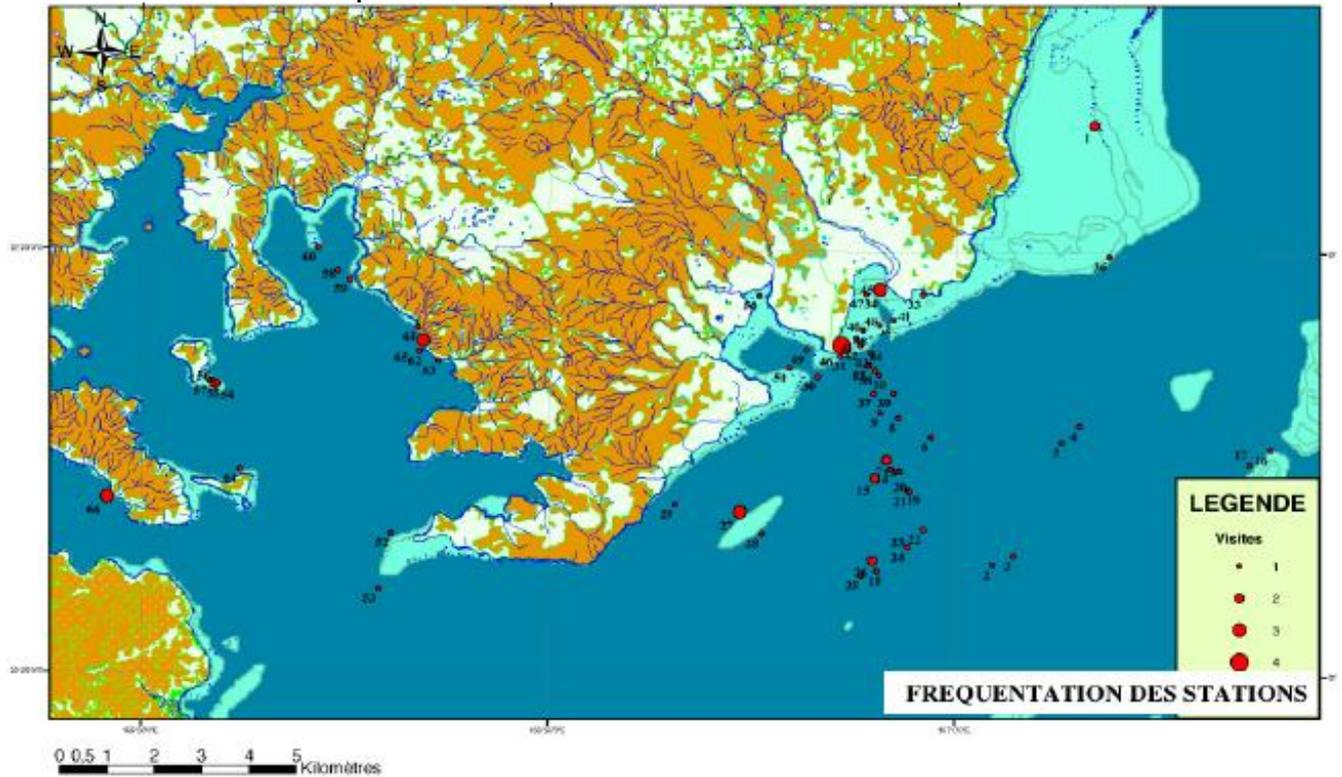
Date de l'évaluation	Auteurs et/ou bureaux d'études	Titre
1994	Pierre Thollot / Laurent Wantiez	Caractérisation des milieux marins dans la région de Prony
Aout 2000	Rescan / ACREM /A2EP	Évaluation environnementale du projet Goro Nickel Milieu marin
Juillet 2000	ACREM/ Sebastien Sarralegna	Caractérisation 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	Aqua terra / ACREM / Biocénoze	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. 18 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 créée 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 13 : Stations d'étude pour la caractérisation biologique du milieu marin entre 1994 et 2006 et fréquentation des stations d'état intiaux.



➤ Flux sédimentaires

- L'état de référence des densités de flux verticaux de particules a été déterminé pour le canal de la Havannah et la baie Kwé en 2007 (convention IRD/Goro nickel n°1230)
- Dernières campagnes réglementaire : 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016
- Campagnes S1 et S2 2017 incluses dans ce rapport : 2 campagnes de 48 jours chacune.

3.2. Valeurs obtenues (2017)

3.2.1. Météorologie

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

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

Cela ne fut pas le cas en 2014 et 2015. Qui ont été des années caractérisées par un déficit hydrique (et une très bonne vitalité des écosystèmes marins côtiers).

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

Rappel des grands épisodes dépressionnaires pluvieux des années précédentes :

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

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

- 2011 : Janvier 2011 dépression tropicale forte/cyclone Vania (450mm /24 h sur Goro)
- 2011 : Janvier 2013 dépression Zélia
- 2013 : 2/3 janvier 2013 dépression tropicale Freda (438.4 mm en 24 h à l'usine)
- 2013 : 2/3 juillet 2013 Pluie et inondations exceptionnelles de juillet (540mm/24h)

Fin 2015 est caractérisée par la sécheresse due au phénomène climatique cyclique « El Niño », ce sont les feux de brousse et de forêt qui affectent la Nouvelle-Calédonie de façon intense, cependant le Grand Sud et les bassins versants qui influencent le milieu marin suivi par VNC sont peu affectés.

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

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

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

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

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

<http://www.meteo.nc/nouvelle-caledonie/climat/bulletins-climatiques/bcm-2017>

Figure 14 : Cyclone Cook 2017



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)

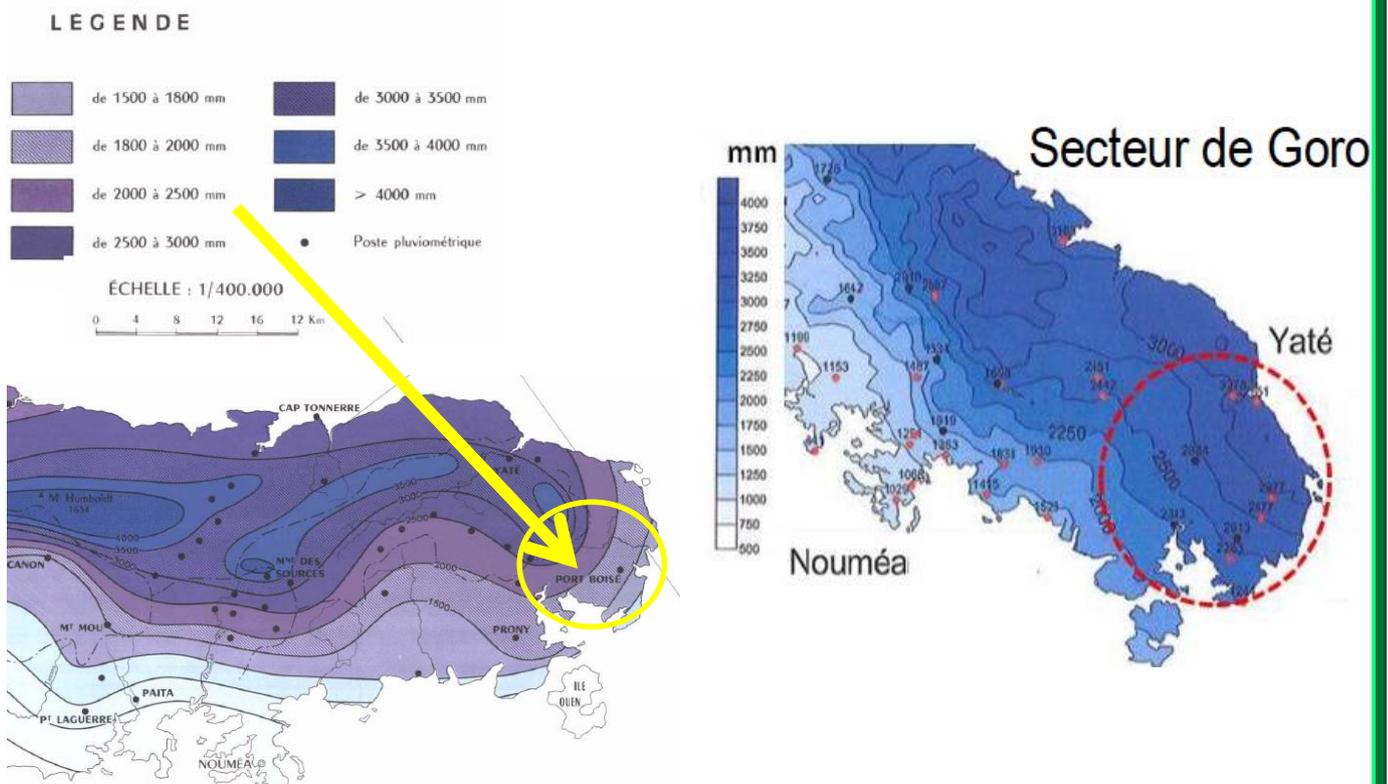
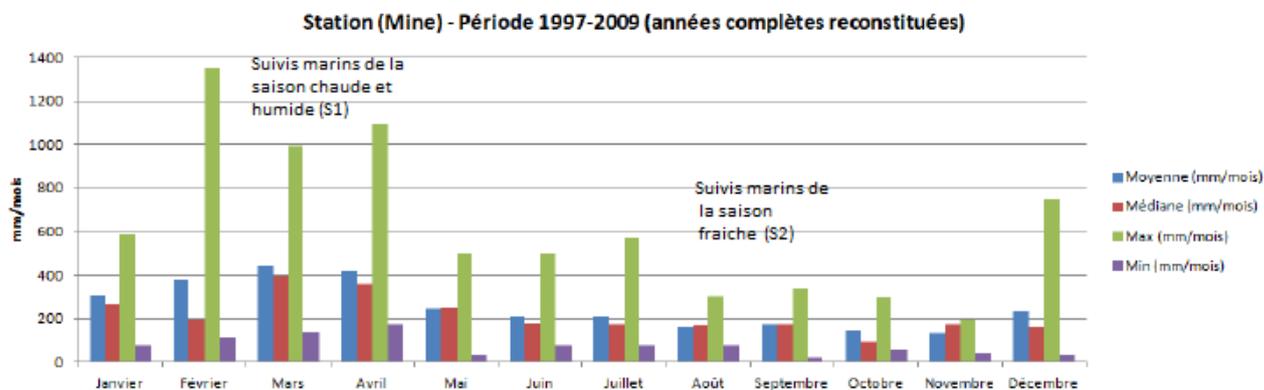


Figure 16 : Données pluviométriques annuelles et mensuelles à Station (Mine)


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

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

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

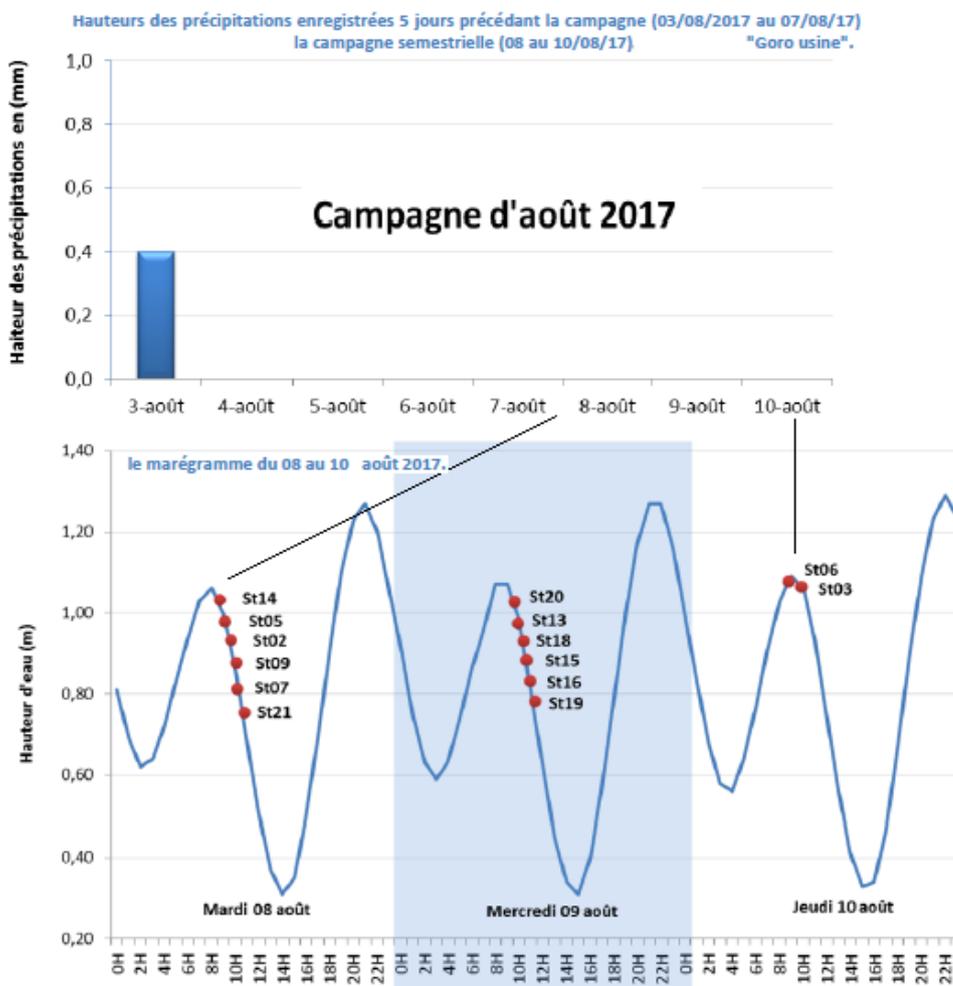
3.2.2. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain S2/2017 ont été réalisées le 08, 09 et 10 AOUT 2017 sur les 14 stations prédéfinies. L'éloignement des stations nécessite trois déplacements sur 3 jours, à minima, pour garantir une qualité rigoureuse du travail. L'état de la marée et surtout la pluviométrie, pendant et avant la mission, sont des facteurs d'influence de la qualité de l'eau lors des prélèvements ponctuels. En cas de très forte pluviométrie (dépression tropicale, cyclone) il n'y pas de mission en mer cependant une mission de plusieurs jours rencontre presque toujours des épisodes pluvieux, plus ou moins intense, notamment en saison des pluies et il faut aussi prendre compte la pluviométrie les 5 jours avant la mission.

Figure 17: Conditions météorologiques et état de la marée (Campagne AOUT 2017)

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

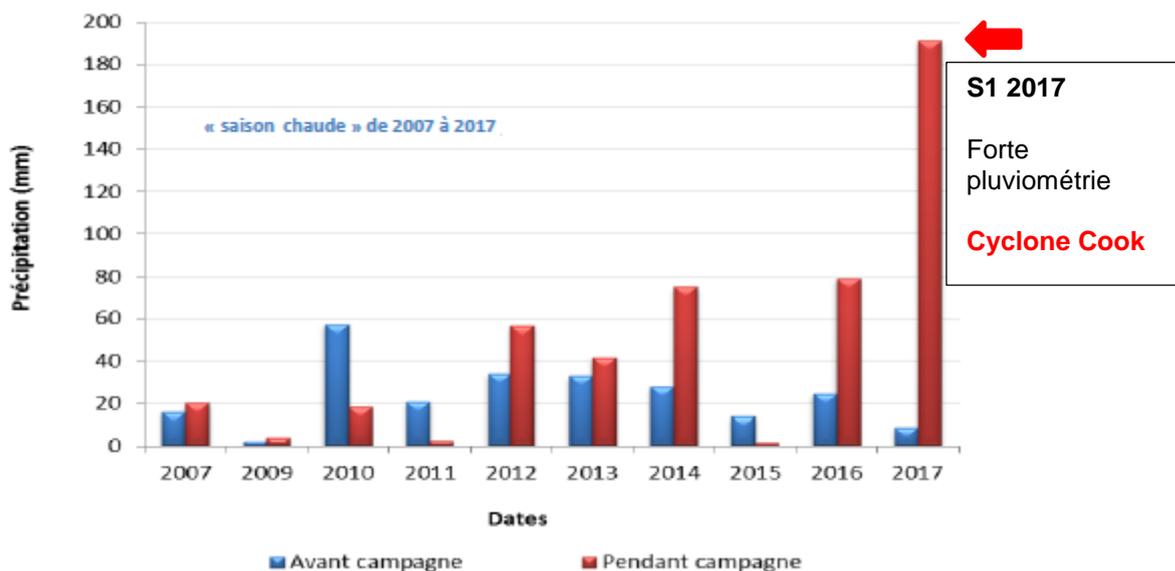
Exceptionnellement il n'y a pas eu de précipitation entre le 08 et le 10 août 2017 lors des prélèvements.



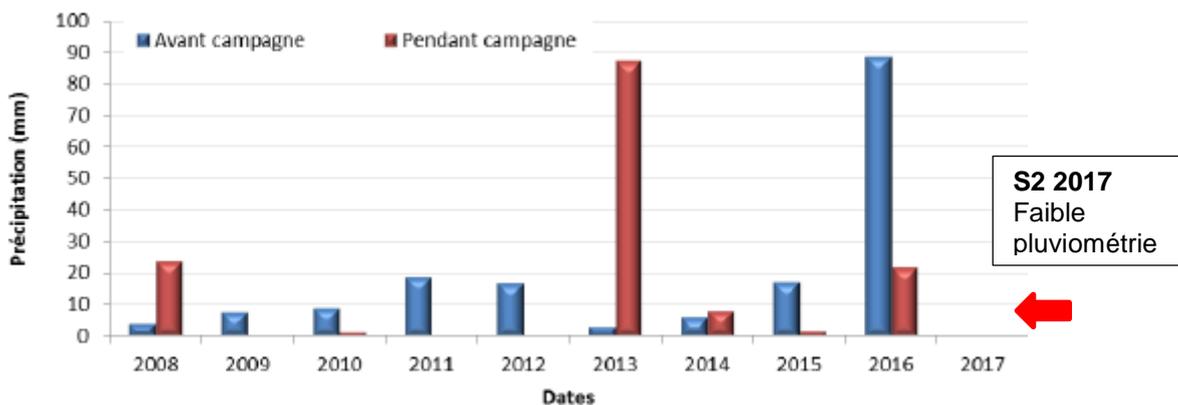
Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude et pluvieuse sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche souvent plus sèche sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie 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 18 : Cumuls des précipitations, 5 jours avant (bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement de 2007 à 2017. Données météorologiques enregistrées à la station d’observation « Prony Pilot station ».

« Saison chaude- MARS/AVRIL »;



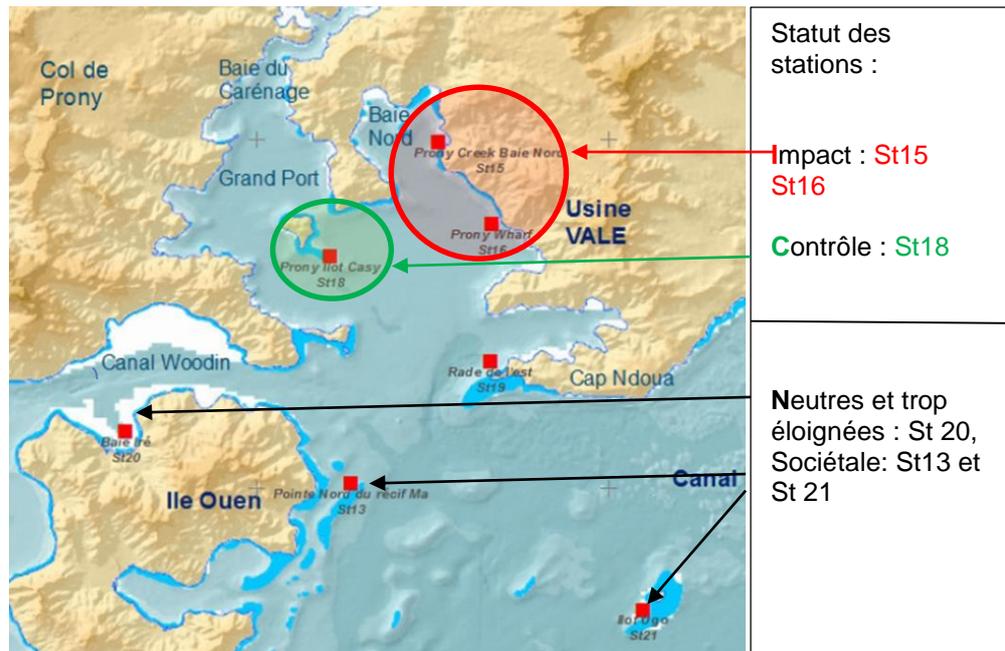
Et en saison fraiche (AOUT)



Mission AOUT 2017 (Semestre n°2/ 2017)

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

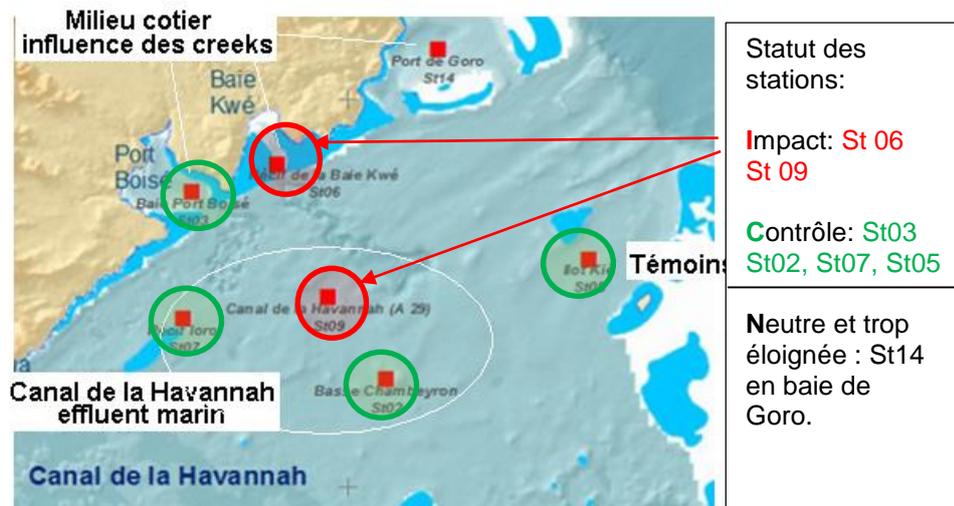


Stations en baie du Prony (sous influence côtière forte) : St 15, St 16 qui sont de statut « Impact ». St 18 près de l'îlot Casy est de statut « Contrôle », St 19 est sous influence côtière atténuée.

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 Havanah (surveillance de l'effluent) : St 09 en champ proche et St 02, St 05, et St 07 en champ lointain ;

Stations côte Nord du canal : St 03 de statut « Contrôle » en baie de Port Boisé et St 06 ; de statut « Impact » en baie Kwé

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

3.2.2.1. QUALITE- Contrôle qualité

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

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

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

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

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

3.2.2.2. RESULTATS S2 /2017

➤ 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 ($8,20 \pm 0,02$) Le pH moyen global mesuré lors de cette campagne est identique à celui obtenu lors de la précédente campagne de 2016 et à celui des campagnes antérieures.

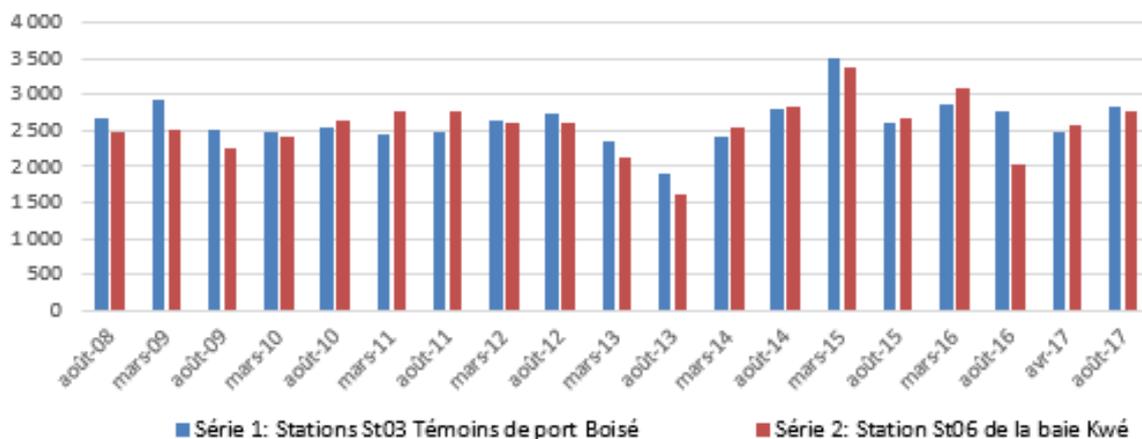
Tableau 12: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse.

Zone d'étude	Statistique	pH	Éléments majeurs (mg/L)					
			Ca	K	Mg	Na	Cl	SO ₄
Canal de la Havannah	Minimum	8,20	422	505	1305	11261	19562	2570
	Maximum	8,20	533	571	1661	13372	21658	3015
	Moyenne	8,20	471	528	1459	12056	20540	2751
	Ecart-type	0,00	32	19	102	612	636	94
Baies du Canal	Minimum	8,10	423	508	1285	11136	20261	2540
	Maximum	8,20	501	554	1563	12719	20960	2835
	Moyenne	8,19	453	519	1409	11720	20571	2754
	Ecart-type	0,03	22	15	78	454	368	90
Baie du Prony	Minimum	8,20	430	516	1319	11591	20261	2575
	Maximum	8,20	535	579	1679	13447	20960	2970
	Moyenne	8,20	498	553	1553	12706	20843	2805
	Ecart-type	0,00	32	20	111	628	272	120
Ile Ouen	Minimum	8,20	467	518	1472	11853	20261	2580
	Maximum	8,20	497	549	1547	12673	20960	2760
	Moyenne	8,20	483	539	1516	12391	20727	2693
	Ecart-type	0,00	10	11	30	299	361	65

Le pH et les éléments majeurs constitutifs de l'eau de mer n'ont pas, (à ce jour en 9 années de suivi) , donné des indications d'alerte bien qu'analysés à 3 profondeurs 2 à 4 fois/an sur 14 stations,

Focus sur les concentrations en sulfates :

Figure 21 : Concentration en sulfates en mg/L en surface de la colonne d'eau de 2008 à 2017 (eau sensible aux apports terrestres via les cours d'eau) et en baie Kwé (St06) en baie de Port Boisé (St 03 son homologue de comparaison)



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

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

➤ **Hydrocarbures:**

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

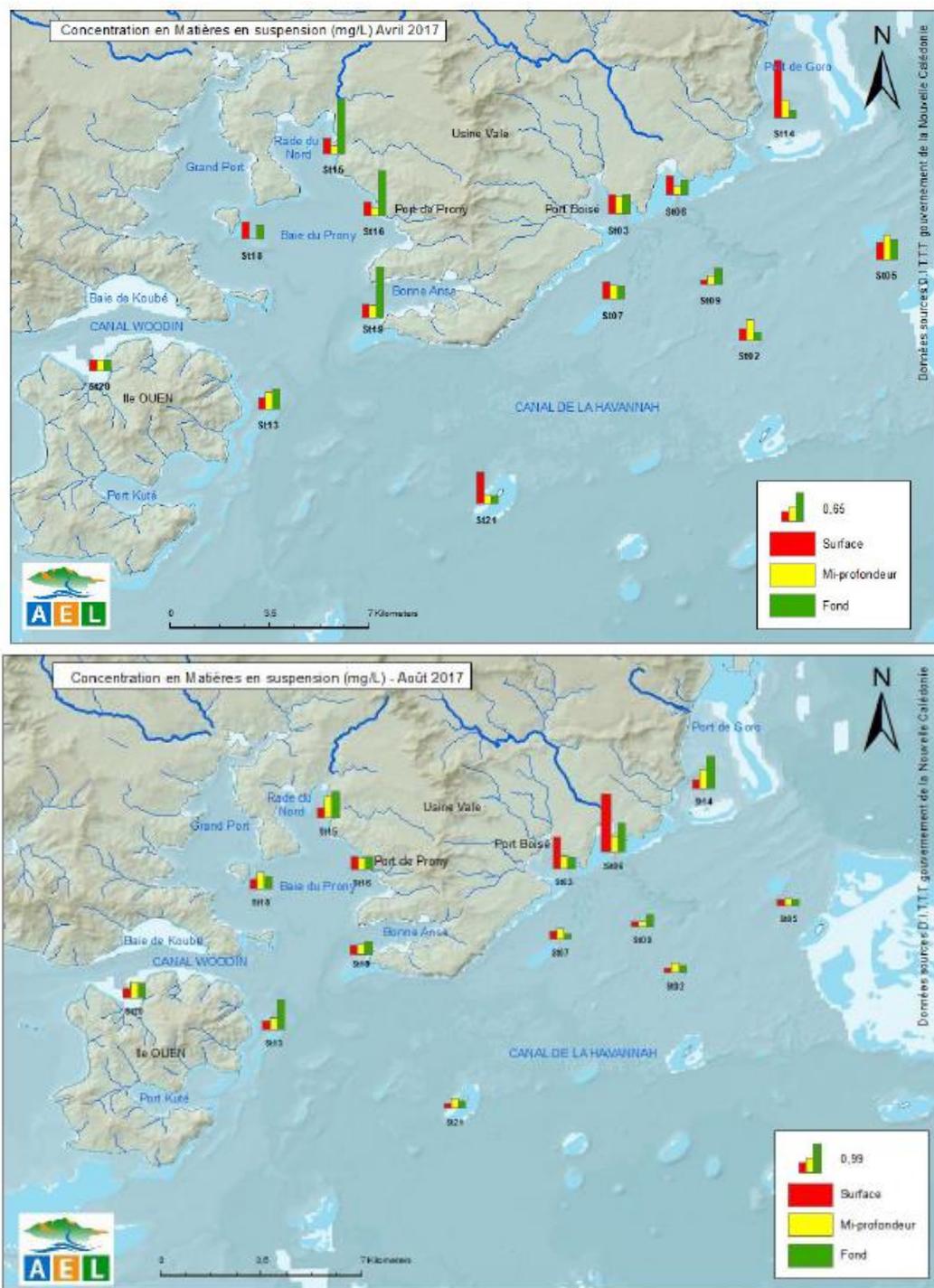
➤ **Matières en suspension totales (MEST) :**

Les matières en suspension (MES) sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minéral ou organique, carbonatées ou non...) L'ensemble des concentrations en MES sur toutes les stations lors de la mission d'AOUT 2017 est synthétisé sur la figure suivante et les données brutes sont en annexe.

- Dans le Canal de la Havannah, influencé par les apports océaniques, la concentration moyenne en MES est très faible, de même sur St 09 proche du diffuseur et ceci en surface comme en profondeur.

Aucune hausse de MES en champ proche du diffuseur

- **La forte pluviométrie lors des campagnes de prélèvements côtiers d'avril (cyclone Cook) n'a pas influencé les concentrations en MES des eaux de surface de la baie Kwé et de la baie de Port Boisé** qui sont restées faibles. Alors qu'en baie de Prony et baie de de Goro les concentrations en MES sont marquées par l'influence terrigène et les pluies, de façon normale. En aout 2017 ; la pluviométrie était faible, seules les baies côtières avec apports d'eau douce en continu comme Baie Kwé et Baie de Port Boisé, montrent une signature terrestre dans leurs eaux de surface. Cela confirme les définitions d'hydro-régions distinctes.

Figure 22 : Concentration en MES dans la zone du lagon sud calédonien en AVRIL et en AOUT 2017


Les concentrations en MES-2017 les plus élevées ont été mesurées en surface des stations St03 et St06 avec respectivement 1,066 mg/L et 1,97mg/L de MES et en baie de Goro St14 : 1,92 mg/L. Ce sont des concentrations ponctuelles sans anomalie, aucun panache turbide n'est perceptible.

Les interprétations des relevés ponctuels en MES sont un indicateur de puissance faible, en raison de leur caractère ponctuel et des très faibles volumes de MES recueillies dans un grand volume d'eau, le suivi intégrateur des flux est à privilégier, selon les experts.

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

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



Le tableau suivant présente températures, turbidités, fluorescences et salinités sur le domaine étudié en AVRIL 2017.

Tableau 13 : Température, salinité turbidité et fluorescence AOUT 2017

Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg/m3)
août 2017:					
Canal de la Havannah	Minimum	22,55	35,48	0,00	0,01
	Maximum	23,01	35,74	5,74	0,50
	Moyenne	22,81	35,54	0,30	0,31
	Ecart-type	0,06	0,04	0,63	0,07
Baies du Canal	Minimum	22,51	35,43	ND	0,00
	Maximum	22,86	35,55	ND	0,56
	Moyenne	22,74	35,50	ND	0,31
	Ecart-type	0,13	0,03	ND	0,07
Baie du Prony	Minimum	22,34	35,64	0,00	0,00
	Maximum	22,67	35,81	6,06	0,52
	Moyenne	22,42	35,76	0,89	0,29
	Ecart-type	0,08	0,04	1,08	0,11
Ile Ouen	Minimum	22,42	35,76	0,00	0,18
	Maximum	22,58	35,80	7,57	0,50
	Moyenne	22,51	35,79	0,52	0,29
	Ecart-type	0,06	0,01	0,94	0,04

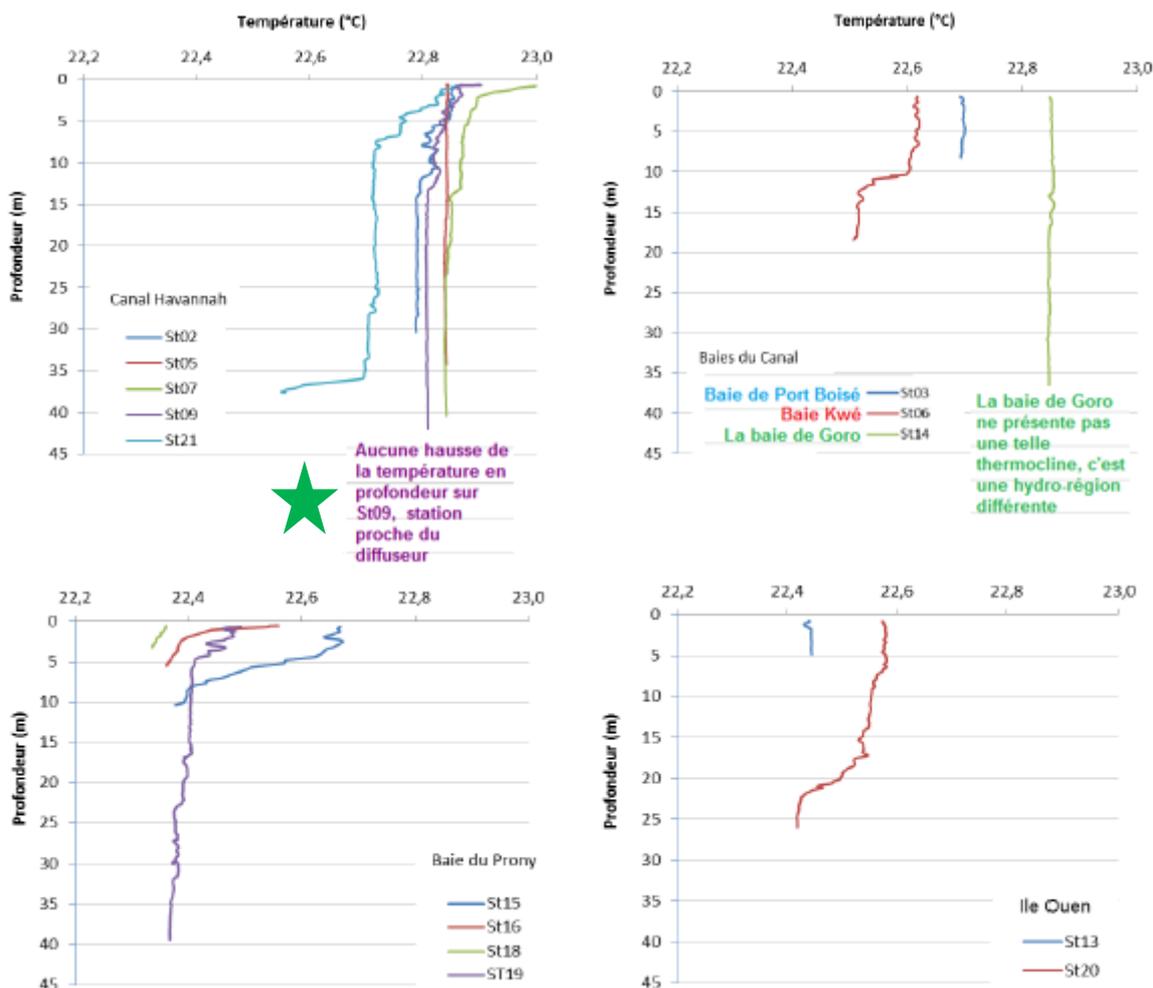
○ **La température :**

Globalement, la température est d'environ $22,7 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (saison fraîche : Aout) et varie très peu. En 2016, la température moyenne en saison fraîche était légèrement plus chaude avec $23,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

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

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

Figure 23 : Profils des températures en AOÛT 2017 (S2-2017)



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.

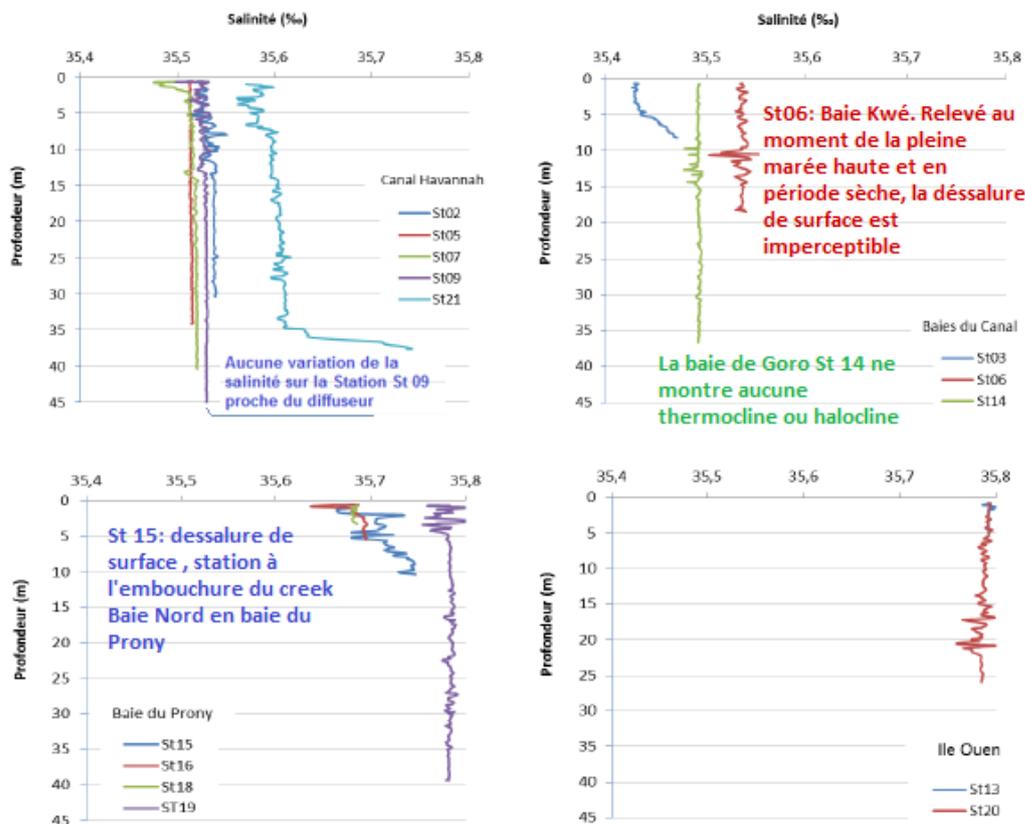
○ **La salinité :**

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

La baie de Goro (St 14) ne présente pas cette couche de surface ni une forte thermocline. Elle ne peut pas être une baie de contrôle -témoins de la baie Kwé car elle présente un biotope différent et elle n'est pas homologue.

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

Figure 24 : Profils des salinités des 14 stations échantillonnées dans la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de AOÛT 2017 (S2-2017)



La baie de Goro est une vaste entité indépendante originale en soit, comme le sont les baies du canal du canal Woodin proches de l'île Ouen.

Ces résultats sur la structure verticale de la colonne d'eau sont conformes aux valeurs attendues.



○ **La turbidité :**

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

L'utilisation simple de disque de SECCHI est envisagée.

○ **La fluorescence :**

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

(Résultats intégraux en annexe de ce document)

○ **L'Oxygène dissous**

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

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

La chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et, de ce fait, le niveau trophique du milieu (oligotrophie / eutrophie-

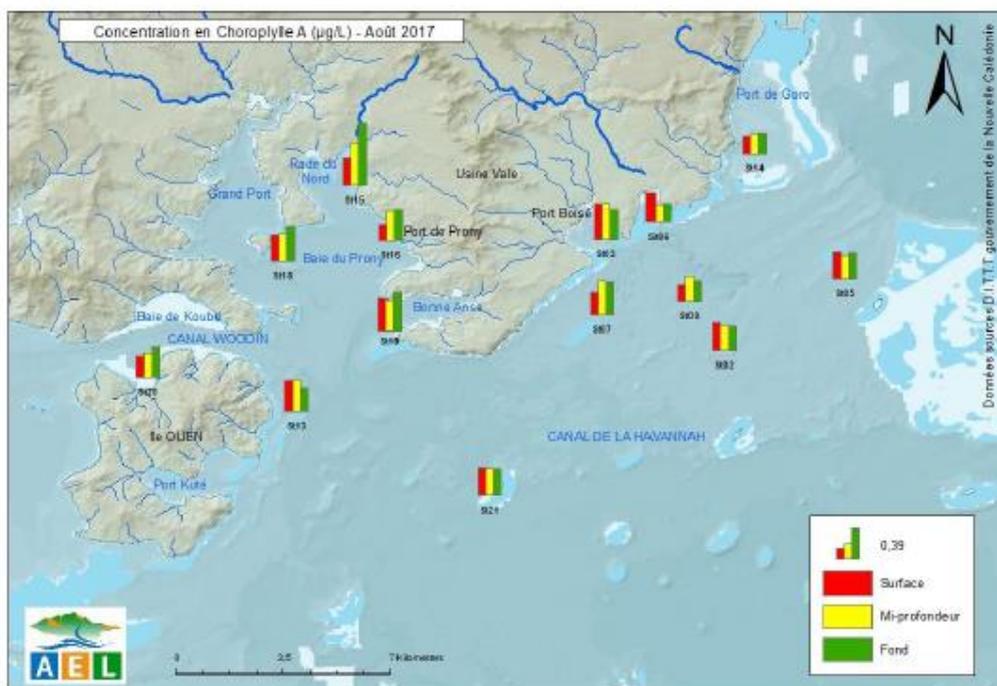
Le lagon calédonien fait partie des grands domaines oligotrophes). La dégradation de la chlorophylle donne de nombreux composés, dont principalement les phéo-pigments

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

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

La baie de Prony et les autres zones ne présentent pas d'anomalie au niveau de la Chlorophylle a (Pour rappel : Les algues macroscopiques sont suivies dans les missions écosystémiques, aucun bloom détecté depuis 2007).

Figure 25 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de d'AOUT 2017 .



Le guide CNRT/Zoneco donne une bonne qualité de l'eau des baies avec une concentration en « chlorophylle a » pouvant aller jusqu' à 1,5 µg/L et un indice plutôt mauvais (à surveiller) si la concentration dépasse 5 µg/L, ce qui n'a jamais été le cas dans la zone d'étude. Le maximum relevé ici est de 0,78 µg/L

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

Les sels minéraux sont suivis avec attention, aucune eutrophisation n'a été décelée, en cohérence avec les suivis éco systémiques qui portent attention au développement des algues.

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

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

Il n'y a pas de concentration en sels nutritifs qui puisse indiquer une perturbation sur l'ensemble des zones sous influence de Vale NC. Le lagon calédonien est oligotrophe et sensible aux apports en sels minéraux, engrais et matières organiques (exemple de la prolifération d'algues en face la zone Deva sur la côte Ouest de la Calédonie), mais Vale NC n'envoie aucun effluent domestique et aucun engrais et il ne fait pas encourir un tel risque de prolifération d'algues.

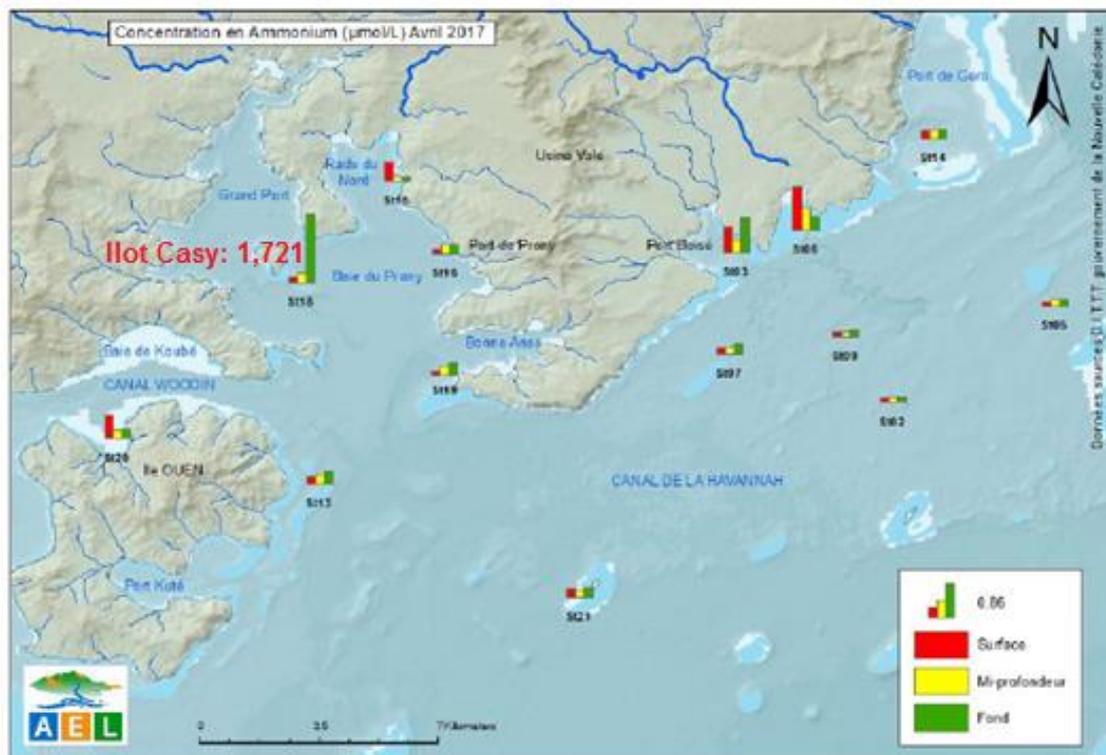
Tableau 14 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en AOÛT 2017

Zone d'étude	Statistique	Sels nutritifs ($\mu\text{mol/L}$) août 2017.			
		NO_3+NO_2	NH_4	PO_4	SiO_4
Canal de la Havannah	Minimum	0,108	0,050	0,059	1,360
	Maximum	1,361	0,296	0,101	1,814
	Moyenne	0,626	0,106	0,076	1,620
	Ecart-type	0,540	0,073	0,011	0,145
Baies du Canal	Minimum	0,108	0,040	0,065	1,949
	Maximum	0,660	0,139	0,101	4,089
	Moyenne	0,384	0,097	0,086	2,580
	Ecart-type	0,390	0,039	0,019	0,735
Baie du Prony	Minimum	0,372	0,022	0,055	2,467
	Maximum	1,361	0,213	0,109	4,182
	Moyenne	0,867	0,073	0,082	3,118
	Ecart-type	0,699	0,077	0,038	0,601
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,029	0,061	1,549
	Maximum	<0,050	0,104	0,061	2,587
	Moyenne	-	0,060	0,061 (n=1)	2,014
	Ecart-type	-	0,029	-	0,358

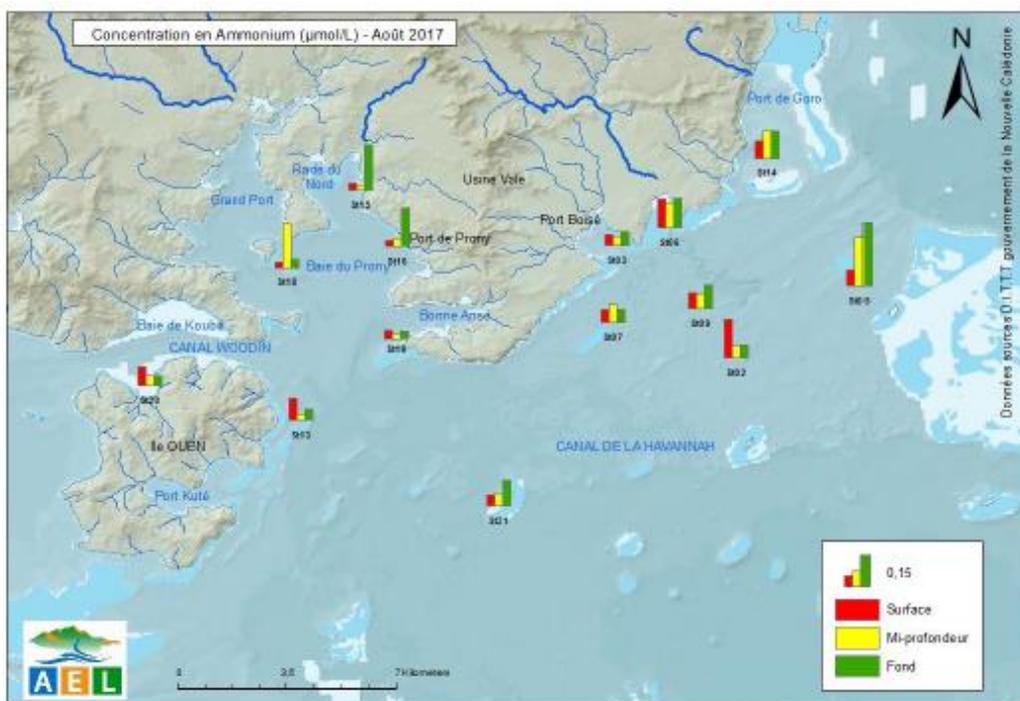
Surlignée en jaune : donnée entre LQ (0,050 $\mu\text{mol/L}$) et LD (0,017 $\mu\text{mol/L}$).

Pour rappel : En avril un relevé ponctuel montrait une forte concentration en ammonium près de l'îlot Casy et seulement en profondeur, cela doit être relevé et surveillé mais cela ne suffit pas pour alerter de façon disproportionnée.

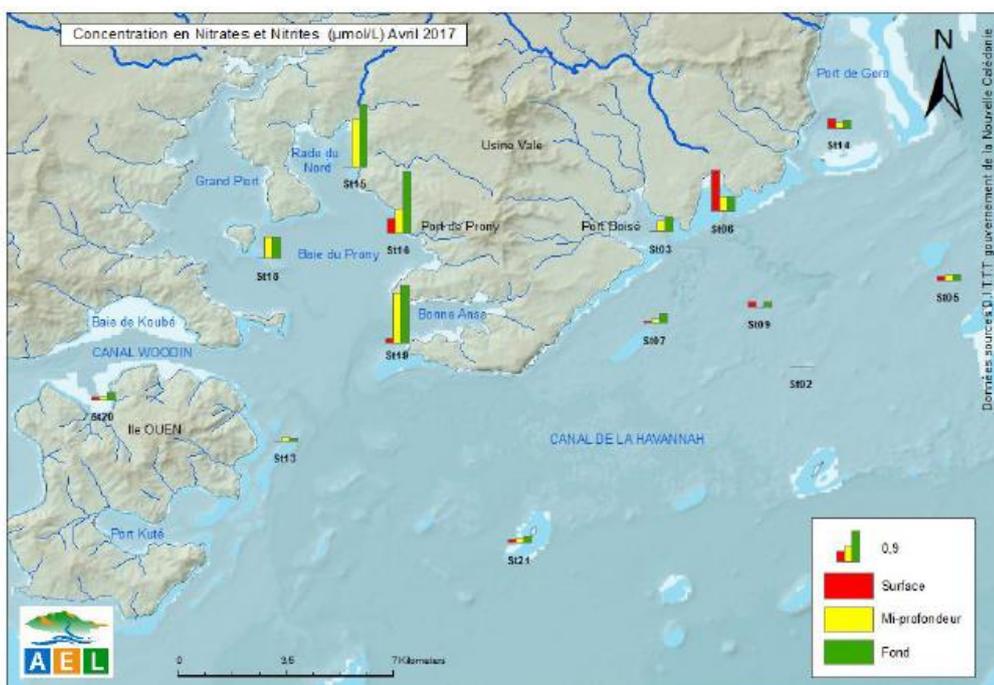
Figure 26 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. Ccampagnes d'AVRIL et d'AOÛT 2017



En aout (Cf. figure suivante) c'est la station témoins St05 près de l'îlot Kié en plein canal de la Havannah qui montre un maximum de concentration en Ammonium de 0,296 $\mu\text{mol/L}$, tandis que l'îlot Casy a retrouvé une concentration en Ammonium dans la fourchette des normalités

Figure 27 : Répartition spatiale des concentrations en ammonium. Campagnes d’AVRIL et d’AOUT 2017


Globalement, les eaux de fond concentrent plus de NH₄ (Ammonium) que les eaux de surface. Au niveau des nitrates et des nitrites : En avril :

Figure 28 : Répartition spatiale des concentration en Nitrates & Nitrites. Campagne d’AVRIL 2017


Les plus fortes concentrations relevées restent très inférieures aux indications d’alerte du guide CNRT.

En AOUT : les concentrations en NO₃+NO₂ non pas été quantifiables. Seule la station St06 a montré une valeur supérieure à la LQ avec 0,098 µmol/L en surface. Dans le Canal Havannah, la station St21 présente une valeur comprise entre la LQ et la LD avec 0,024µmol/L en surface.

Aucune alerte d’eutrophisation, les concentrations en nutriments restent globalement très inférieures aux indications d’alerte données par le guide CNRT/ Zoneco



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

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

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

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



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

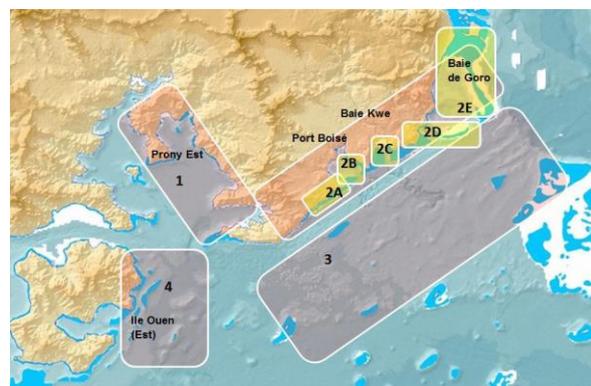
Globalement, les concentrations de NOP, POP et COP mesurées lors de la campagne d'AOUT 2017 restent dans le même ordre de grandeur que celui des campagnes « saison fraîche » depuis 2007.

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



- **Concentration en métaux :**

Tels qu'observés lors des campagnes précédentes et lors des états initiaux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé. Les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eau océaniques, se distinguent clairement par des concentrations en métaux d'origine terrigène (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) nettement inférieures à celles mesurées aux stations proches des côtes (St03, St06, St14, St15, St18, St19 et St 20).



Zonage et hydro région marines

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

AOUT 2017

► Au niveau du cuivre et du zinc

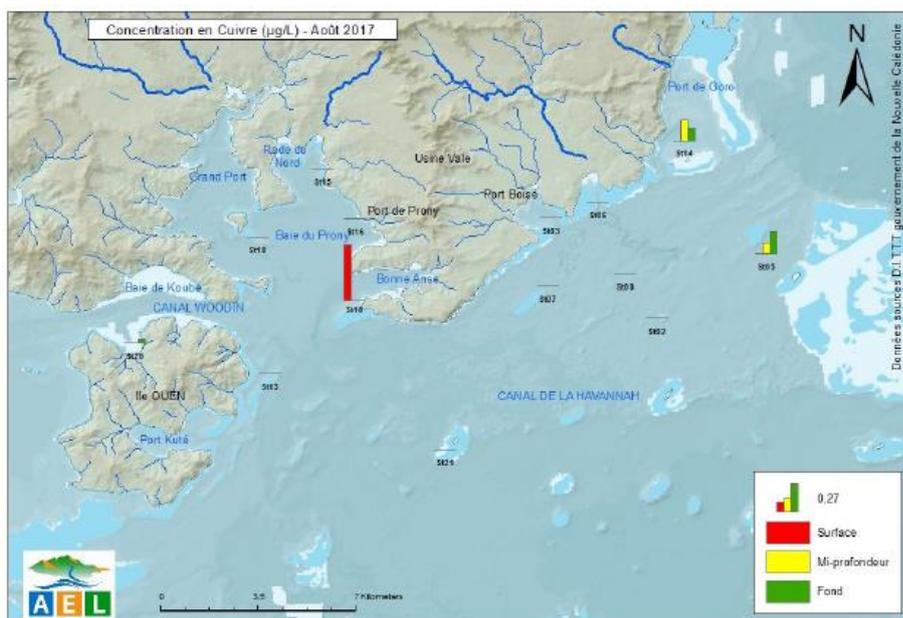
Ce sont des marqueurs d'activités urbaines (ou portuaires), au port de Prony leur évolution est suivie avec la plus grande attention avec 4 prélèvements à 3 profondeurs /an et un rapport annuel dédié.

- Pour le Cu :

- Un maximum ponctuel avait été enregistré dans le canal Woodin en baie Iré (St 20), en dehors de toute influence de Vale NC. Cu:0,630µg/L, en mars 2012.Cette concentration avait attiré l'attention des ONG bien que la tendance ne soit pas à la hausse sur cette station.

- Lors de la campagne d'avril 2017 le maximum en Cu est de : 1,318 µg/L sur la station St 14 en baie Goro (hors influence VNC). C'est la concentration maximale en Cu jamais relevée à cette date.
- Les concentrations ponctuelles en Cu sont très variables dans le temps et dans l'espace, sans montrer de tendance significative sur une station.
- Lors de la campagne d'août 2017 le maximum en Cu est de : 0,535 µg/L sur la station St 19 en sortie de la baie Bonne Anse (hors influence Vale NC).Cf. figure suivante.
- Au niveau du port de Prony (St16) la concentration en Cu maximale enregistrée est de 0,225 µg/L avec une moyenne <0,066, ce qui à ce jour enlève tout risque sur cet élément.
- **Le port de Prony ne présente à ce jour aucune alerte quant à cet élément.**

Figure 29 : Concentrations en cuivre (Cu) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2017.



La valeur enregistrée maximale est dans Bonne Anse, et pas en zone d'influence du port de Prony ou de la baie Kwé.

- Pour le Zn :

Le Zn a été détecté uniquement dans la Baie du canal (St14-M : 4,856µg/L) et à l'île Ouen (St20-S : 1,410µg/L).

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

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

Les résultats d'avril et d'août 2017, comme ceux des années précédentes, ne montrent aucune élévation des concentrations en Cu ou Zn dissous au niveau du port de Prony ou en baie Kwé.

► Pour Cd, As et Fe

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

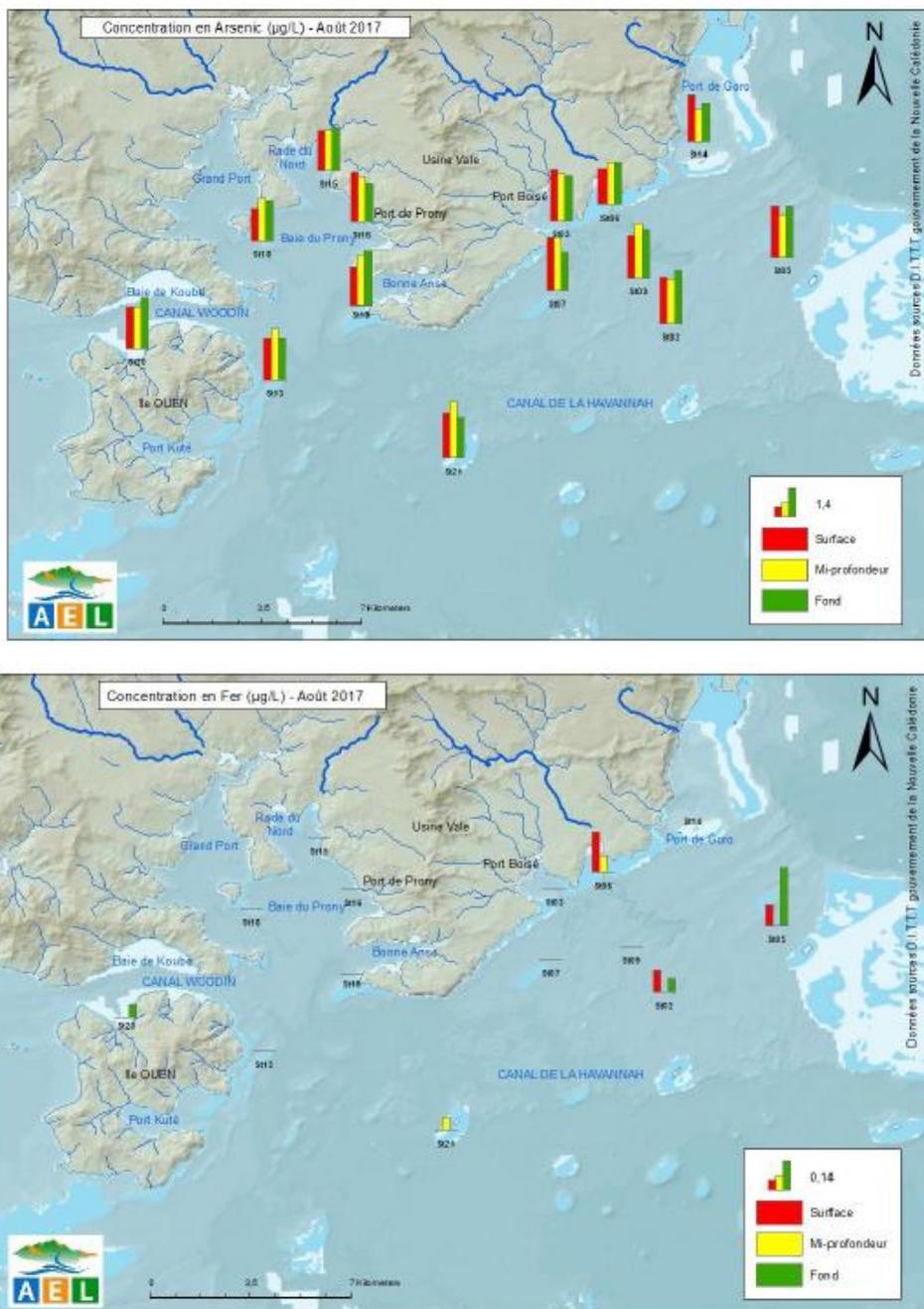
As : Les concentrations moyennes en arsenic sont relativement proches pour l'ensemble des zones étudiées. La zone présentant une moyenne plus élevée est celle du Canal de la Havannah, l'As étant

un indicateur d'apport marin (eau du large). Globalement, aucune tendance claire (horizontale ni verticale) n'est constatée. L'arsenic étant un élément ubiquiste, les variations sans un apport tiers, sont à lier avec les évolutions naturelles du milieu.

Fe : Le fer est mesurable uniquement dans la zone du Canal de la Havannah (St02-S et F, St05-S et F, St21), de la Baie du Canal (St06-S et M ainsi qu'en St14-S, M et F) et à l'île Ouen (St20-F).

Les données intégrales brutes sont en annexe de ce rapport.

Figure 30 : Concentrations en As et en Fe dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2017



► 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 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 (mais pas le Fer) qui sont des indicateurs terrigènes du contexte géologique de la région.

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

Tableau 15 : Concentrations en métaux dissous en µg/L. - AOUT 2017.

Zone d'étude	Statistique	Métaux dissous (µg/L)				
		As ⁺	Cr ^{VI}	Cr-total	Co	Cu
Canal de la Havannah	Minimum	1,80	0,131	0,140	<0,027	0,097
	Maximum	2,70	0,165	0,401	<0,027	0,212
	Moyenne	2,27	0,140	0,197	-	0,155
	Ecart-type	0,27	0,009	0,083	-	0,081
Baies du Canal	Minimum	1,50	0,144	0,177	0,029	0,125
	Maximum	2,40	0,216	0,364	0,083	0,200
	Moyenne	1,99	0,168	0,224	0,050	0,162
	Ecart-type	0,28	0,023	0,061	0,019	0,053
Baie du Prony	Minimum	1,50	0,150	0,180	0,031	0,535
	Maximum	2,60	0,218	0,326	0,048	0,535
	Moyenne	2,02	0,176	0,240	0,036	0,535 (n=1)
	Ecart-type	0,30	0,027	0,047	0,007	-
Ile Ouen	Minimum	2,00	0,130	0,161	<0,027	0,030
	Maximum	2,40	0,145	0,212	<0,027	0,030
	Moyenne	2,13	0,139	0,179	-	0,03 (n=1)
	Ecart-type	0,21	0,006	0,018	-	-

Les LQ sont respectivement pour As : 1µg/L ; CrVI : 0,05µg/L, Cr-total : 0,05µg/L Co : 0,027, et Cu :0,025 µg/L

Zone d'étude	Statistique	Métaux dissous (µg/L)				
		Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Canal de la Havannah	Minimum	0,062	0,031	0,087	0,104	0,000
	Maximum	0,279	0,089	0,262	0,396	0,000
	Moyenne	0,124	0,054	0,130	0,204	-
	Ecart-type	0,09	0,016	0,043	0,167	-
Baies du Canal	Minimum	0,07	0,069	0,159	0,150	4,856
	Maximum	0,49	0,405	0,545	0,236	4,856
	Moyenne	0,19	0,198	0,340	0,193	4,85 (n=1)
	Ecart-type	0,17	0,099	0,146	0,06	-
Baie du Prony	Minimum	0,00	0,054	0,184	0,174	0,000
	Maximum	0,00	0,154	0,283	0,452	0,000
	Moyenne	-	0,102	0,231	0,30	-
	Ecart-type	-	0,031	0,038	0,12	-
Ile Ouen	Minimum	0,06	0,054	0,154	0,163	1,410
	Maximum	0,06	0,163	0,306	0,163	1,410
	Moyenne	0,06 (n=1)	0,095	0,203	0,163 (n=1)	1,410 (n=1)
	Ecart-type	-	0,045	0,058	-	-

Les LQ sont respectivement pour Fe : 0,059µg/L ; Mn : 0,028µg/L, Ni : 0,022µg/L ; Pb : 0.100µg/L et Zn : 1µg/L.

Les données brutes intégrales semestrielles des concentrations en métaux, station par station et aux 3 profondeurs, pour ce suivi semestriel de la qualité de l'eau de mer sont données en annexe de ce rapport. Les résultats des tests AQCQ sont fournis dans la même annexe.

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

Figures 31 : Concentrations en Ni et Co sur toutes les stations- AOÛT 2017

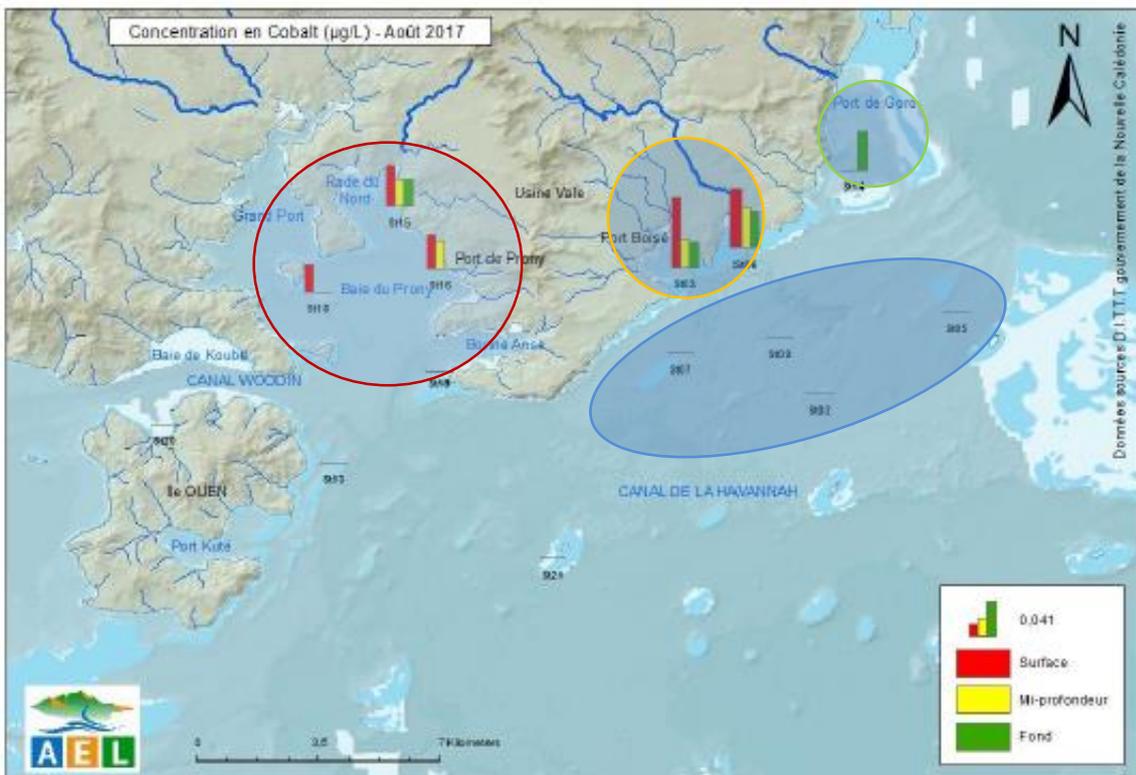
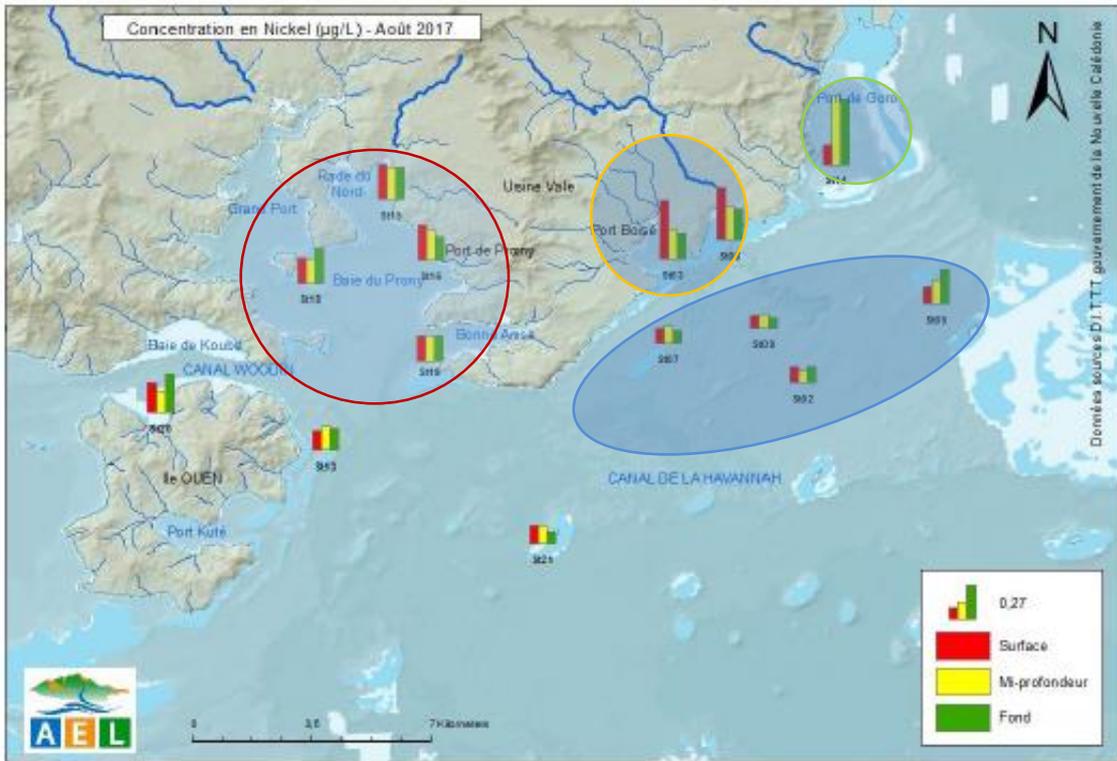
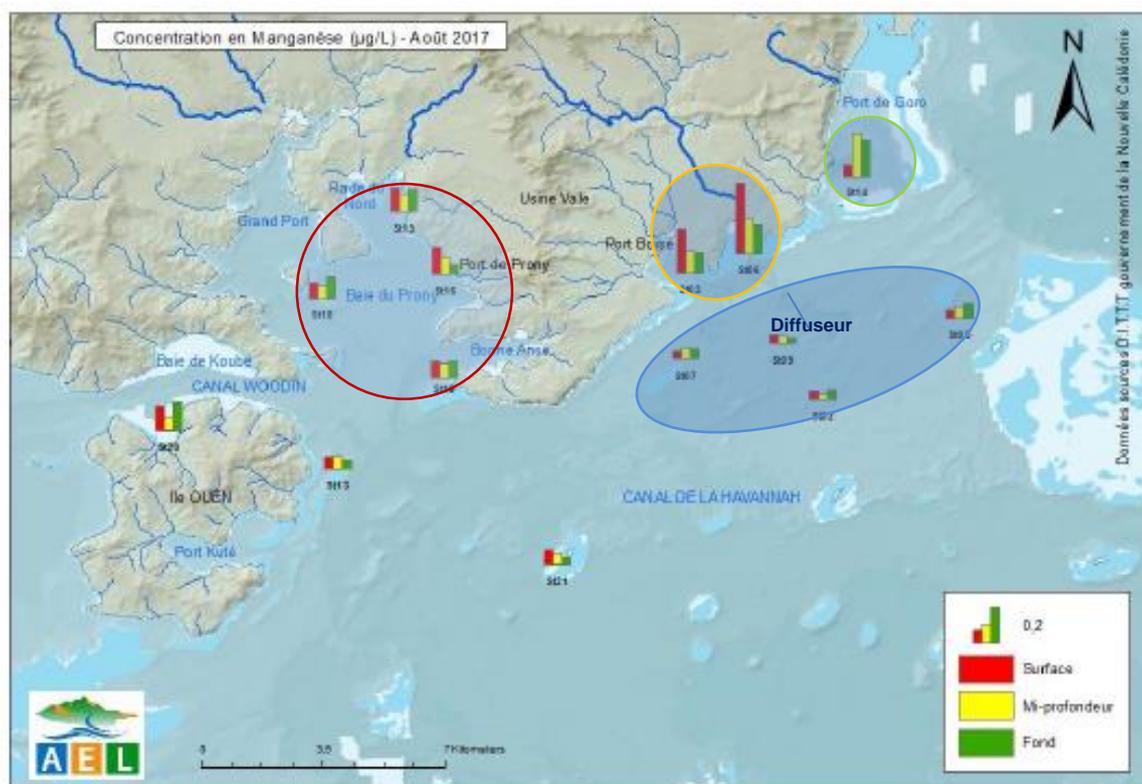
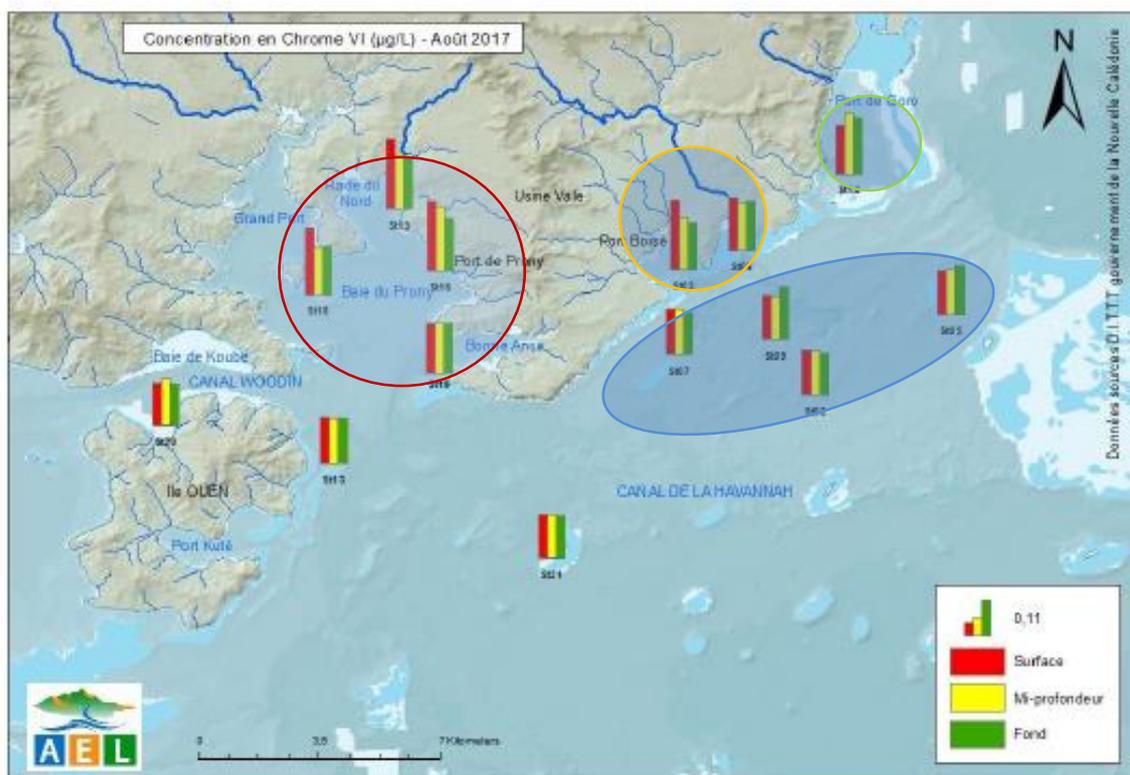


Figure 32 : Concentrations en Mn et Cr sur toutes les stations- AOUT 2017


Le Chrome est aussi suivi avec attention. C'est un indicateur terrigène dans le contexte géologique calédonien. La figure suivante présente un comparatif spatial de la distribution en Cr^(VI) lors de la campagne d'AOUT 2017.



Remarquer :

- Le « parallélisme » des stations: Baie Kwé (St 06- Impact) et Port Boisé (St03- Control-témoins), notamment sur Ni, Co et Mn.
- Ce parallélisme est aussi notable sur les stations du centre du canal de la Havannah, **sans variation sur St09 qui est dans le champ de surveillance des rejets du diffuseur** (et St 02 son témoin.)
- Lors de ces prélèvements les concentrations en Mn sur St09 proche du diffuseur sont inférieures ou comparables à celles des stations témoins St02, St 07 ou St 05.
- Pour rappel : un suivi supplémentaire des concentrations en Mn a été effectué en 2017 dans le champ proche du diffuseur et il ne montre aucune anomalie.
- La baie de Goro évolue indépendamment, tout comme le canal Woodin, ils alourdissent le suivi industriel sans un apport d'information décisionnelle.

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

Globalement, les concentrations d'As, Cr(VI), Cr-total, Co, Mn et Ni mesurées lors de la campagne d'août 2017 restent dans le même ordre de grandeur que celles recueillies lors des campagnes « saison fraîche » depuis 2007.



► Un suivi supplémentaire du Mn en champ très proche du diffuseur, a été mis en place dans le canal de la Havannah, avec des capteurs intégrateurs DGT et des dispositifs d'automates, ce qui permet un suivi continu sur plusieurs semaines. Les rapports ont été communiqués aux autorités de tutelle. A ce jour les résultats confirment qu'il n'y a aucune hausse de la concentration en Mn pouvant porter atteinte à la bonne qualité de l'eau et la santé des écosystèmes dans le canal de la Havannah. Cf. *Chapitre 3.2. 10 de ce bilan.*



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

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 raisonner non pas uniquement en photographies d'un instant « t » parce que l'état ponctuel est dépendant du fond géologique et géographique ainsi que de la météorologie et de la courantologie de l'hydro- région concernée, mais il est nécessaire d'analyser les évolutions des paramètres, en corrélation avec les événements météorologiques qui peuvent être très intenses sous les tropiques et en prenant en compte les fluctuations saisonnières.



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

3.2.2.3. ANALYSES TEMPORELLES des fluctuations des paramètres

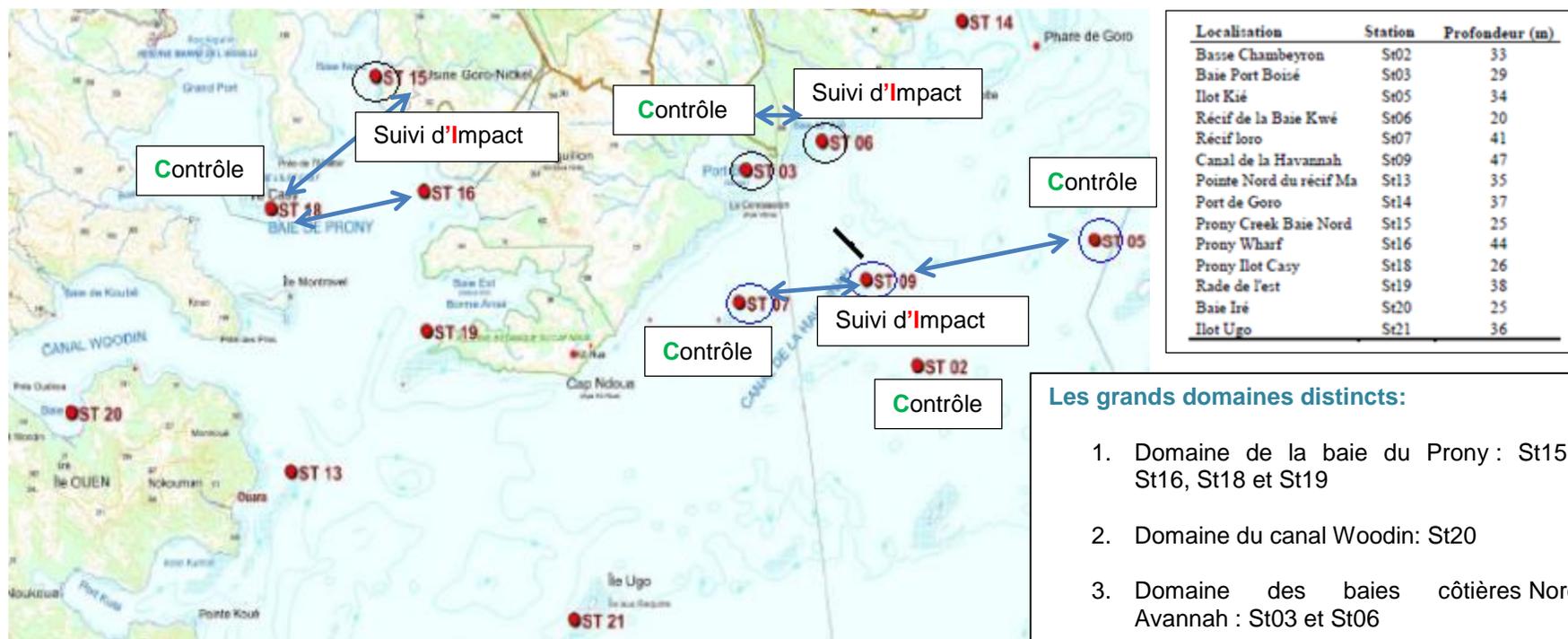
Les stations sentinelles présentées ici pour cette analyse temporelles sont :

- **St 15 : Baie du Prony Rade Nord**
- **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 33: Rappel de la position et de la nomenclature des stations « sentinelles » suivies



Les grands domaines distincts:

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

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

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

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

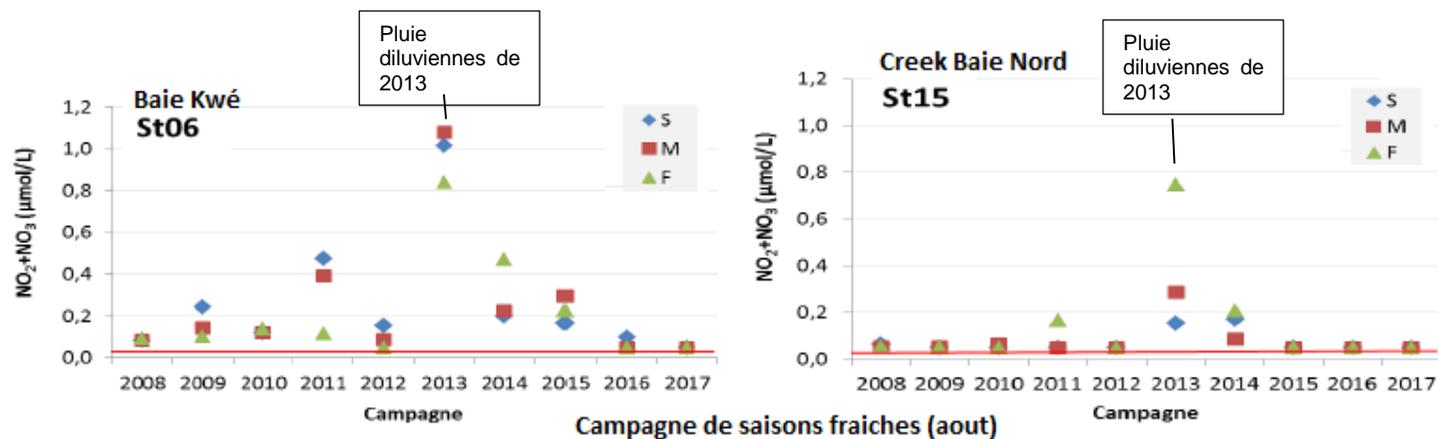
(Méthode de suivi : Impact/Control qui, couplée au suivi temporel de la station sentinelle surveillée : Before/After, conduit à une **stratégie BACI**)



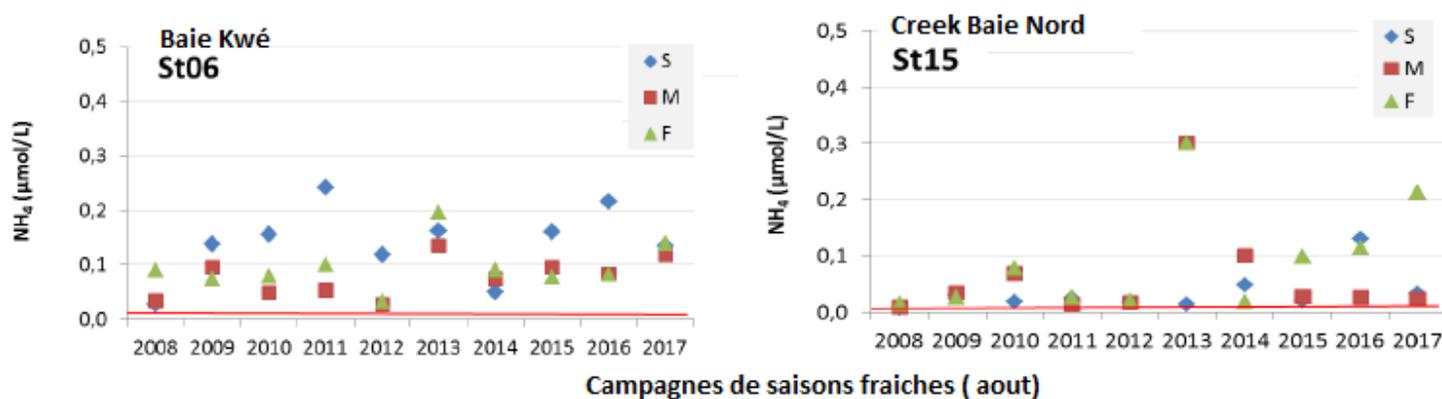
Figure 34 : Evolution des concentrations Nitrates et Nitrites (NO_3+NO_2) et Amminium (NH_4) aux stations les plus pertinentes à leurs égards

BAIE KWE (St06) et CREEK BAIE NORD-PRONY (St15) entre 2007 et 2017

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)- La **ligne rouge** représente la limite de quantification pour les éléments considérés (Nitrates : $0,050 \mu\text{mol/L}$ et Amonium : $0,002 \mu\text{mol/L}$.)



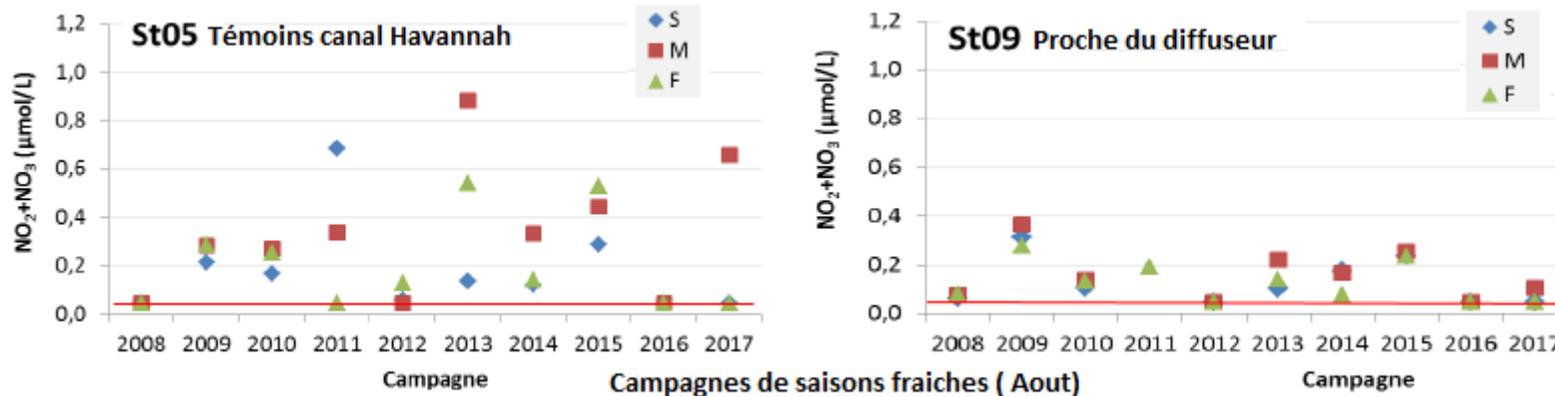
La limite de risque d'eutrophisation est de $\text{NO}_3 > 20 \mu\text{moles/L}$ (pour les nitrates seuls – Zones littorales et baies- Guide CNRT/Zoneco), les concentrations en [nitrates + nitrites] relevées depuis 2007 sont rassurantes et n'indiquent pas de pollution. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.



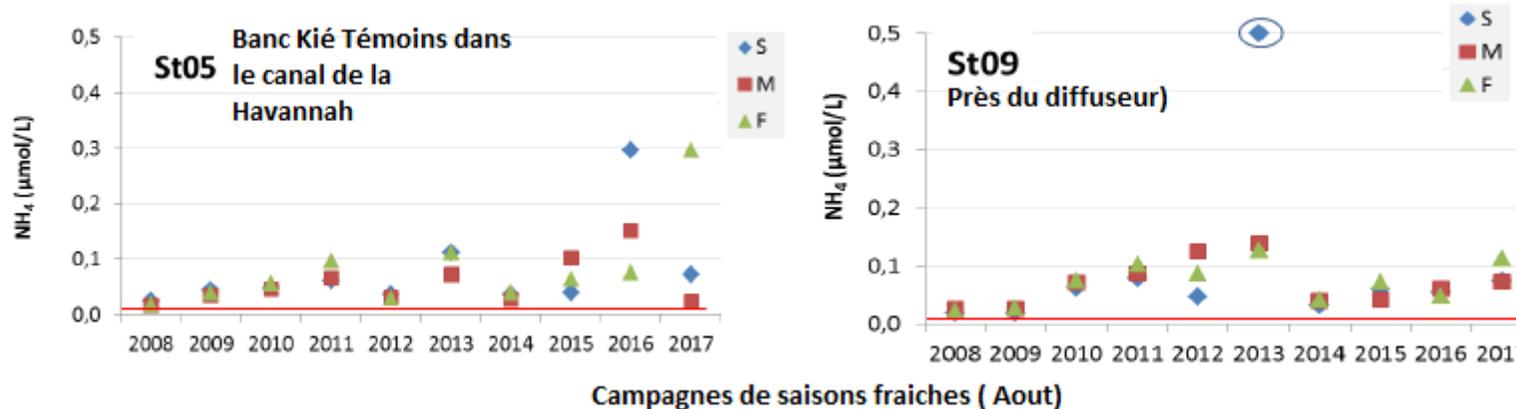
Pour l'ammonium NH_4 le guide indique une perturbation inquiétante si $\text{NH}_4 > 1 \mu\text{moles/L}$. Cette limite n'est jamais atteinte ni approchée.

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

Figure 35 : Evolution des concentrations Nitrates et Nitrites (NO_3+NO_2) et Amminium (NH_4^+) sur St09 proche du DIFFUSEUR et sur son TEMOINS St05



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



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

Figure 36 : Evolution des concentrations en Cobalt (Co) aux stations sentinelles entre 2007 et 2017 en saison fraiche (BAIE KWE (St06) / PORT BOISE (St03) et CREEK BAIE NORD-PRONY (St15)

Entre 2007 et 2017 S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond) La ligne rouge est la limite de quantification (Co : 0,027 µg/L).

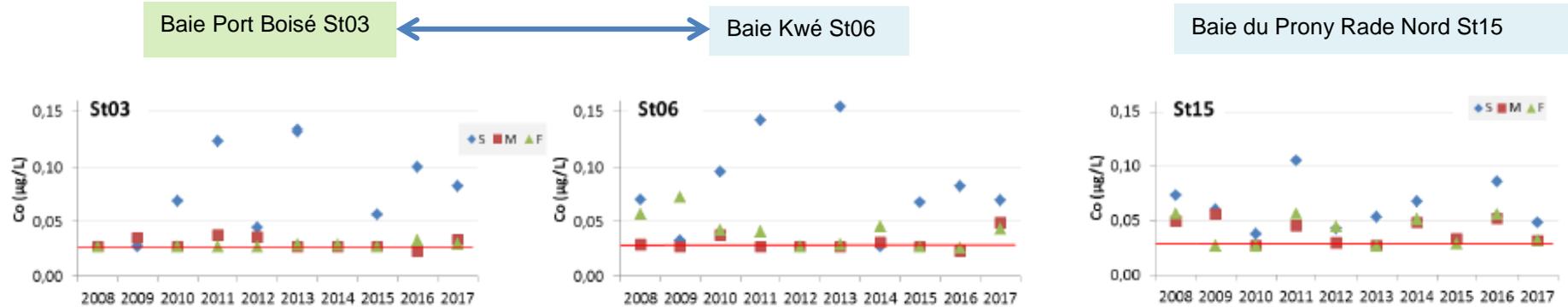
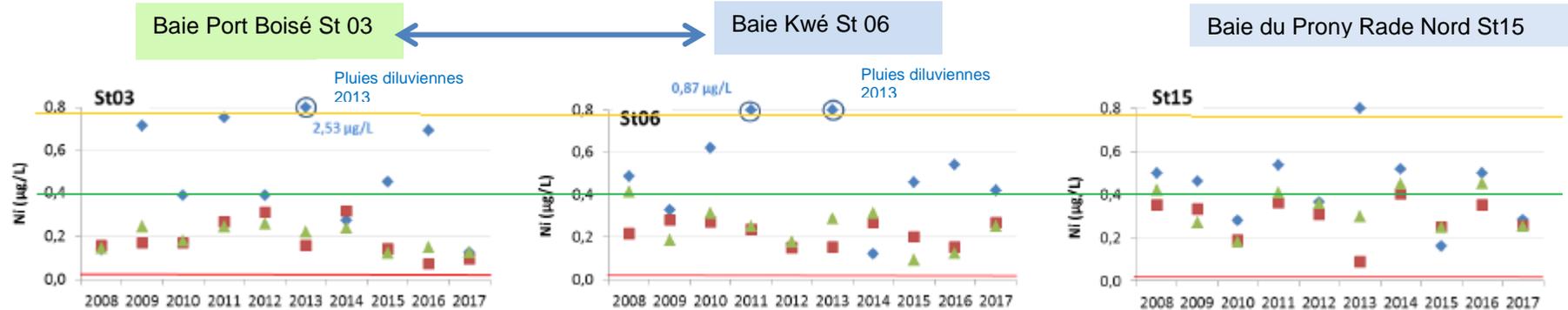


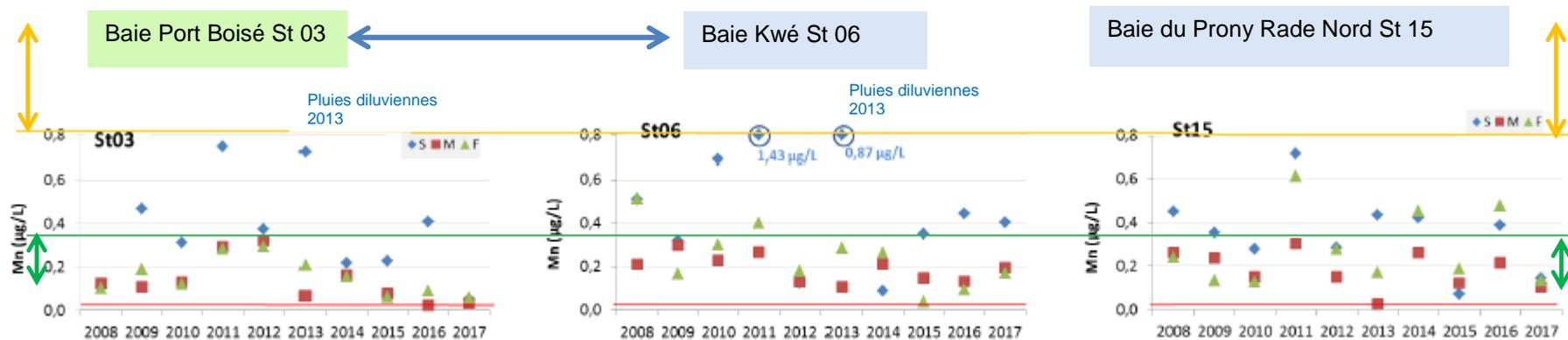
Figure 37 : Evolution des concentrations en Nickel (Ni) aux stations sentinelles entre 2007 et 2017 en saison fraiche



Le trait rouge représente la limite de quantification pour cet élément (Ni : 0,022 µg/L). A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé et en orange la concentration indiquant une perturbation éventuelle si valeur supérieure (anthropique ou autre cause comme un cyclone) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo 2011. (Ces indications ne sont données que pour le Ni, le Mn et le Cr (VI), le guide est en cours d'optimisation.)

- Comme indiqué dans le chapitre sur les rappels météo, les années 2011 et 2013 avec 2 fortes dépressions chacune (voire cyclone), sont bien marquées par les indicateurs terrigènes véhiculées par les eaux de pluie > 400mm/24h.

Figure 38 : Evolution des concentrations en Manganèse (Mn) aux stations sentinelles entre 2007 et 2017 en saison fraiche .
BAIE KWE (St06) / son témoins : PORT BOISE (St03) et CREEK BAIE NORD-PRONY (St15)



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

Figure 39 : Evolution des concentrations en Chrome hexavalent (CrVI) aux stations sentinelles entre 2008 et 2017 en saison fraiche.

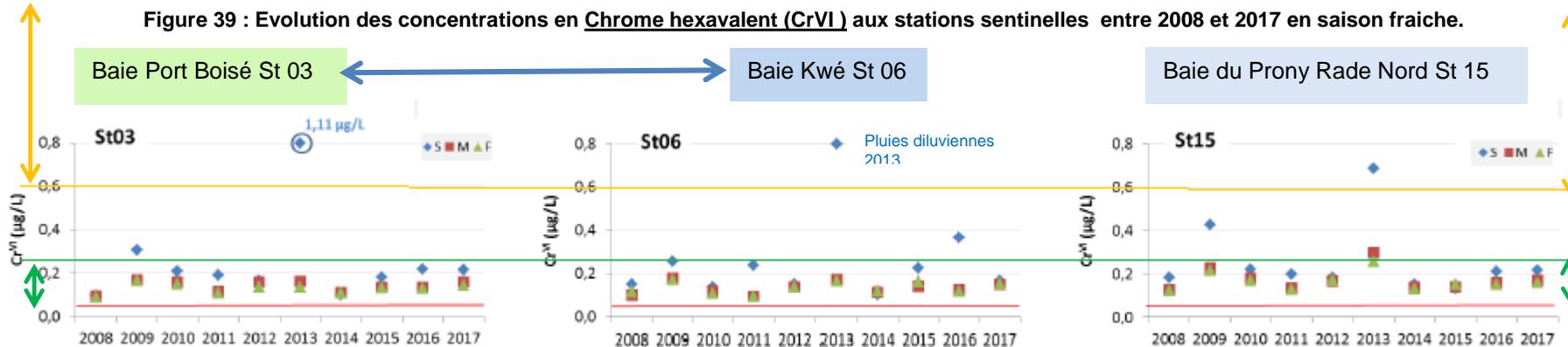


Figure 40 : Evolution des concentrations en métaux dissous (Le Nickel) dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2017 – Saisons fraîches.
Station proche du DIFFUSEUR (St 09) et deux TEMOINS dans le canal : St 07 et St 05

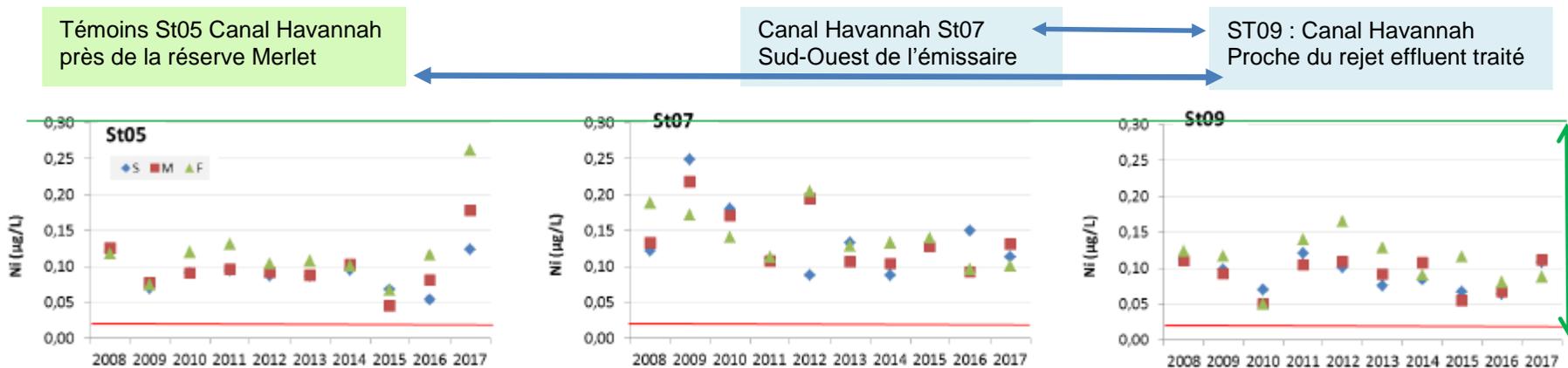


Figure 41: Evolution en métaux dissous Manganèse (Mn) dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2017 durant la saison fraîche.
Le trait rouge représente la limite de quantification de l'élément. (Ni : 0,022 µg/L et Mn : 0,028 µg/L) A titre indicatif ne faisant pas office de seuil : en vert la concentration donnant une indication de très bonne qualité du milieu non perturbé et en orange la concentration indiquant une perturbation pour une valeur supérieure, (non visible sur ces schémas avec Ni et Mn car trop élevée pour être atteinte) d'après le guide du CNRT/ZoNeCo 2011

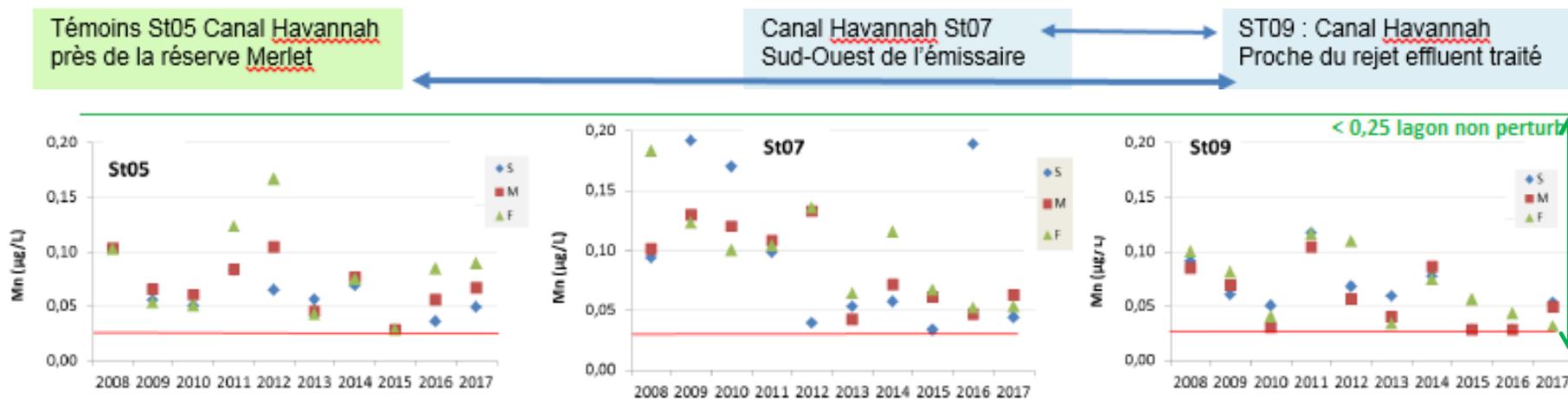
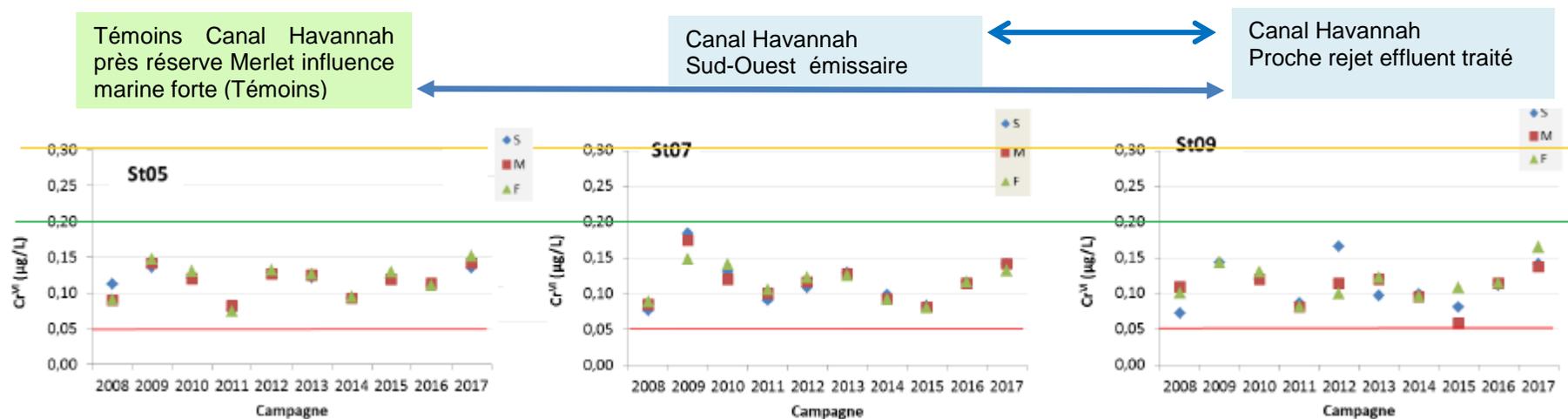


Figure 42: Evolution en métaux dissous Le Chrome (VI) dans le canal de la Havannah entre 2007 et 2017 en saisons fraîches



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

Note : Etant donné le peu de concentrations de Co supérieures à la limite de quantification, celles-ci ne sont plus illustrées graphiquement.

CONCLUSION : SUIVI QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DE L'EAU DE MER S2 / 2017

Au cours de la campagne du second semestre 2017 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**

Il en était de même au premier semestre (Cf. rapport S1/2017) donc pour l'année 2017.

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. Le suivi conventionnel de la station située en réserve Merlet n'a pas eu lieu par manque d'obtention des autorisations nécessaires à temps.

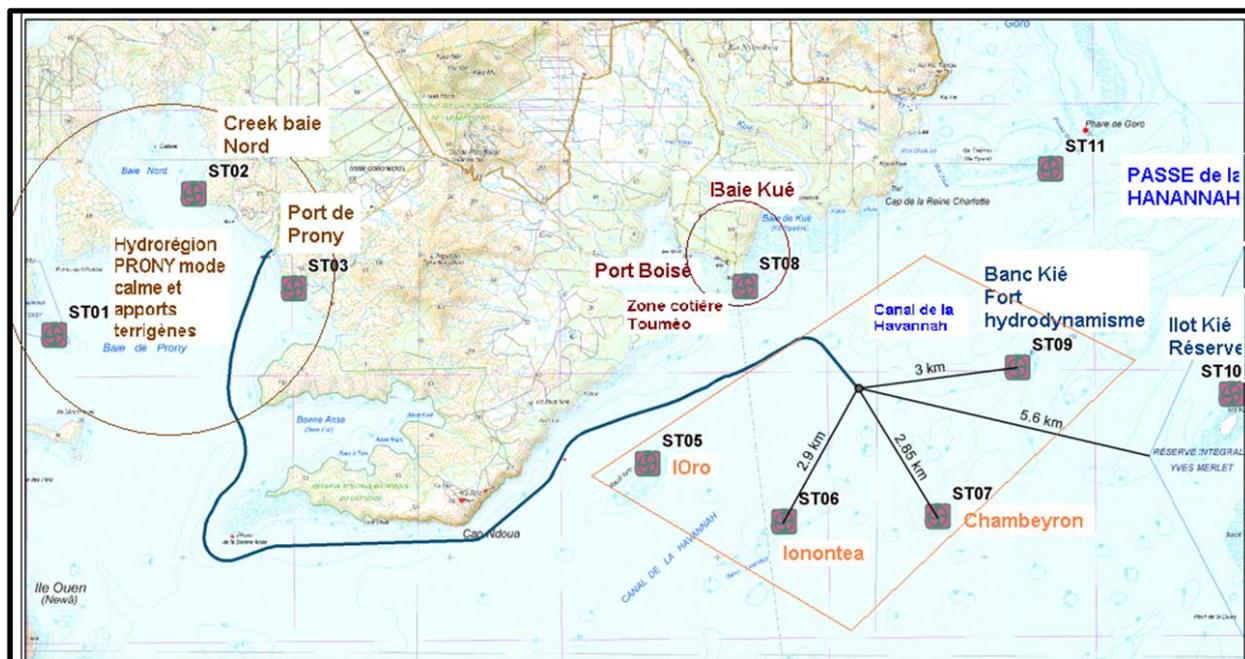
Les missions de suivi du second semestre 2017 se sont déroulées en septembre 2017. Les phases lunaires de mortes eaux sont privilégiées. (Cf. annexe 1 sur la méthodologie) car les missions ciblent les périodes de moindre marée (syzygie lunaire) et de courants relativement faibles, notamment aux heures d'été.

Tableau 16 : 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 43 : 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 2017)

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

- Recouvrement corallien de **2 %** sur le transect A et **2,5 %** sur 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.
- **Présence de 13 spécimens d'étoile de mer *Acanthaster planci* (dont 2 sur les transects LIT eux même) A SUIVRE !**
- La présence d'étoile de mer dévoreuse du corail (la première depuis 2007) doit être suivie ainsi que la prolifération algale cyclique mais à surveiller sur cette station.
- **Blanchissement corallien lié aux dégâts dus aux étoiles de mer *Acanthaster*.**
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis* (ciblée comme éventuellement envahissante) et cyanobactéries en hausse en raison des coraux morts par broutage.
- Poissons : 231 individus appartenant à 31 espèces différentes. Mais : Le nombre d'espèces de la liste restreinte imposée et présentes sur les transects ne représentent que le 3/8 des espèces totales.
- La plupart des espèces de poissons sont représentées par des juvéniles.
- Densité **1,28 poissons/m²** pour une biomasse de **12,04 g/**

► 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 de la baie de Prony (**120 espèces coralliennes dont 114 espèces de scléactiniaires**).
- Le recouvrement corallien était en forte hausse en 2015, puis en baisse en avril 2016 suite au blanchissement généralisé des coraux du Pacifique sud (El Niño) avec 26% du transect A. (Ce qui reste cependant un % élevé). Il repart en légère hausse fin 2016 puis avec 27% en 2017.
- **Blanchissement corallien** : très faible en 2015 (2/119 espèces de scléactiniaires soit seulement 0,23% de la surface), il devient plus important en avril 2016, surtout au niveau bathymétrique sup. (34/116 espèces de scléactiniaires et 3.35% de la surface totale observée). Cela reste dans un ordre de grandeur modéré en cycle « El nino ». Fin 2016, la résilience est amorcée et se poursuit en 2017.
- **Absence d'*Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*.**
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité **0,43 poissons/m²** pour une biomasse: **4,29g /m²**. Il y a toujours beaucoup de poissons juvéniles.
- Station très diversifiée dont la sédimentation n'affecte pas les esp adaptées à ce type d'écosystème.

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

- **Biodiversité corallienne importante (117 espèces dont 113 de scléactiniaires)**
- Recouvrement corallien stable avec **6,5 %** en A, **28 %** en B et **13,5 %** en C
- **Aucun blanchissement corallien durant les deux campagnes 2017 (très rare en zone côtière).**
- Dépôt sédimentaire léger sur quelques colonies coralliennes.
- **Absence d'*Acanthaster planci* ni de *Culcita novaeguineae* et de *Drupella cornus***
- Algue brune *Lobophora* en diminution
- Absence de l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis*
- Poissons : Densité **0,82 poisson/m²** pour une biomasse **1,33 g/m²**. Les poissons sont tous des juvéniles.
- La sédimentation du fond est à surveiller mais reste stable

► Conclusion : Etat actuel (S1/2017) en baie du Prony (Typologie : Fond de baie)

Le blanchissement observé sur de nombreuses espèces coralliennes (sur 11 à 40 espèces par transects, il y a plus de 115 esp. coralliennes dans cette baie) début 2016 lors du phénomène de blanchissement généralisé n'atteignait pas le niveau d'impact que le blanchissement corallien peut montrer dans d'autres régions du Pacifique. **Fin 2016 ce blanchissement a nettement diminué mais certaines colonies coralliennes sont mortes, sans affecter la biodiversité toujours importante. La résilience se poursuit tout 2017.**

ATTENTION :

La présence de 13 étoiles de mer dévoreuses de corail sur la station de l'îlot Casy (témoins non affectée par VNC) est inquiétante et à surveiller, il n'y en a pas sur les stations Creek baie Nord et Port de Prony. Cf. chapitre consacré au suivi des *Acanthaster*

Stations du canal de la Havannah

Les dégradations sont importantes pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques, elles se propagent en profondeur par éboulis consécutifs.

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

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

La biodiversité corallienne est importante et en légère augmentation

- Recouvrement corallien stable **21,5 %** en A et **0,5 %** en B
- **Blanchissement corallien faible**
- Absence de *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*. Absence de *Drupella cornus*
- Cynobactéries stables, tuff algal et Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* + Algues brunes *Lobophora* mais sans *bloom*
- Sédimentation toujours observée ;
- Poissons: densité **0,78 poisson/m²** pour une biomasse de **9,98g/m²**. Le peuplement est monotone et composé de nombreux juvéniles.

► La station ST06 d'Ionotea (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 ou bien hausse fin 2017 : 25%, 34,5% et 9,5 %
- Pas d'étoile de mer dévoreuse des coraux.
- Densité des poissons en hausse : **4,47 poisson/m²** et Biomasse en hausse : **667,45 g/m²**. Biodiversité stable.
- Au niveau des indicateurs poissons les stations sur Ioro, Ionotea 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 début 2016

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

► 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.**

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

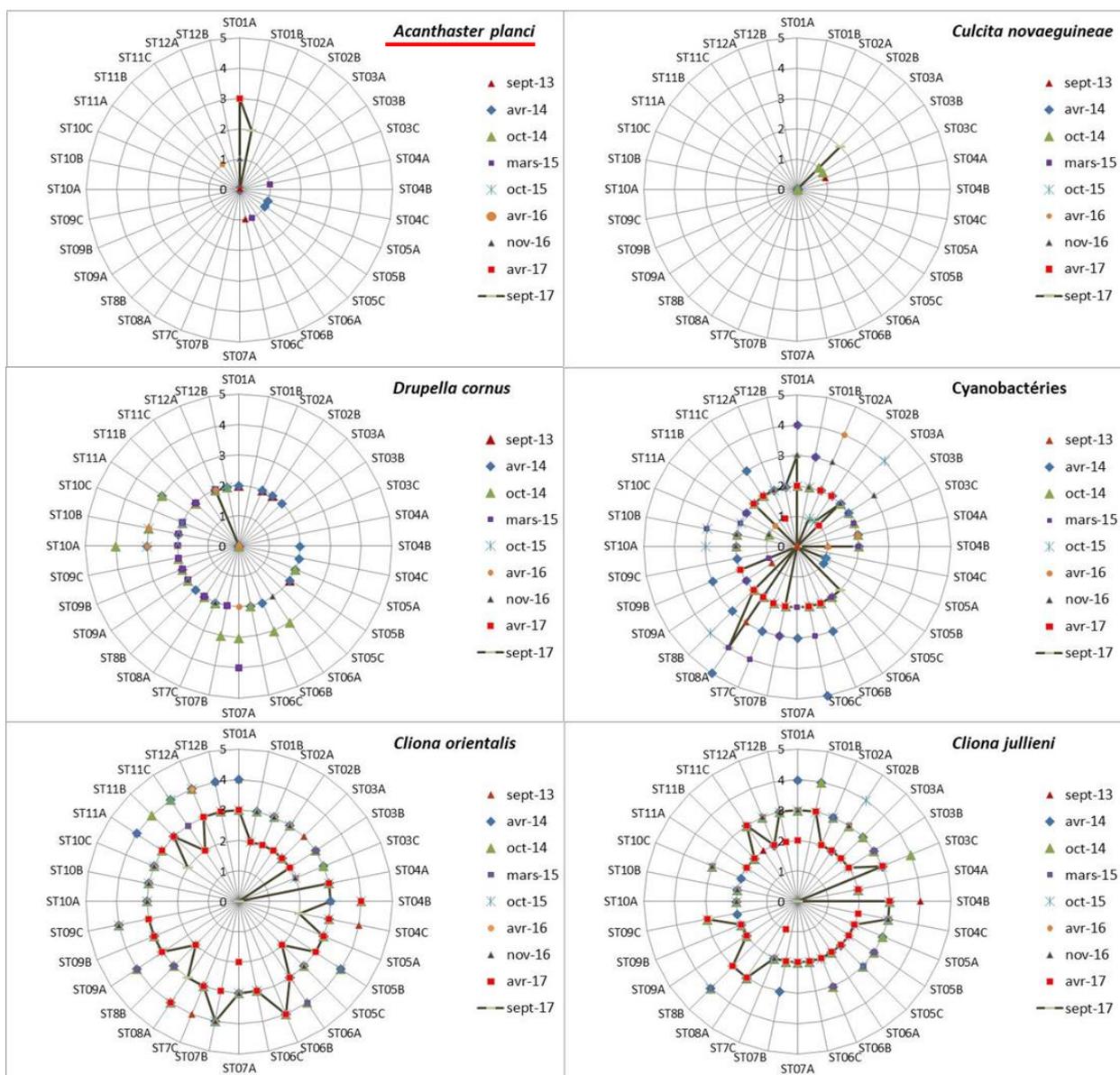
Le cas des étoiles de mer dévoreuse des coraux et pouvant anéantir un récif pour plusieurs années.

Le suivi des espèces concurrentes, envahissantes ou dangereuses est effectué et quantifié (à titre volontaire par Vale NC) depuis 2013 et le cas des *Acanthaster* est intéressant. Depuis le début des suivis (2007) aucune prolifération de cette étoile de mer n'avait été constatée par les scientifiques dans le domaine d'études Vale NC; cependant dans le lagon calédonien des inventaires (IRD, M. Adjeroud.) montrent que des zones (non situées dans le Grand sud) sont infestées par cette étoile de mer dont les dégâts sont considérables. La (ou les) cause des proliférations de ces étoiles carnivores des polypes n'est à ce jour pas connue du monde scientifique. Le Criobe (Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement de Moorea. Kayal M., Bosserelle P and M. Adjeroud.

2017) indique une suspicion de cyclicité, les adultes visibles sont dus à une prolifération (peu visible) des juvéniles deux ans en amont. Les phénomènes de réchauffement et « El Niño » pourraient favoriser le développement des larves et juvéniles. Le réchauffement global de fin 2015/début 2016 ne peut cependant pas être la seule cause.

L'îlot Casy avait déjà subi de telles attaques, avant 2005. La transplantation corallienne effectuée par Vale NC en 2005 (en mesures compensatoires à la construction du port de Prony) avait ciblé l'îlot Casy en raison de la pauvreté relative en coraux de sa zone proche et la cause invoquée (mais non vérifiée) avait été celle d'attaques par des étoiles de mer.

Figure 44 : Suivi des espèces concurrentes aux coraux de 2013 à 2017



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 :

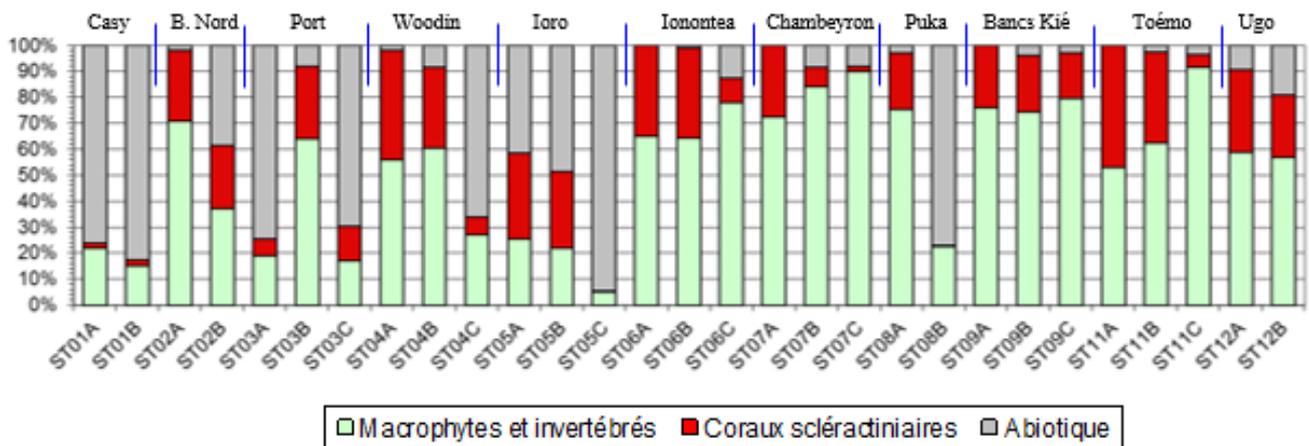
- 1)-Le substrat (sur transects fixes LIT)
- 2)-Le benthos (sur couloirs fixes)
- 3)-Les poissons (selon la liste restreinte imposée)

Figure 45 : **SUBSTRAT** (sous le cordon fixe de 20m de long)

Comparaison entre stations pour le substrat, SEPTEMBRE 2017

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 »)

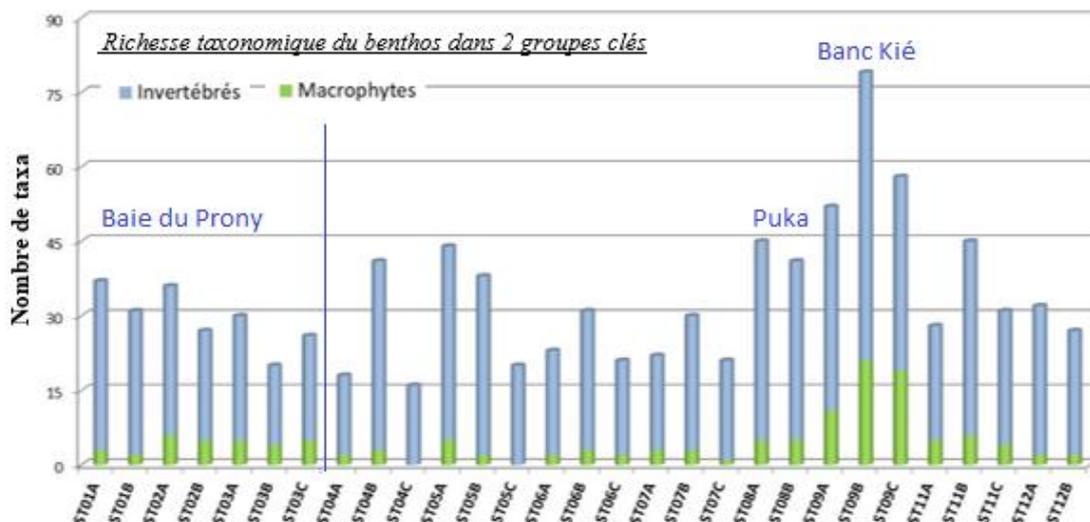


Les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que celui des transects supérieurs (5 à 10 m de profondeur). Certains transects majoritairement abiotiques ou avec très peu de coraux durs continuent à être suivis, car réglementairement imposés mais leur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

Figure 46: **BENTHOS** sur couloir de 100m² Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés. Comparaisons entre stations pour le benthos, AVRIL 2017.

► **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. Certaines espèces sont considérées comme rares dans les eaux calédoniennes (*Alveopora catalai*, *Blastomussa merleti*...). La richesse spécifique des stations de la baie de Prony est relativement plus faible que pour les stations du canal de la Havannah, sauf pour la station ST02 (Creek baie nord) qui recense un nombre très important d'espèces et elle revêt une importance haute et un bon choix de suivi.

► **Algues** : La biodiversité des macrophytes est 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.

► **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. jullieni*.

La présence d'*Acanthaster* sur la station de l'îlot Casy est une première jamais observée auparavant.

► **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 ;
- Et + 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 17 : Relevés ichtyologiques. Comparaison des stations entre elles au temps t. SEPTEMBRE 2017

2017 b Stations		Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	115,50	1,28	30	31	46	82	3,835	0,774
	ST02 CREEK BAIE NORD	51,50	0,43	4	14	44	72	3,339	0,877
	ST03 PORT	50,33	0,82	1	16	46	69	3,080	0,770
	Variances (σ^2)	1 390,68	0,18	247,00	86,33	1,33	46,33	0,15	0,00
	Ecart types (σ)	37,29	0,43	15,72	9,29	1,15	6,81	0,38	0,06
	Moyennes (μ)	72,44	0,84	11,84	20,33	45,33	74,33	3,42	0,81
	Coef. de Var(σ/μ)	0,51	0,50	1,33	0,46	0,03	0,09	0,11	0,08
Int. de Conf. 95%	43,06	0,49	18,15	10,73	1,33	7,86	0,44	0,07	
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	367,67	7,68	196	77	103	145	5,198	0,829
	ST05 IORO	111,00	1,20	24	50	74	109	4,577	0,811
	ST06 IONONTEA	238,00	4,47	667	66	88	132	4,368	0,723
	ST07 B. CHAMBEYRON	175,33	2,00	181	68	87	121	4,983	0,819
	ST08 PUKA	40,00	0,78	10	31	74	104	4,659	0,940
	ST09 BANCS KIE	174,33	2,42	64	64	86	116	4,950	0,825
	ST11 TOEMO	150,67	2,26	51	51	79	110	4,828	0,851
	ST12 UGO	96,00	1,50	11	38	51	82	4,262	0,812
	Variances (σ^2)	9 995,43	5,14	48 997	251,13	227,36	356,70	0,103	0,004
	Ecart types (σ)	99,98	2,27	221	15,85	15,08	18,89	0,321	0,060
	Moyennes (μ)	169,13	2,79	151	55,63	80,25	114,88	4,728	0,826
	Coef. de Var(σ/μ)	0,59	0,81	1	0,28	0,19	0,16	0,068	0,072
Int. de Conf. 95%	70,69	1,60	157	11,21	10,66	13,35	0,227	0,042	

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

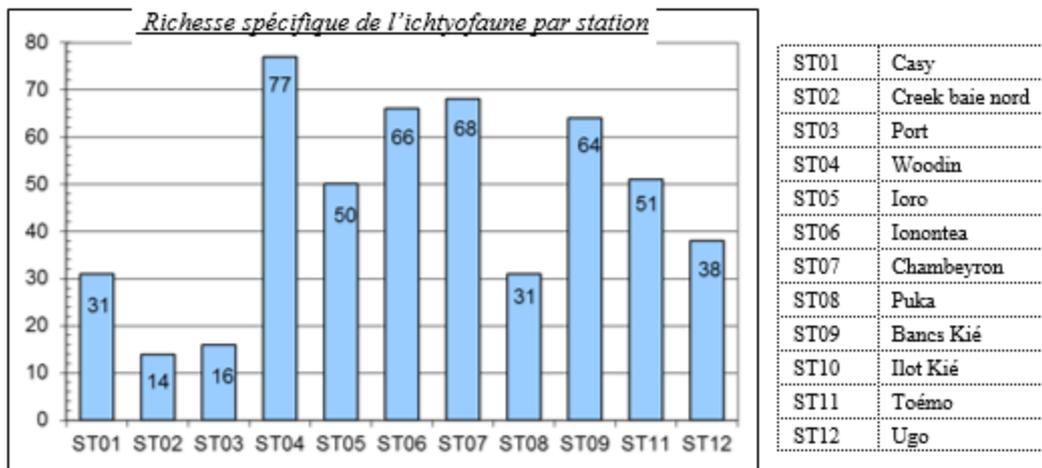
Rappel : Les 3 indicateurs imposés par le plan de suivi sont :

- La richesse spécifique (mais sur liste restreinte, c'est la Biod 1),
- la densité et
- la biomasse.

RICHESSSE SPECIFIQUE

Figure 47: Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station (sur liste restreinte imposée)

SEPTEMBRE 2017

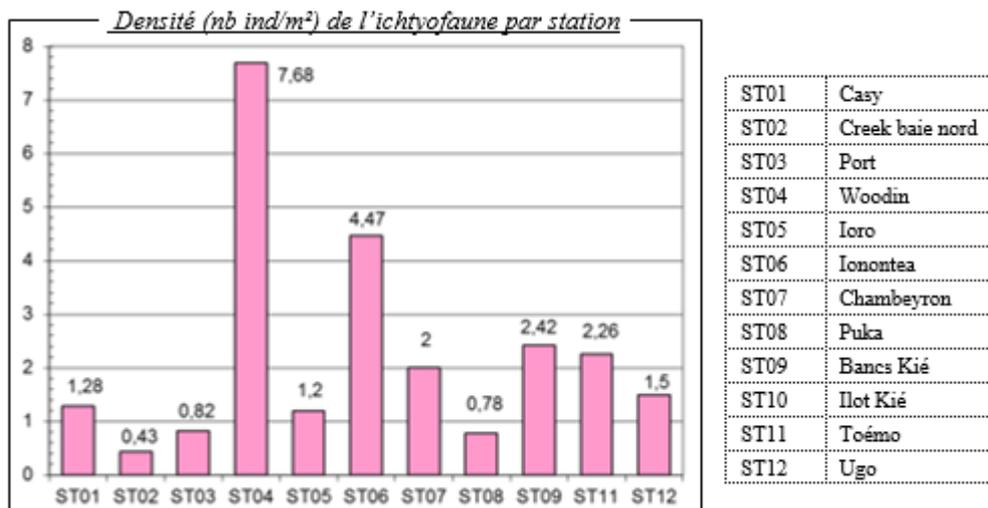


Les stations situées en baie du Prony ont toujours montré une moindre richesse spécifique que celles situées sur des récifs du canal de la Havannah, il est en de même dans les états initiaux, il s'agit de deux biotopes très différents. Les espèces juvéniles représentent la majorité des poissons en baie du Prony.

La station ST04, dans le canal Woodin est exceptionnelle d'un point de vue ichtyologique, elle surpasse régulièrement la station en réserve Merlet (ST10, non inventoriée lors de cette mission 2017 et qui avoisine les 65 esp). Le récif Ionontea (ST 06, massif corallien le plus proche du diffuseur) est aussi très riche en diversité de poissons.

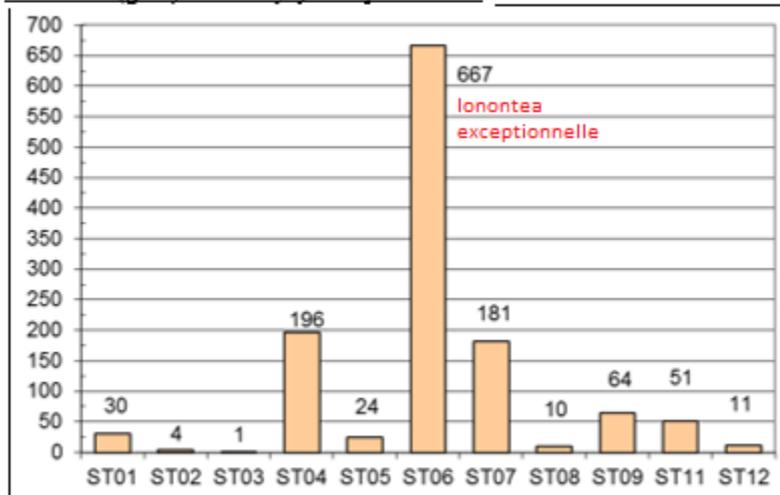
Figure 48 : Densité de l'ichtyofaune par station (liste restreinte imposée)

SEPTEMBRE 2017



**Figure 49 : Biomasse de l'ichtyofaune par station (liste restreinte imposée)
SEPTEMBRE 2017**

Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station



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

La présence du diffuseur n'est aucunement affectante pour la biodiversité des coraux et poissons sur les bancs et massifs les plus proches, notamment les indices poissons sont très bons sur ST05, ST06 et ST07. Ils peuvent même surpasser les indices de la station en réserve Merlet.

Aucune formation corallienne plus proche de la zone de rejet n'est présente dans le canal de la Havannah (choix de la zone de rejet à cet égard : une zone éloignée de tout récif sensible) et une station en indicateurs « poissons » comprables aux autres ne peut donc pas être placée plus proche du diffuseur .

La comparaison des indicateurs biologiques entre les stations corrobore exactement les déductions dues aux études des paramètres physico-chimiques, à savoir des unités fonctionnelles très différentes entre la baie de Prony, le centre du canal de la Havannah soumis à un fort hydrodynamisme, et les stations côtières.

De façon résumée et synthétique on peut différencier différents systèmes (ou hydro-régions) :

- **celui de la baie de Prony** avec un gradient du Nord au Sud entre typologie de « fond de baie » et l'influence du canal de la Havannah
- **celui du canal de la Havannah** (la station de la réserve Merlet s'en rapproche mais avec une richesse habituellement supérieure en densité et biomasse des poissons),
- **celui du canal Woodin**
- **celui des baies avec apports terrigènes au Nord du canal** : baie de port Boisé et baie Kwé
- **celui de la baie de Goro** étant à part, c'est une hydro-région en soit.

Un gradient de croissance des influences marines ou terrestres sépare (ou relie) ces systèmes. Les études des populations de poissons sont en cohérence avec celles de leurs habitats (corail) et avec les études en modélisation et indicateurs physico chimiques.

Des réunions fréquentes avec les spécialistes dédiés à chaque type de suivis physiques, chimiques et biologiques permettent de mieux saisir la globalité synthétique et complexe du lagon sud.

Pour plus de précisions Cf. les rapports intégraux en annexe des bilans semestriels et les chapitres supplémentaires 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/IFRMER 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 : il n'y a même (1ère fois depuis le début du suivi) aucune variation significative (≥ 20%).

Pour ce qui est du recouvrement en scléactiniaires, les variations se situent entre -7% pour le transect A de la ST01 (Casy) - baisse due à la prolifération des *Acanthaster planci* - et +12% au transect A de la ST11 (Toémo).

En moyenne, c'est un gain qui est enregistré (+1.86%).



Figure 50 : Colonie corallienne remarquable geo référencée et suivie au fil des missions



➤ 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.

D'avril à septembre 2017, la richesse spécifique absolue des invertébrés a évolué de -13 à +8 espèces selon les transects. Cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques médians et inférieurs (les colonies, blocs et débris déstabilisés lors des événements dépressionnaires ont dévalé la pente récifale et perturbé les organismes sur leur passage).

- Les transects présentant la plus grande baisse de diversité absolue (comprise entre -13 et -4 espèces) sont ST01A, ST03B, ST05B, ST04A B C, ST06C, ST07B C et ST12A B.

- Les transects présentant la plus grande augmentation de diversité absolue (comprise entre +3 et +8 espèces) sont ST05C, ST06A, ST08A B (Puka, surveillance baie Kwé), ST09A B et ST11A.

En septembre 2017, le recouvrement de coraux blanchis est faible et il est réparti de manière hétérogène. Ainsi certains transects ne présentent pas du tout de blanchissement (par exemple au Port sur ST03, c'est rare), sur et d'autres ce sont des dégradations ponctuelles faibles. (ST08 PUKA)

➤ Les poissons : ichtyo faune

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe 3 de ce document) est consacré à une étude approfondie des populations de poissons 2017 comparés aux années précédentes. Elle est due au professeur universitaire Claude Chauvet (ACREM), ichtyologue.

Il assure en supplément des exigences réglementaires une analyse statistique, notamment sur la biodiversité des poissons sur inventaire exhaustif des poissons observés, dans le but d'affiner la méthodologie et de « tirer la sonnette d'alarme » au plus tôt en cas de modification des populations. Il va donc au-delà du cahier des charges demandé (qui est bien rempli en intégralité, sur liste restreinte imposée). Les réflexions du professeur Claude Chauvet sont maintenues car l'industriel ne se permet pas de « censurer » les analyses des experts externes et ces réflexions ne peuvent qu'approfondir la qualité et la rigueur du suivi, avec une base de données exhaustive qui peut être utile dans le futur.

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)

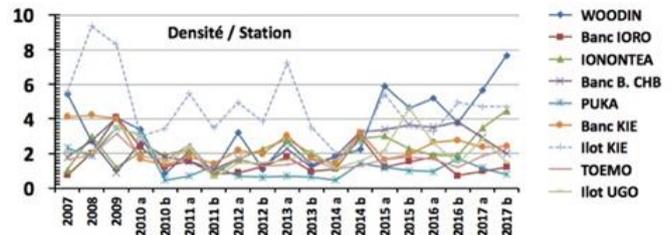
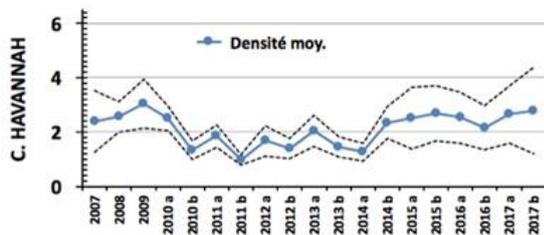
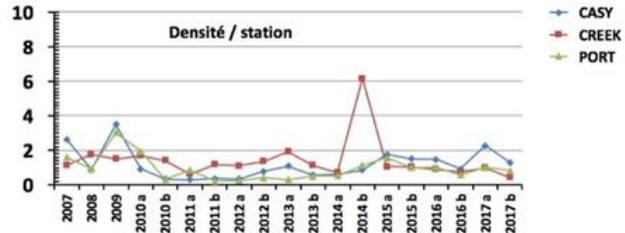
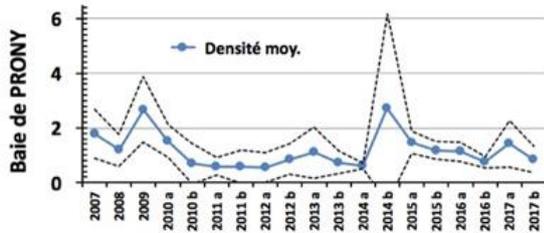
La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité.

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

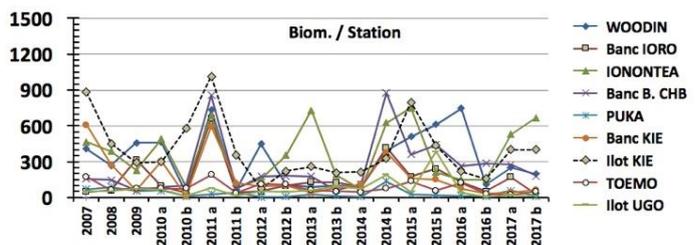
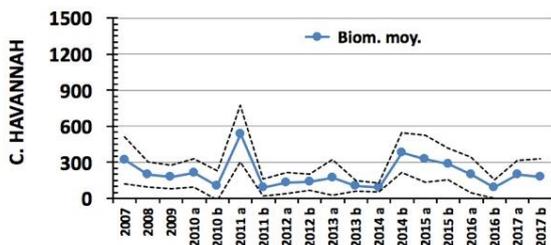
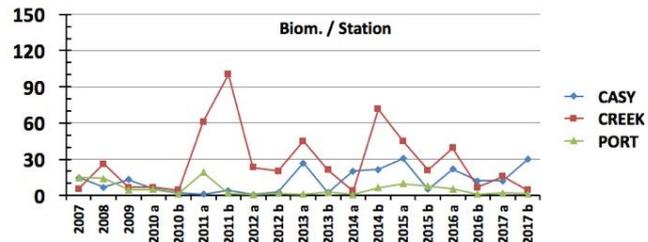
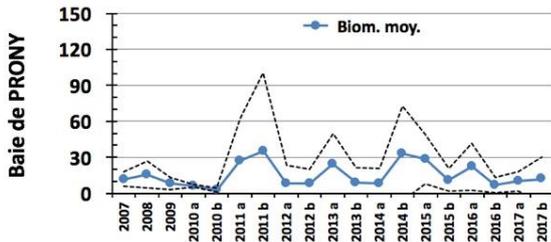
Rappel : la Biomasse s'exprime en grammes de poissons /m² par transect et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie règlementaire 2006 et CCB).

Figure 51 : Poissons : Moyennes des paramètres étudiés (calculées sur l'ensemble des stations : par année ; mission après mission depuis 2007)

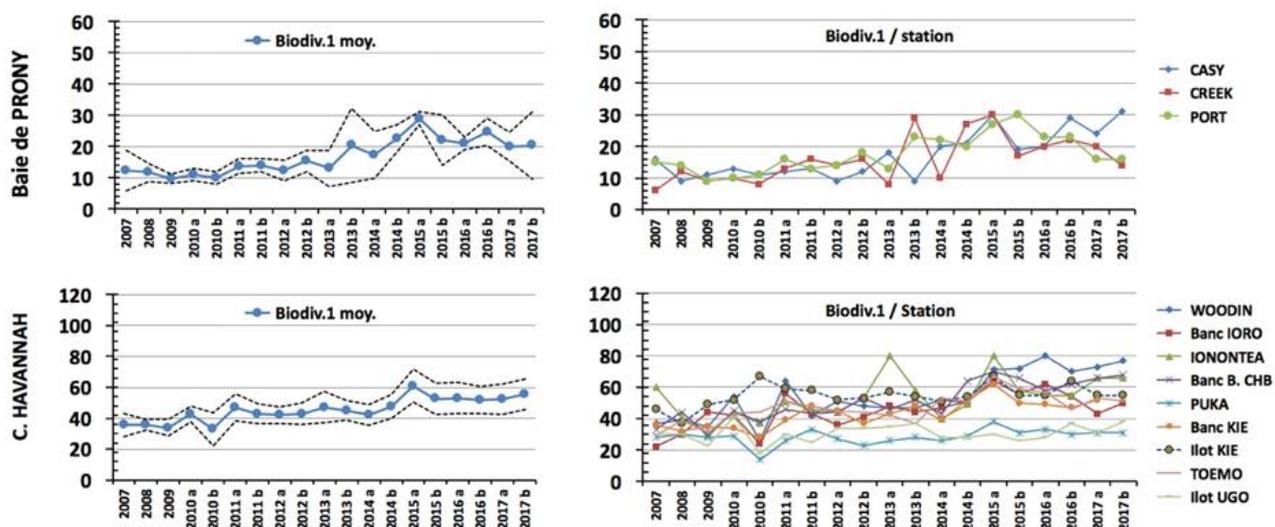
DENSITE (selon les exigences du plan de suivi et donc sur liste restreinte)



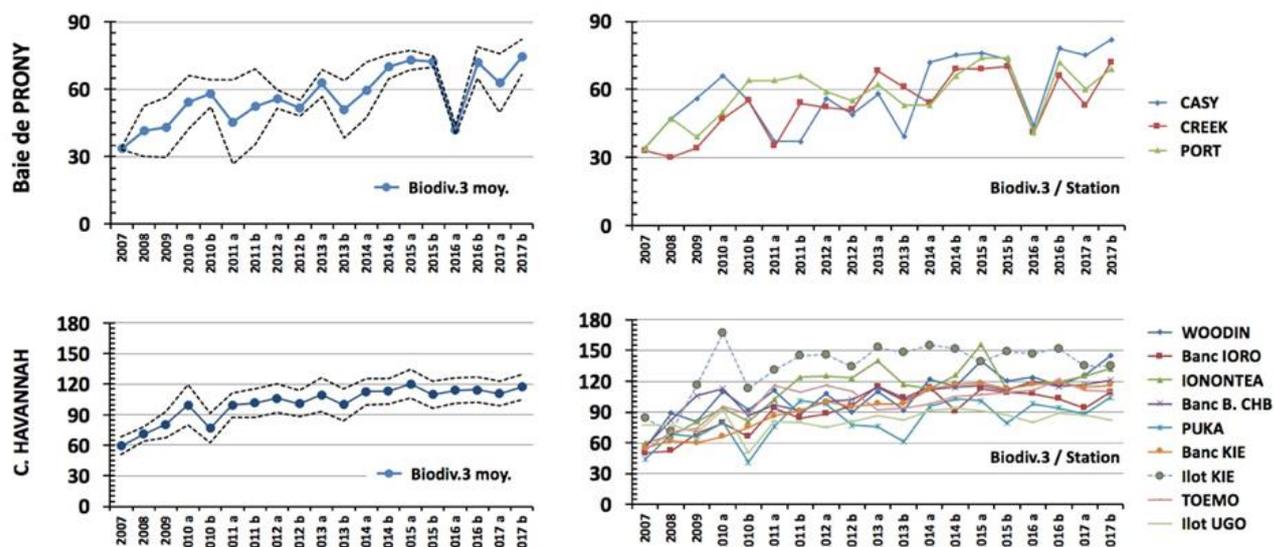
BIOMASSE (selon les exigences du plan de suivi)



BIODIVERSITE 1 (Selon les exigences du plan de suivi)



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



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

Tableau 18: Cotation des missions depuis 2007

Cotation des missions depuis 2007 : IGm (ichtyologie)

	Indices par mission			IGm	IGA
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)		
2007	3	3	2	2,50	Bonne
2008	3	2	2	2,25	Médiocre
2009	3	2	2	2,25	Médiocre
2010 a	3	2	3	2,75	Bonne
2010 b	2	1	2	1,75	Médiocre
2011 a	2	4	3	3,00	Bonne
2011 b	2	1	3	2,25	Médiocre
2012 a	2	1	3	2,25	Médiocre
2012 b	2	2	3	2,50	Bonne
2013 a	3	2	3	2,75	Bonne
2013 b	2	3	3	2,75	Bonne
2014 a	2	1	3	2,25	Médiocre
2014 b	3	3	3	3,00	Bonne
2015 a	3	3	4	3,50	Très bonne
2015 b	3	3	3	3,00	Bonne
2016 a	2	2	4	3,00	Bonne
2016 b	3	2	3	2,75	Bonne
2017 a	3	2	3	2,75	Bonne
2017 a	3	2	3	2,75	Bonne

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

Conclusion sur le domaine ichtyologique :

Quantitativement, le nombre d'espèces / famille / station change peu d'une mission à l'autre. Mais qualitativement, les espèces présentes changent, se relayant d'une mission à l'autre sur une même station. Ceci, notamment pour les familles très diversifiées comme les Labridés, Scaridés, Acanthuridés, etc.

L'examen des listes d'espèces montre que :

- Le peuplement total inventorié depuis 2007 approche les 700 espèces
- Près de 300 espèces sont vues à chaque mission sur l'ensemble des stations
- **Pour cette mission, la qualité du milieu marin, jugée à travers le peuplement de poissons, est bonne.**



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

3.2.4. 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.

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.

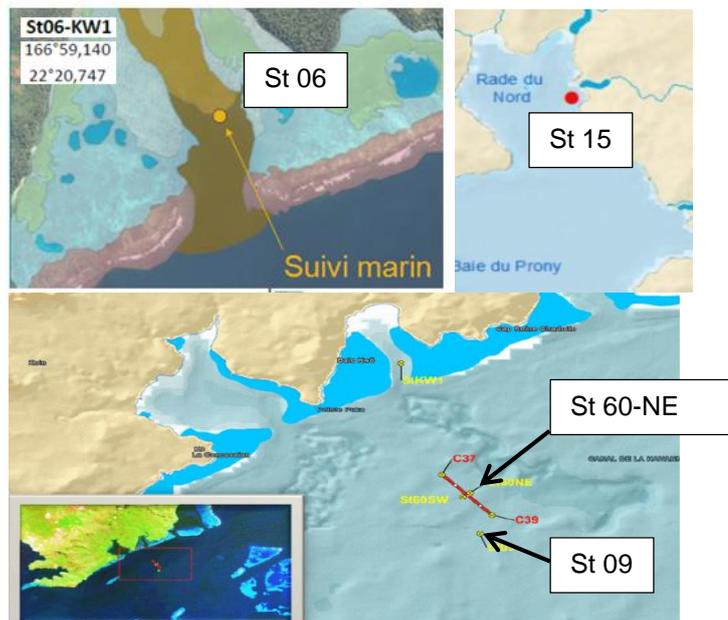
Le suivi de l'herbier est devenu réglementaire grâce à l'arrêté AEM-2016 et grâce à la mise en place d'une méthodologie de suivi, les connaissances quant à sa variabilité, sa composition et sa surface vont permettre de quantifier son évolution lors des suivis suivants, deux missions ne peuvent pas suffire pour une conclusion significative.

3.2.5. Suivi des flux sédimentaires

Il consiste en un suivi temporel des densités de flux verticaux afin d'estimer les apports métalliques véhiculés par les particules fines au niveau de la baie Kwé, du diffuseur marin et de la Rade Nord. Des mouillages de lignes équipées de pièges à sédiments séquentiels (automatisation) 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.

Figure 52 : Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires

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



Les principaux résultats montrent qu'en saison chaude comme en saison fraîche, la distribution de MES dans les eaux de la Baie Kwé, en Rade Nord et dans le Canal de la Havannah, est grandement régie par les conditions météorologiques, notamment :

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

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

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

➤ **Pour les campagnes 2017**

S1/2017: Les opérations du premier semestre :

- Immersion : 14/04/2017
- Récupération : 01/06/2017

S2/2017 : Les opérations du second semestre :

- Immersion : 16 /09/2017
- Récupération : 02/11/2017

2 campagnes de 12 fois 4 jours = 2 fois 48 jours de prélèvements pour chaque campagne

➤ **Résultats**

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

• St15 Creek Baie Nord

- **Les masses moyennes collectées sur St15 restent faibles**, ne dépassant que rarement le seuil de 1g. Les masses de MES collectées en 2017 sont 15 fois moins importantes que celles collectées en janvier-mars 2014 ($4,43 \pm 8,90$ g). Les MES piégées sont principalement composées de fraction fine.
Les diverses observations effectuées lors de précédentes missions montrent que la variabilité des masses collectées à cette station, localisée au droit de l'embouchure du creek, est très dépendante, non seulement de l'intensité des précipitations mais aussi de l'orientation et de la force des vents qui conditionnent la dispersion et/ou le confinement des panaches turbides ; l'orientation SE favorisant un confinement le long de la côte nord de l'Anse de la Rade Nord.
- **Les teneurs en carbonates dans la fraction fine collectée** ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) en St15 se distribuent entre 21 % et 25 % avec une moyenne de 23 ± 2 % soulignant, **une influence prépondérante des apports terrigènes à cette station**. Cela confirme les définitions des hydro-régions et les particularités des zones dites «fond de baie» comme le Nord de la baie du Prony.
- **La fraction fine de MES récoltées est analysée**, le tableau suivant compile les données depuis 2007.

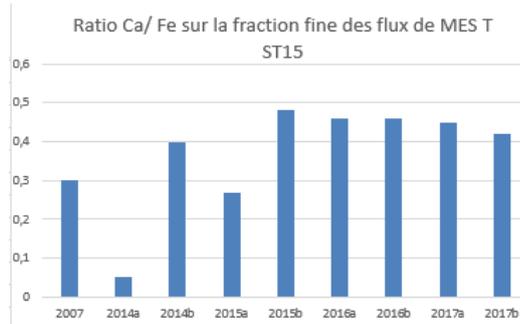
Figure 53 : Compilation des données moyenne \pm écart-type des concentrations en métaux et en calcium obtenues dans les fractions fines ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à la station St15.

St15						
Campagne	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Mars - Avr. 2007	61 870 (n=1)	208 (n=1)	8 500 (n=1)	205 660 (n=1)	1 949 (n=1)	2 742 (n=1)
Janv. - Mars 2014	$11\ 118 \pm 153$	295 ± 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 ± 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 ± 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 ± 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 ± 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 ± 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 ± 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 ± 4	$7\ 797 \pm 163$	$192\ 953 \pm 51\ 953$	$1\ 687 \pm 85$	$2\ 614 \pm 61$

- **Le ratio Ca/Fe** est intéressant ; s'il augmente l'influence marine augmente et l'influence terrestre diminue.
Sur St 15 il est stable.

Figure 54 : Compilation des données moyenne \pm écart-type de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à particules à la station St15.

St15			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Mars - Avr. 2007	0,30 (n=1)	Mai - Juil. 2016	$0,46 \pm 0,32$
Janv. - Mars 2014	$0,05 \pm 0,08$	Oct. - Nov. 2016	$0,46 \pm 0,05$
Sept. - Oct. 2014	$0,40 \pm 0,02$	Avr. - Mai 2017	$0,45 \pm 0,11$
Janv. - Mars 2015	$0,27 \pm 0,11$	Sept. - Nov. 2017	$0,42 \pm 0,11$
Juil. - Sept. 2015	$0,48 \pm 0,04$	-	-



- **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 55 : 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 (Creek Baie Nord)

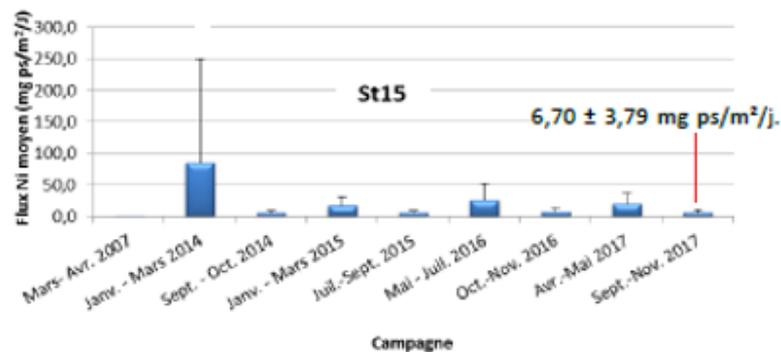
St15					
Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)	Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)
Oct. - Nov. 2006	1,05 ± 0,64	25,2	Juil. - Sept. 2015	1,31 ± 1,34	62,7
Mars - Avr. 2007	1,55 ± 1,45	37,1	Mai - Juil. 2016	8,67 ± 7,44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

- : pas de campagne.

La densité de flux moyen de MES totale sur ST15 (Embouchure creek Baie Nord) lors de la campagne S2/2017 est de : **5,95 ± 6,08 g/m²/j**. Pour rappel, le guide ZoNeCo/CNRT indique que des flux de MES 14 g/m²/j à 46 g/m²/j. selon la saison pluvieuse ou plus sèche, sont usuels près de l'embouchure des creeks.

Illustré par le cas du Ni, les flux métalliques moyens lors de cette campagne sont de 6,70 ± 3,79 mg ps/m²/j. Entre les campagnes, les valeurs moyennes montrent une très forte variation. Ainsi, en janvier-mars 2014, la valeur moyenne est maximale (86 ± 165 mg ps/m²/j) puis, elle diminue et demeure en dessous du seuil de 27,0 mg ps/m²/j. La valeur extrême maximale de 2014 est à relier avec la pluviométrie exceptionnelle de 920,2 mm mesurée au moment de la campagne 2014.

Figure 56 : 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 St15.



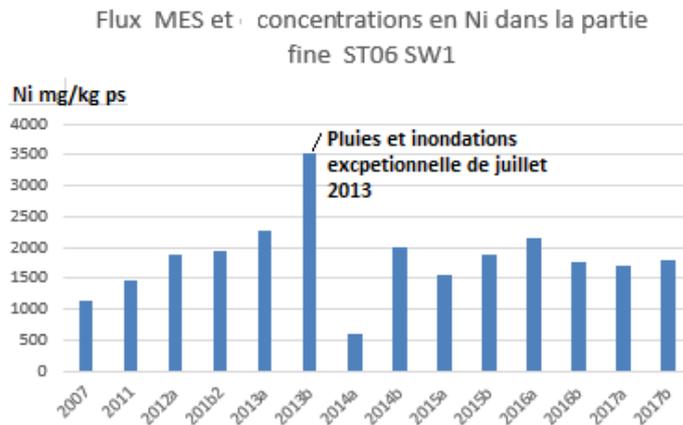
• St 06 - KW1 En baie Kwé

- **Les masses moyennes collectées sur St06 (Baie Kwe) :** Les masses de MES collectées en St06-KW1 se distribuent entre 0,56 g (24-27 septembre ; prélèvement 003) et 17,3 g (18-21 octobre, prélèvement 009) avec une moyenne de $4,08 \pm 4,61$. Sur une bonne partie des pas de collecte, les quantités demeurent faibles.
Les diverses observations effectuées lors de précédentes missions montrent que la variabilité des masses collectées à cette station est dépendante, non seulement de l'intensité des précipitations mais aussi de l'orientation et de la force des vents qui conditionnent la dispersion et/ou le confinement des panaches turbides. En baie Kwé, les vents de secteur Sud forts à modérés mettent en suspension de MES d'origine marine.
Les pourcentages de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) qui composent les MES varient peu sur cette station St06. Ils se répartissent entre 80 et 86 % avec une moyenne de $83 \pm 2 \%$. Par conséquent, les MES piégées en St06 sont très majoritairement composées par la fraction fine.
- **Les teneurs en carbonates** dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) en St06 KW1 montrent que dans le chenal au centre de la baie Kwé l'influence marine est prépondérante. La fraction fine est majoritairement composée de minéraux d'origine marine, notamment la calcite et l'aragonite. (l'aragonite est un des constituants des coquilles d'invertébrés; sa présence dénote l'influence marine à cette station et elle représente en moyenne 35,1 % de MES fines qui transitent en flux sur St06. La goethite de signature terrestre a également été décelée dans tous les prélèvements (Moyenne de 18,5%), ce qui est logique dans une baie qui reçoit un cours d'eau permanent. Les vents de secteur Sud entrent dans le chenal de la baie Kwé et la houle plus le ressac mettent en suspension de MES d'origine marine + platiers voisins.
- **La fraction fine de MES récoltées est analysée**, le tableau suivant compile les données depuis 2007. Les concentrations en Co, Cr Fe, Mn et Ni obtenues lors de la campagne S2/2017 sont supérieures aux moyennes enregistrées en 2007 pour l'état de référence. Quant à la concentration moyenne en Ca, elle reste comparable à celle mesurée en 2007.
En revanche, les concentrations métalliques sont largement inférieures à celles obtenues en juillet-août 2013; après de fortes pluies. La campagne 2013 est, à ce jour, celle qui présente les concentrations métalliques les plus élevées à St06, tandis que celle de janvier-mars 2014 regroupe les plus basses.

Figure 57 : 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					
	Eléments (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 ± 75	$1\,460 \pm 132$
Janv. - Mars 2012	$239\,104 \pm 5\,873$	101 ± 10	$3\,414 \pm 302$	$10\,3323 \pm 6\,769$	822 ± 77	$1\,885 \pm 144$
Sept. - Oct. 2012	$264\,386 \pm 8\,238$	106 ± 15	$3\,874 \pm 547$	$111\,616 \pm 11\,753$	840 ± 95	$1\,829 \pm 201$
Janv. - Mars 2013	$236\,752 \pm 14\,017$	127 ± 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 ± 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 ± 18	$1\,259 \pm 257$	$31\,190 \pm 8\,848$	471 ± 210	588 ± 195
Sept. - Oct. 2014	$242\,858 \pm 15\,301$	115 ± 19	$3\,829 \pm 581$	$132\,976 \pm 17\,334$	885 ± 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 ± 94	$1\,563 \pm 233$
Oct. - Nov. 2015	$165\,560 \pm 11\,919$	108 ± 34	$4\,126 \pm 1\,307$	$101\,619 \pm 24\,237$	940 ± 267	$1\,882 \pm 421$
Juil. - Sept. 2016	$219\,412 \pm 25\,986$	109 ± 23	$3\,083 \pm 692$	$136\,205 \pm 22\,923$	974 ± 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 ± 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 ± 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 ± 101	$1\,791 \pm 224$

Figure 58 : Evolution des concentrations en Ni obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06 Baie Kwé.



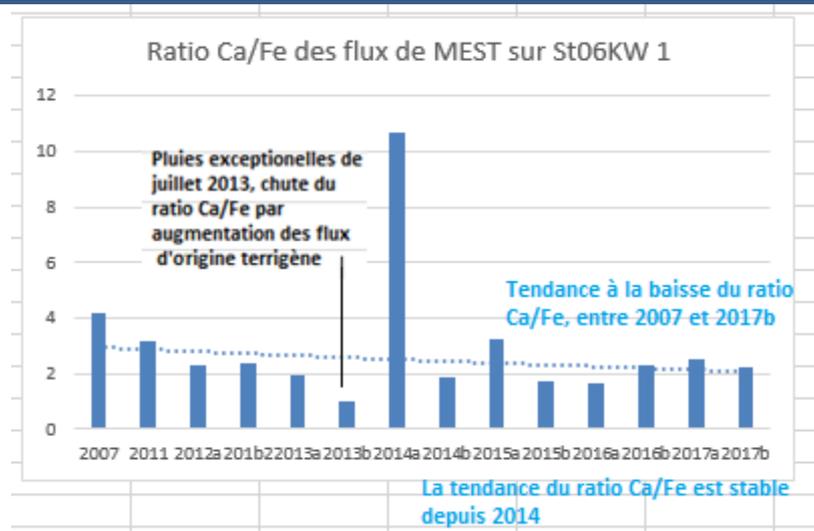
- **Le ratio Ca/Fe est intéressant** : s'il augmente l'influence marine augmente et l'influence terrestre diminue.

Figure 59 : 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)	Sept. - Oct. 2014	1,86 \pm 0,27
Juil. - Août 2011	3,17 \pm 0,50	Janv. - Mars 2015	3,24 \pm 0,53
Janv. - Mars 2012	2,32 \pm 0,18	Oct. - Nov. 2015	1,72 \pm 0,44
Sept. - Oct. 2012	2,40 \pm 0,31	Juil. - Sept. 2016	1,68 \pm 0,48
Janv. - Mars 2013	1,95 \pm 0,33	Oct. - Nov. 2016	2,32 \pm 0,53
Juil. - Août 2013	0,98 \pm 0,46	Avr. - Mai 2017	2,52 \pm 0,53
Janv. - Mars 2014	10,7 \pm 3,13	Sept. - Nov. 2017	2,21 \pm 0,31

- : pas de campagne.

Ce ratio suivi depuis 2007 sur St 06 de la baie Kwé, montre une légère tendance à la baisse surtout en raison de sa forte valeur en 2007. En 2013 il chute à cause de l'épisode exceptionnel pluvieux de juillet 2013 (inondations en Calédonie) suivi d'un début 2014 sec, et à partir de fin 2014 il est stable. (Cf. Figure suivante)



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

La densité de flux moyen mesurée lors de la campagne S2/2017 sur St06 KW1 est de **20,4 ± 23,0 g/m²/j**, valeur qui reste dans le même ordre de grandeur que celle enregistrée en 2007 pour l'état de référence. Entre les différentes campagnes, les densités moyennes de flux peuvent varier fortement sans montrer une tendance évolutive. 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 60 : 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	Sept - Oct. 2014	11,8 ± 8,41	569
Mars - Avr. 2007	46,1 ± 44,7	1 106	Janv. - Mars 2015	66,3 ± 36,1	3 181
Juil. - Août 2011	27,1 ± 30,0	1 299	Oct. - Nov. 2015	38,8 ± 30,5	1 864
Janv. - Mars 2012	39,5 ± 33,2	1 894	Juil. - Sept. 2016	28,7 ± 22,9	1 379
Sept. - Oct. 2012	26,4 ± 13,1	1 267	Oct. - Nov. 2016	18,5 ± 13,9	886
Janv. - Févr. 2013	46,5 ± 28,5	2 231	Avr. - Mai 2017	45,3 ± 40,3	2173
Juil. - Août 2013	58,1 ± 87,8	2 786	Sept. - Nov. 2017	20,4 ± 23,0	979
Janv. - Mars 2014	60,7 ± 34,1	2 914	-	-	-

Flux de MES totale sur St 06 KW1
Calculés en g/m²/jour

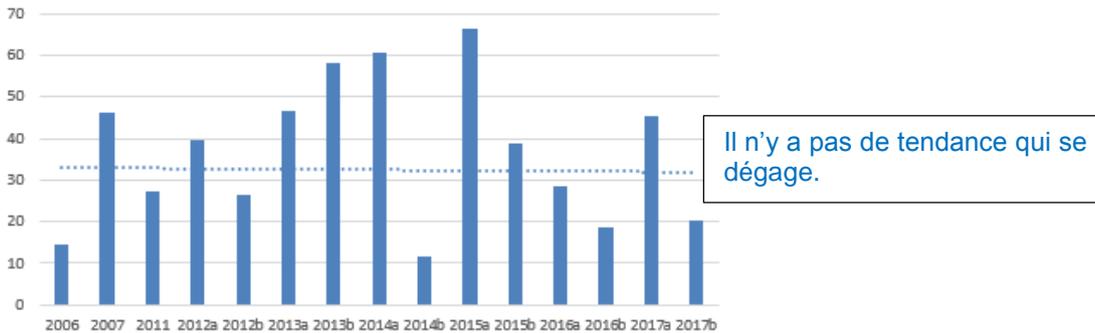
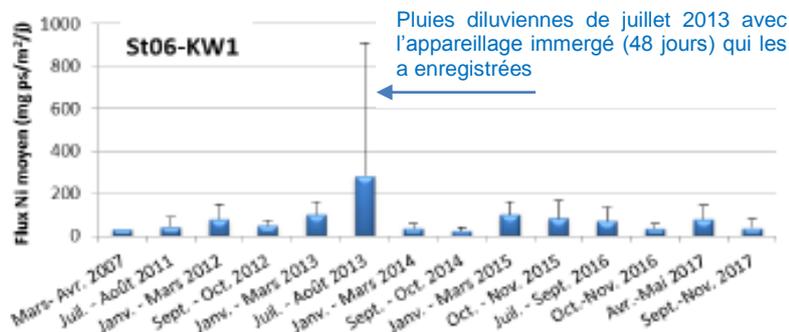


Figure 61 : Compilation des moyenne ± écart-type des flux en nickel dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St 06 -KW1.



Globalement, les flux de MEST captés sur St06 -Baie Kwé ne montrent pas une évolution significative depuis 2006, la légère diminution du ratio Ca/Fe indique que l'influence terrigène augmente cependant les MES d'origine marine restent prédominantes sur cette station et ce ratio se stabilise ses dernières années.



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

- **Les masses moyennes collectées sur St 60 NE** : se distribuent entre 0,37 g et 4,69 g avec une moyenne de $1,46 \pm 1,27$ g ce qui est très faible. Les MES piégées sont composées majoritairement de fraction fine ($\varnothing < 41\mu\text{m}$) de 59 ± 4 %. (A ne pas confondre avec la nature du sol composé de sédiments lourds et grossiers – arénites- dans le fond du canal).
- **Les teneurs en carbonates** sont de l'ordre de 95% (dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) en St 60 NE), les MEST sont quasi-exclusivement composés de minéraux d'origine marine, notamment l'aragonite et la calcite. Cela confirme bien le zonage des hydro-régions, le centre du canal de la Havannah est très peu influencé par les apports terrigènes même au droit des baies de Port boisé et de la baie Kwé.
- **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. Les concentrations moyennes en Co, Cr, Fe, Mn et Ni obtenues lors de cette campagne 2017 sont environ 2 à 3 fois supérieures à celles enregistrées en 2007 pour le Cr et Fe, et dans un moindre mesure pour le Ni, les niveaux demeurent tout de même largement inférieurs à ceux mesurés en juillet-août 2013.

Figure 62 : 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					
	Éléments (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 6,56	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 4,97	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 2,55	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

ND : valeur non déterminée.

- **Le ratio Ca/Fe est intéressant** : s'il augmente l'influence marine s'accroît et l'influence terrestre diminue. Ce ratio reste très élevé dans le canal de la Havannah, notamment par rapport à celui des baies. Il quantifie l'influence terrigène croissante du canal à la baie Kwé avec un maximum en baie du Prony.

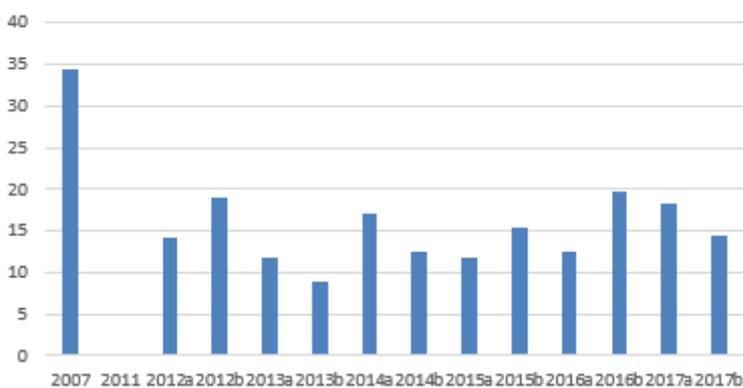
	Baie du Prony (St15)	Baie Kwé (St06 KW1)	Canal de la Havannah proche diffuseur (St 60 NE)
Ratio Ca/Fe moyen dans les flux de MES	0,36	2,95	24,5

Figure 63 : 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 collectées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à particules à St60-NE.

St60-NE			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Févr. - Mars 2007	34,4 (n=1)	Sept. - Oct. 2014	12,5 \pm 1,8
Juil. - Août 2011	ND	Janv. - Mars 2015	11,7 \pm 2,2
Janv. - Mar 2012	14,3 \pm 2,4	Juil. - Sept. 2015	15,4 \pm 1,5
Sept. - Oct. 2012	19,0 \pm 2,7	Mai - Juil. 2016	12,5 \pm 2,4
Janv. - Mars 2013	11,8 \pm 1,0	Oct. - Nov. 2016	19,8 \pm 1,2
Juil. - Août 2013	9,0 \pm 2,3	Avr. - Mai 2017	18,4 \pm 2,4
Avr. - Juin 2014	17,2 \pm 1,8	Sept. - Nov. 2017	14,4 \pm 1,1

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

Ratio Ca/fe sur St 60 NE (Canal de la Havannah)



Par rapport à 2007 le ratio est dans une tendance à la baisse. Si on excepte 2007, depuis 2012 le ratio est stable.

- **Concentrations en soufre**

Les concentrations en S dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES collectées en St60-NE se distribuent entre 2527 mg/kg ps et 3240 mg/kg ps avec une moyenne de 2816 ± 238 mg/kg ps. Elles évoluent peu.

- **Les flux calculés**

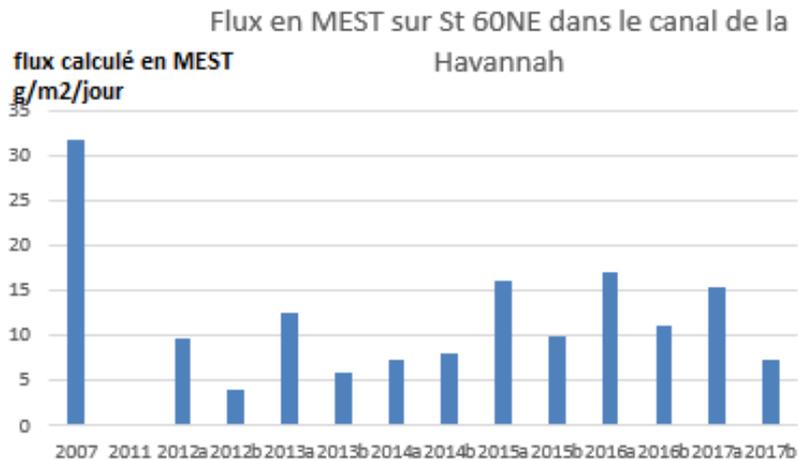
La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de $7,28 \pm 6,36$ g/m²/j. Les comparaisons montrent également que les moyennes obtenues depuis 2012 demeurent inférieures à celle enregistrée en 2007.



Figure 64 : Compilation des moyenne \pm écart-type des flux en matière particulaire et des cumuls de masses de MES totales piégés lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE. (Champ proche du diffuseur).

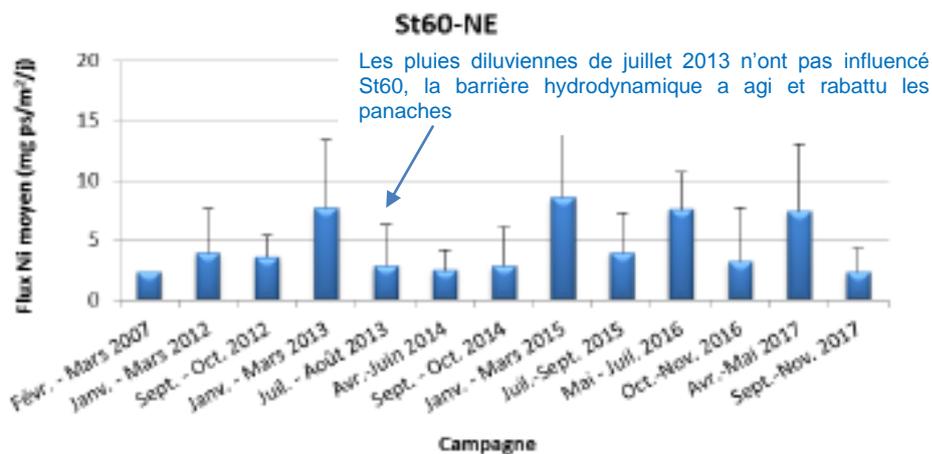
St60-NE					
Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)	Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégés (g/m ²)
Févr. - Mars 2007	31,6 \pm 40,1	949	Sept. - Oct. 2014	8,13 \pm 9,08	390
Juil. - Août 2011	ND	ND	Janv. - Mars 2015	16,0 \pm 15,6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

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



Il n'y a pas d'augmentation ni d'évolution significative du flux de MEST dans la zone proche du diffuseur (à 60 mètres de celui-ci) sur St 60 NE

Figure 65 : Compilation des moyenne ± écart-type des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE. (Champ proche du diffuseur)



➤ **Synthèse des résultats sur le suivi des flux**

Sur St06-KW, l'évolution des concentrations en métaux indicateurs des composantes latéritiques ainsi que des ratios Ca/Fe, pour cette année 2017 par rapport à 2007, mettent en évidence un enrichissement en matière d'origine latéritique, cependant la tendance est faible à l'égard des fluctuations enregistrées au fil des relevés semestriels et du calcul des flux. La campagne 2013 est celle qui a montré les plus grands flux en corrélation avec une pluviométrie exceptionnelle.

Les flux globaux en MEST, quant à eux, restent stables

Pour St15 proche du Creek Baie Nord, les concentrations en métaux latéritiques et le ratio de Ca/Fe restent invariables.

En ce qui concerne les concentrations en calcium et en soufre (Ca et S), aucune trace d'enrichissement anormal n'est discernée sur St60-NE proche du diffuseur et dans son panache de rejet, l'influence de l'effluent sur la formation de gypse n'est pas décelée.

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

Figure 68 : Inspection des quais- Octobre 2017.



Photographie des fonds le 05/10/2017

Il est constaté :

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

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

➤ **Qualité physico-chimique de l'eau (St16)**

Sont suivis à 3 profondeurs et à minima 4 fois/an :

Station	PHYSICO-CHIMIE				ELEMENTS MAJEURS				SELS NUTRITIFS				MATIERE ORGANIQUE						ELEMENTS METALLIQUES																			
	T	S	F	turb	MES	pH	Ca	K	Mg	Na	CO3	Cl	SO4	NO3	NH4	PO4	SiO4	NOD	POD	COP	NOP	POP	Chl	HCT	Phéo	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Cr(VI)		
St16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

+hydrocarbures

Durant l'année 2017 il n'y a pas eu de pollution et les prélèvements d'eau de surface n'ont pas permis de quantifier des hydrocarbures. La qualité de l'eau est très bonne et sans tendance évolutive. En voici les détails :

- **Le cuivre (Cu) et les métaux qui sont suivis en zones urbaines et portuaires (Pb et Zn)**

Les métaux dissous sont évalués au niveau du port par échantillonnage d'eau à 3 profondeurs et analyses à des concentrations infinitésimales. Les résultats sont équivalents ou inférieures à ceux relevés sur d'autres zones du lagon et zones témoins. Le cuivre est donné en exemple (ci-dessous) avec comparaisons spatiales et temporelles. ★

Figure 69 : Concentration en Cuivre ($\mu\text{g/L}$) en avril et en aout 2017 sur 3 profondeurs et par stations

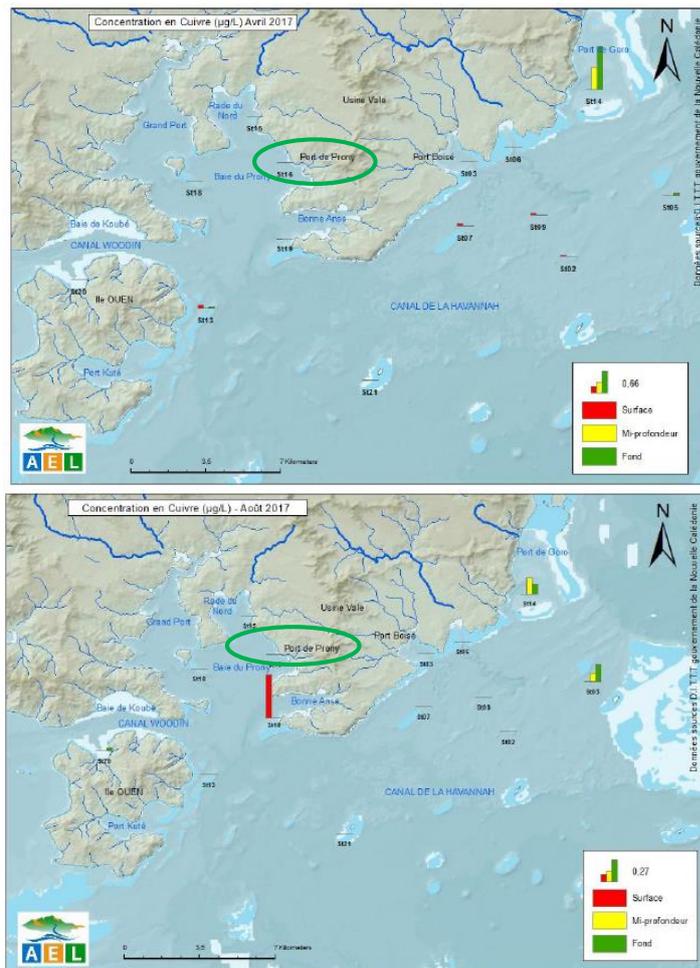
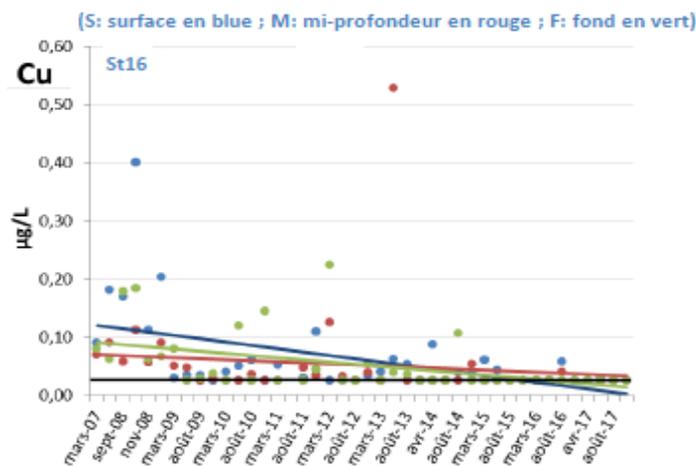


Figure 70 : Concentrations en cuivre sur St 16 entre 2007 et 2017



Pour le plomb et le zinc leur concentrations sont inférieures à la limite de quantification ($< \text{LQ } 1 \mu\text{g/L}$) sur St16 (comme sur l'ensemble des autres stations de la zone d'évaluation). Depuis 2007 il n'y a aucune indication d'alerte à l'égard de ces métaux dissous dans l'eau au niveau du port de Prony.

• **Les métaux indicateurs terrigènes sur St16 : le cortège : Co, Mn, Cr, Cr (VI), + Fe**

Les droites de régression ne montrent aucune tendance avérée pour l'ensemble des éléments étudiés au fil des années. Les coefficients de pentes obtenus pour les différentes droites sont tous trop faibles pour dégager des tendances statistiques.

Les eaux de surface soumises aux apports d'eau douce d'un creek temporaire proche du port (*et autres creeks de la baie de Prony, Cf. cartographie*) présentent toujours des concentrations en métaux indicateurs terrigènes supérieures à celles des eaux plus profondes, comme dans toutes les baies et zones côtières du lagon calédonien.

La majorité des concentrations de Ni, Mn, Cr et Cr (VI), mesurées depuis 2007 à la station St16, classe le milieu comme «non perturbé» (Bélieff et al, 2011). Les eaux dessalées de surface à l'aplomb du creek (creek à l'Est du port, non sous influence VNC) peuvent très ponctuellement être plus riches en indicateurs terrigènes après un épisode pluvieux. Les comparaisons temporelles ne montrent aucune augmentation des métaux au fil des ans (2007 à 2017) dans la colonne d'eau de la station St16 Port de Prony. (Cf. Figures suivantes)

Figure 71 : Concentrations en métaux dissous (Co ; CrVI ; Crtotal ; Mn et Ni) mesurées aux trois niveaux de profondeurs échantillonnés St16 lors des 4 campagnes de 2017.

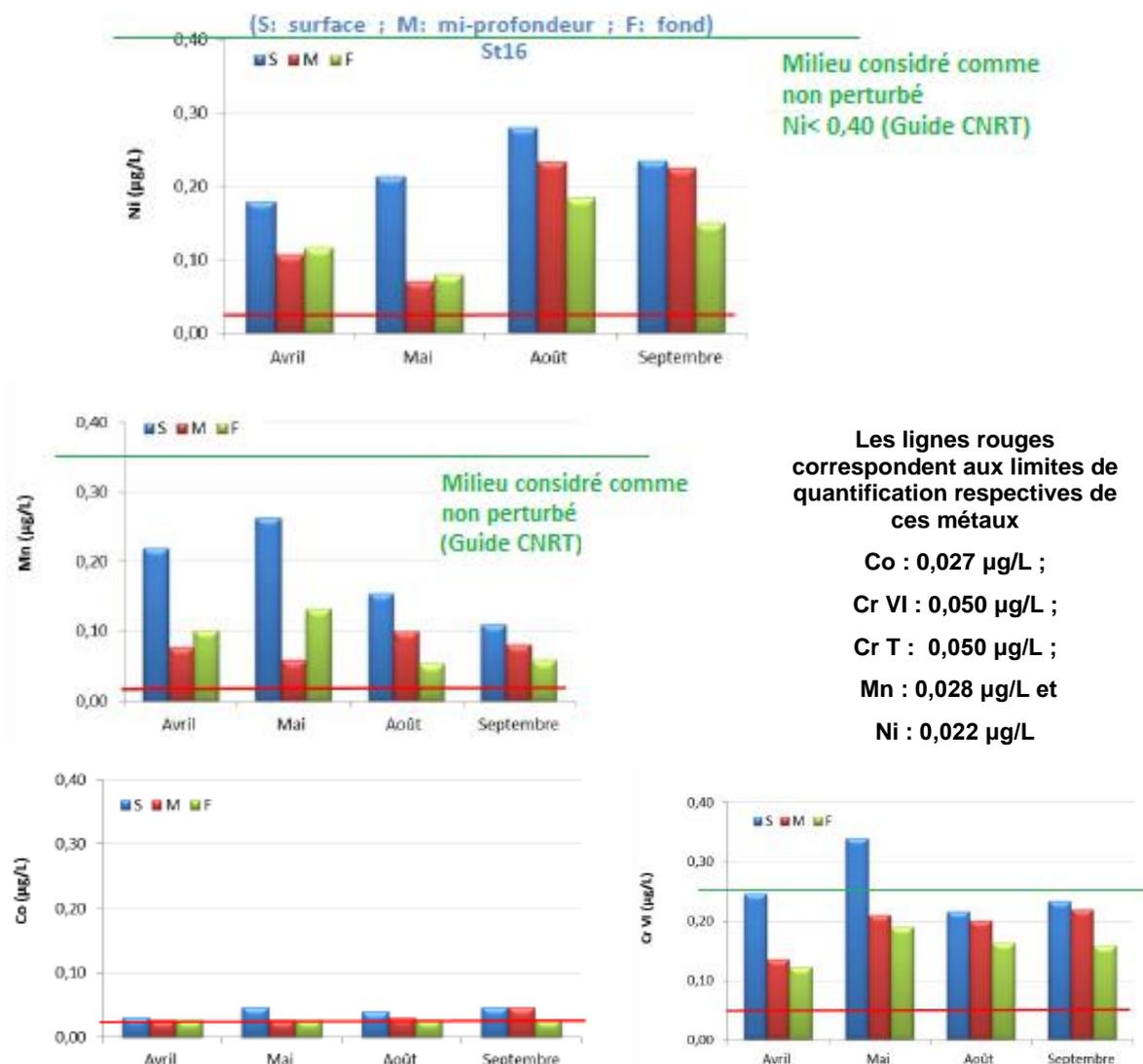
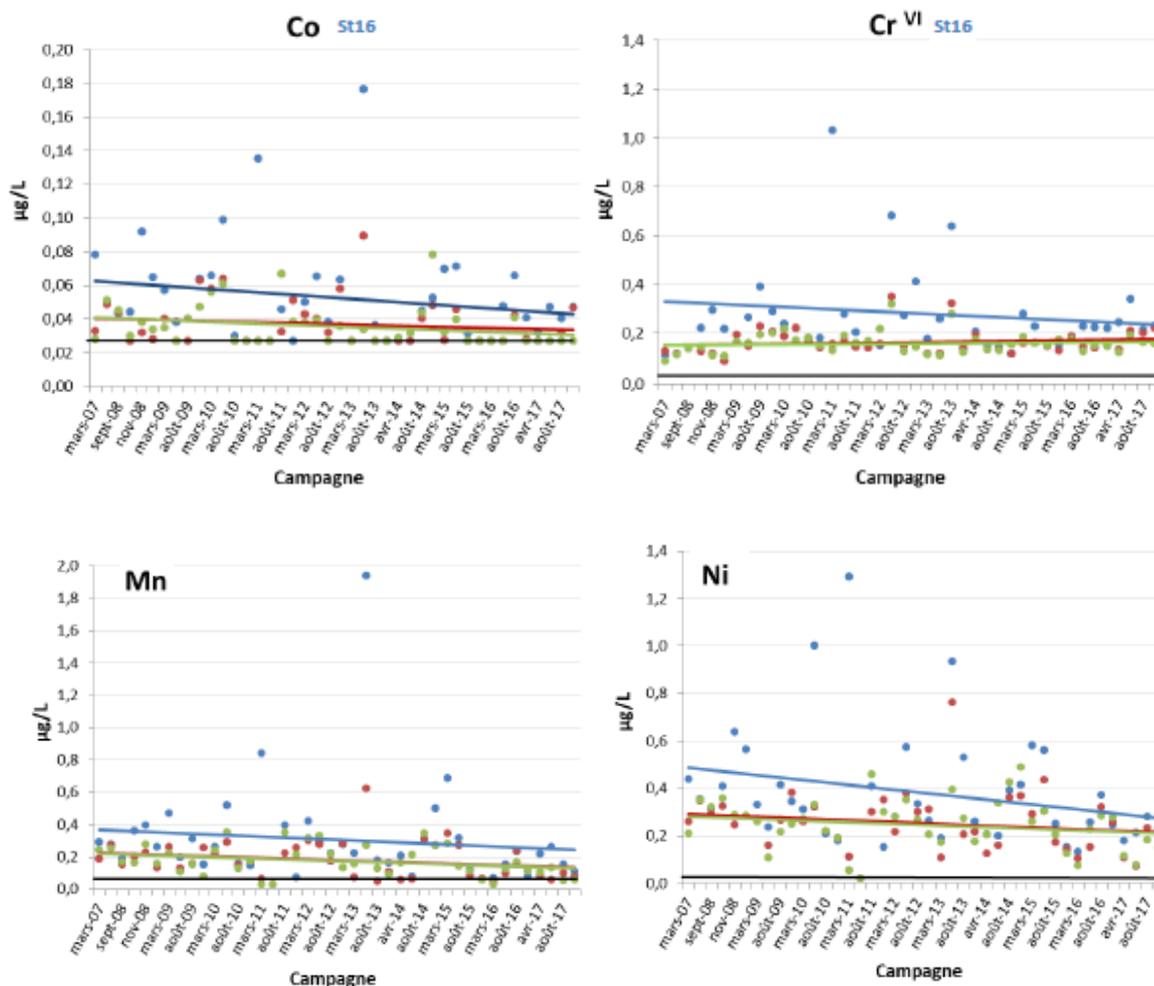


Figure 72 : Concentrations de Co, CrVI, Cu, Mn, Ni dissous mesurées à la station St16 (S: surface en bleu ; M: mi-profondeur en rouge ; F: fond en vert) lors des campagnes de prélèvement de 2007 à 2017, accompagnées de leurs courbes de tendances respectives.



Les concentrations obtenues lors de cette campagne sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées lors des campagnes précédentes, elles restent comprises dans le bruit de fond géochimique de ces métaux. Les droites de régression ne montrent aucune tendance avérée pour l'ensemble des éléments étudiés au fil des années



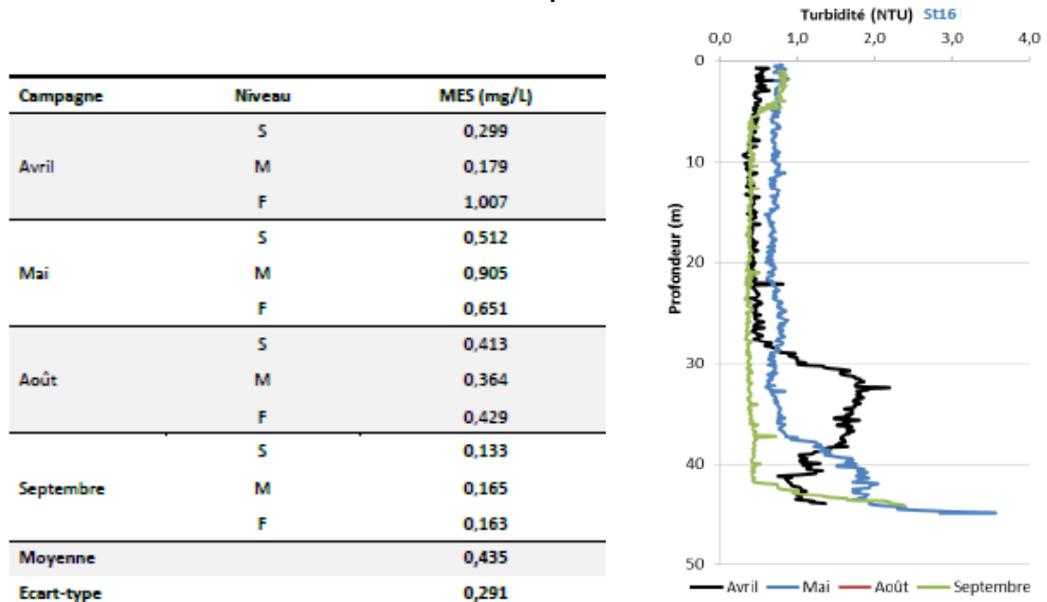
- **pH** : Très stable (8,2) comme sur toute la zone évaluée.

Figure 73 : Concentration en ions (Mg^{2+}) et sulfates (SO_4^{2-}) et valeurs du pH mesurées aux trois profondeurs échantillonnées (S: surface ; M: mi-profondeur ; F: fond) à St16 lors des 4 campagnes 2017.

Campagne	St16	Niveau	Mg^{2+} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	pH
Avril 2017		S	1407	2905	8,2
		M	1428	2775	8,2
		F	1434	2850	8,2
Mai 2017		S	1446	2955	8,2
		M	1422	2900	8,2
		F	1429	3020	8,2
Août 2017		S	1617	2755	8,2
		M	1493	2575	8,2
		F	1602	2720	8,2
Septembre 2017		S	1689	3065	8,2
		M	1716	2990	8,2
		F	1651	2955	8,2
Moyenne			1528	2872	8,2
Ecart-type			117	143	0,0

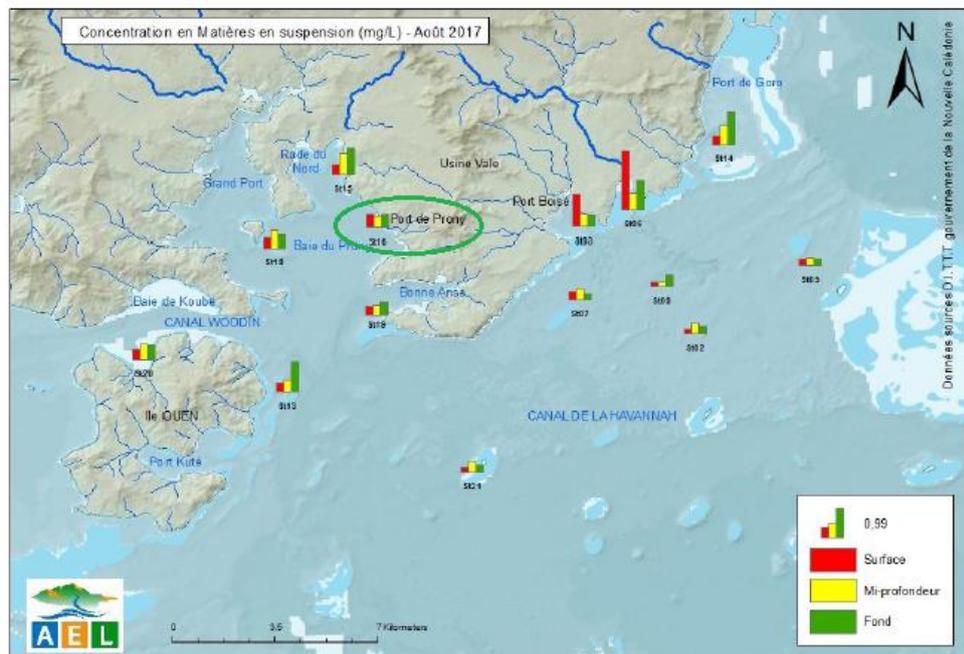
- Turbidité, MES

Figure 74 : Concentration de MES mesurées aux trois niveaux de profondeur échantillonnés (S: surface ; M: mi- profondeur ; F: fond) à St16 lors des 4 campagnes de 2017. Et relevés de la turbidité par sonde CTD



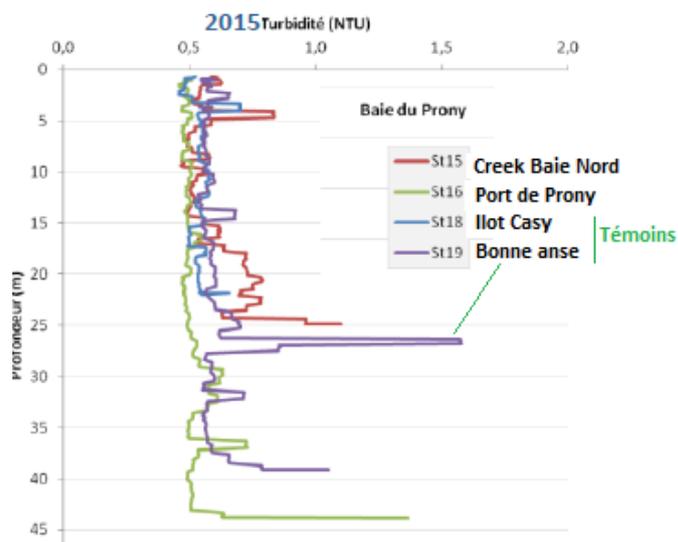
Les concentrations en MES relevées aux 3 profondeurs sont faibles. (Moyenne 2017 : **0,435 mg/L**). Le port ne présente aucune élévation des MEST lors de ces échantillonnages

Figure 75 : Concentrations de matières en suspension (MES) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2017



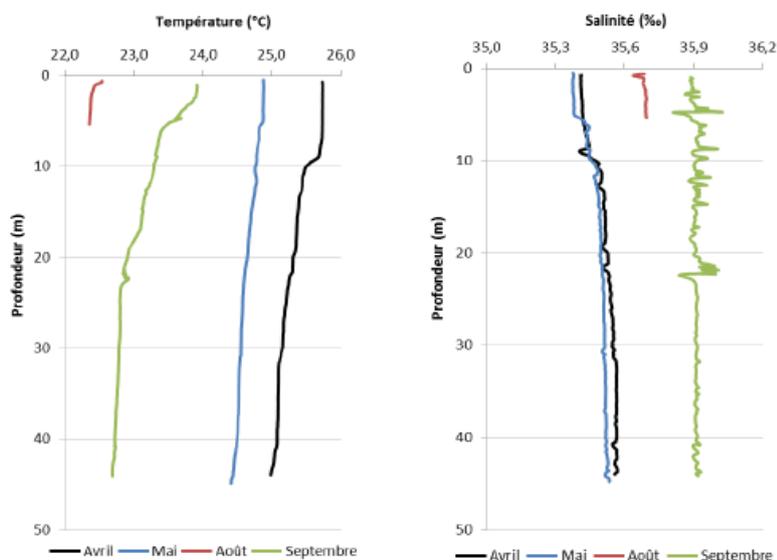
En profondeur, en baie du Prony, la présence d'une néphéloïde benthique est courante à marée haute. Il ne s'agit pas de matière remise en suspension par un navire. Les autres stations de la baie (dont les stations témoins St 18 Casey et St 19 Bonne Anse) montrent ce phénomène en fonction de la marée au moment du relevé de la sonde.

Figure 76 : Relevés de la turbidité par sonde CTD. Baie du Prony.



Les profils de température et salinité sur St 16 sont sans anomalie. Pas de couche d'eau de surface dessalée lors de ces relevés car la pluviométrie a été relativement faible durant ces campagnes et la marée était haute ou montante.

Figure 77 : Station St16 . Profils de température et de salinité lors des 4 campagnes de 2017



- **Les hydrocarbures** : Pas d'indicateur ni d'alerte visuelle ni de détection dans les prélèvements des eaux de surface. (Analyse des hydrocarbures (C10-C40) est effectuée par le laboratoire d'analyse de la Drôme en France. LQ : 0,09mg/L. Cf. annexe 1 sur les méthodologies).
- **Les sels nutritifs et indicateurs d'eutrophisation sur St16**



Il n'y a pas de rejet de station d'épuration ou de nature urbaine au niveau du port de Prony. Nitrates, nitrites et ammonium sont dans de très faibles concentrations sur St16. A leur égard le guide CNRT/ ZoNeco classe ces eaux comme de très bonne qualité sans perturbation.



➤ **Sédiments (St16)**

- **Taux de sédimentation**

- Aplomb du quai vracier:

Chutes de morceaux de vrac réduites à des irrégularités éparses < 9cm /an.



- Station de suivi réglementaire St16-Arrêtés ICPE:
Taux de sédimentation estimés d'après des carottages (1010, 1013 et 2017) : **0,22 g/cm²/an.**

Pour rappel le guide du CNRT/ZoNeCo (-2011- en révision en 2018 pour ajustements) pour la surveillance du lagon calédonien donne à titre indicatif un milieu côtier **non perturbé avec un taux < 0,40** et un milieu faiblement perturbé si le taux est compris entre 0,40 et 1,80. **L'alerte de perturbation est indiquée à > 1,80 g/cm²/an.**

• **Qualité des sédiments sur St 16-Port de Prony**

Les teneurs en carbonates des fractions pélitiques des 4 horizons de la carotte sédimentaire St 16 se distribuent entre 50,4 et 52,4 % avec une moyenne de 51,3 ± 0,9 %. Elles sont stables.

La granulométrie est stable elle aussi : les observations restent similaires à celles effectuées lors de précédentes campagnes; le mode principal demeure la classe des silts fins.

Figure 78 : Compilation des pourcentages de fraction fine (Ø < 41 µm) et des teneurs en carbonates obtenus (moyennes et écart-types) dans les fractions fines des 4 premiers horizons de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16.

St16			St16 Distribution granulométrique (%)					
Campagne	% Ø < 41 µm	Carbonate (%)	Campagne	0,02 à 2,00 µm	2,0 à 20 µm	20 à 40 µm	40 à 63 µm	>63 µm
2010	ND	ND	2010	ND	ND	ND	ND	ND
2011	98,5 ± 0,3	54,5 ± 0,3	2011	12,4 ± 3,0	64,2 ± 4,0	18,4 ± 4,9	4,5 ± 1,8	0,6 ± 0,3
2012	90,3 ± 4,6	51,8 ± 5,3	2012	28,7 ± 4,8	48,2 ± 4,9	13,4 ± 3,3	4,9 ± 1,7	4,8 ± 2,6
2013	96,8 ± 0,8	53,8 ± 2,6	2013	30,8 ± 2,9	54,3 ± 2,8	12,8 ± 1,4	2,1 ± 0,6	0,0 ± 0,0
2014	94,3 ± 3,8	52,9 ± 0,8	2014	25,1 ± 9,9	49,4 ± 9,9	11,7 ± 2,2	5,3 ± 5,4	8,5 ± 12,2
2015	98,4 ± 0,7	53,6 ± 4,5	2015	27,8 ± 2,0	57,8 ± 2,4	11,6 ± 2,1	2,4 ± 1,4	0,5 ± 0,8
2016	96,7 ± 0,6	56,2 ± 0,4	2016	21,6 ± 3,4	60,1 ± 2,9	14,1 ± 2,5	3,7 ± 1,3	0,6 ± 0,4
2017	94,8 ± 0,9	51,3 ± 0,9	2017	13,5 ± 2,0	66,0 ± 1,1	13,9 ± 1,7	3,5 ± 0,4	3,1 ± 1,0

ND : non déterminé

4 horizons de la carotte St16



La minéralogie :

Carotte St 16 prélevée le 15 septembre 2017

	St16						
	Horizon	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Gibbsite		% Lizardite
57% origine marine	0-1 cm	28	29	4	24	16	43% origine terrestre
	1-2 cm	33	38	13	6	9	
	2-3 cm	46	34	6	3	12	33% origine terrestre
67% origine marine	3-4 cm	37	30	10	5	18	

Le prélèvement est majoritairement composé de minéraux d'origine marine (à savoir la Calcite et l'Aragonite) et dans une moindre mesure de Goethite (issue des apports terrigènes d'origine latéritique). Toutefois, les sédiments les plus récents (couche 0-1 cm) se distinguent par un dépôt légèrement plus terrigène (**Horizon 4cm : 67% origine marine et horizon récent : 57 % origine marine**).

Cette tendance est à suivre, **il faut aussi prendre en compte l'hétérogénéité du plancher sédimentaire.** La carotte prélevée le 04 mai, sur St 16, quant à elle, ne montre pas ce recul de l'influence marine dans l'horizon récent (origine marine : 75%) mais elle donne moins de précision sur l'horizon récent et d'avantage sur l'horizon ancien.

Carotte St 16 prélevée le 04 mai 2017

		St16				
Phase minérale (%)		Aragonite	Calcite	Goethite	Antigorite	
75,5% origine marine	0-1 cm	33,6	42,0	11,3	13,2	24,5% origine terrestre
	3-4 cm	33,4	44,0	9,6	13,0	
	10-11 cm	36,5	39,4	13,0	11,1	
75,4 % origine marine	18-19 cm	34,5	40,9	13,3	11,3	



STABLE

Le fond de la baie du Prony est hétérogène et sur une même station à plus de 30 m de profondeur, deux carottages sont situés quelques mètres près et montrent des variations normales, il faut en tenir compte.

La composition géochimique des sédiments sur St16

Ce chapitre (annuel) complète au niveau de S16 (Port), l'étude trisannuelle du taux de sédimentation (chap.3.2.7).

Le calcul du ratio Ca/Fe montre des valeurs plus faibles pour la carotte St 16-2017 en comparaison à celle, exceptionnelle, de 2010. Cela suggère un accroissement des apports terrigènes par rapport à l'état de référence 2010.

MAIS : ces apports sont plus forts en 2013, 2014 et 2015, que cette année 2017, Les campagnes 2013 et 2015 montrent des concentrations de Ca relevées plus faibles.

Aucune tendance nette se dessine donc, en raison des fluctuations possibles et d'une certaine hétérogénéité du planché sédimentaire même sur une même station. Le suivi annuel au niveau de la station St 16 permet de surveiller les évolutions.

Figure 79 : Evolution des ratios Ca/Fe mesurés dans les fractions pélitiques sur la longueur de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16 (Port de Prony).

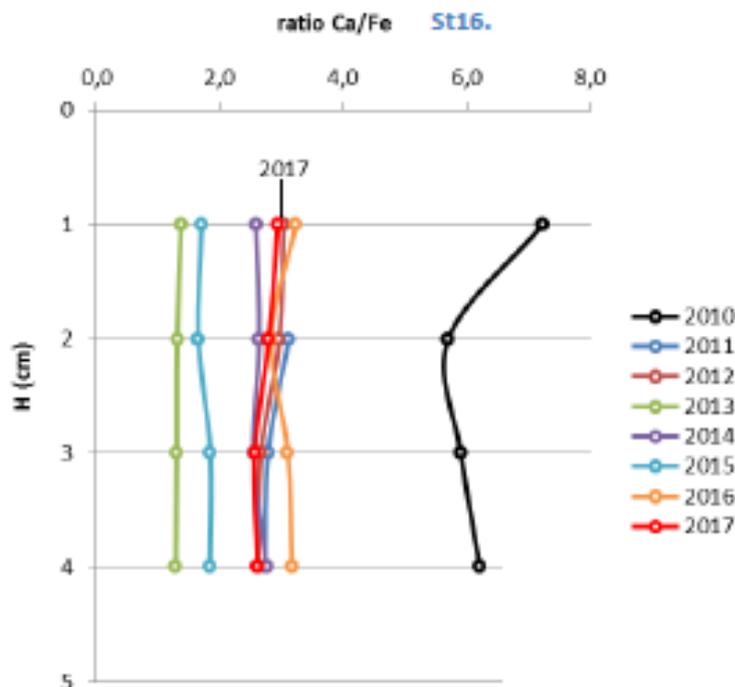
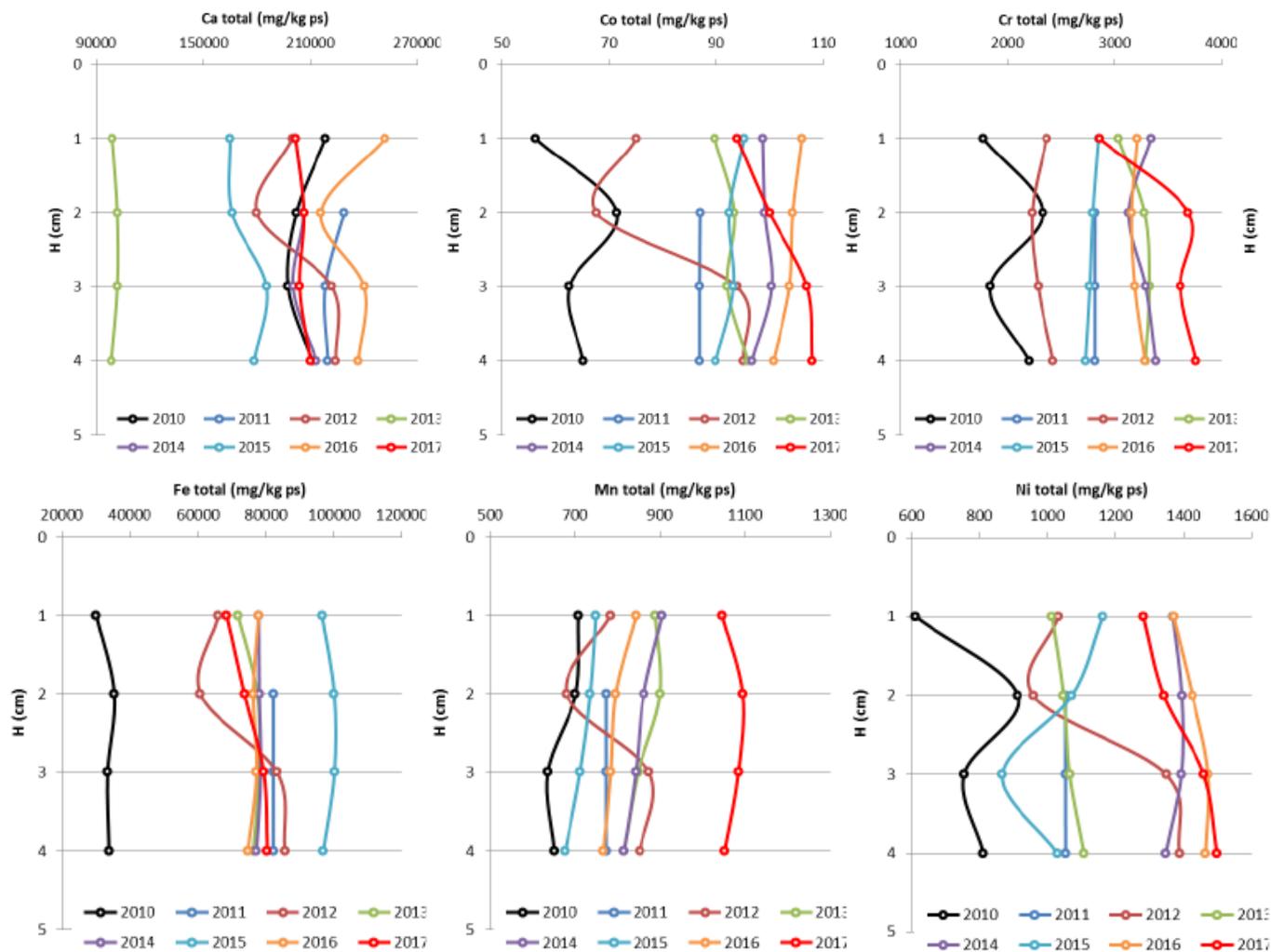


Figure 80 : Evolution des concentrations en métaux et calcium totales mesurées dans les fractions pélitiques sur la longueur de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16 (Port du Prony).



Les données brutes sont en annexe

Les comparaisons montrent que les concentrations totales en métaux latéritiques Co, Cr, Fe, Ni et notamment Mn en 2017 sont supérieures à celles enregistrées en 2010 pour l'état de référence quel que soit l'horizon (profond ou de surface) de la carotte, bien que cela ne soit pas systématique, cette augmentation est constatée depuis 2013. En revanche, les concentrations de Ca demeurent plus stables.

Pour aller plus loin : l'analyse est effectuée entre 4 différentes phases géochimiques qui composent le sédiment.

- **Phases 1 et 2 : Disponibles pour les êtres vivants.** Les phases géochimiques (oxydable et acido-soluble) et les métaux associés fournissent surtout une évaluation de la fraction la plus facilement disponible pour les organismes vivants.
- **Phases 3 et 4 :** Les deux dernières phases (réductible et résiduelle) représentent des fractions dans lesquelles les métaux sont de moins en moins disponibles et peuvent être assimilés à des signatures géochimiques d'apports terrigènes.

Le Ca est très fortement présent (89 %) dans la phase acido-soluble.

La fraction de métal la plus labile ou disponible (oxydable + acido-soluble) ne représente, par rapport aux concentrations totales, que environ 4 % du Co total, 1 % du Cr total et 1 % du Ni total ; pour Fe le pourcentage est inférieur au pourcent.

A l'inverse, les proportions augmentent significativement pour Mn (environ 44 % du total), cet élément serait ainsi plus disponible pour les organismes vivants.

Entre les différentes campagnes à St16, les concentrations moyennes de Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni montrent des évolutions notables. Parmi les 4 phases, par rapport aux concentrations enregistrées en 2010, celles obtenues en 2017 sur la longueur de la carotte sont :

- Phase oxydable : comparables sauf pour le Ca et Fe qui présentent des concentrations légèrement plus faibles.
- Phase acido-soluble : plus faibles sauf pour le Ca qui présente des concentrations comparables et le Mn des concentrations plus élevées.
- Phase réductible : C'est la phase en forte hausse sans exception.
- Phase résiduelle : également en forte hausse, notamment celles de Mn.

Ainsi, de 2010 à 2017, les évolutions de concentrations dans les phases réductibles et résiduelles sont avérées). Ces indices suggèrent l'accroissement des apports terrigènes à St16.

Cette progression a eu pour conséquence d'augmenter les concentrations totales en métaux latéritique et de baisser les ratios Ca/Fe en 2017.

Cependant, en dépit de ces variations, la fraction dite disponible aux organismes vivants (phase oxydable + acido-soluble) de Co, Cr, Fe, et Ni reste sans impact ; les concentrations enregistrées sont soit semblables (Co et Ni), soit diminuent (Cr et Fe) par rapport à la campagne de 2010.

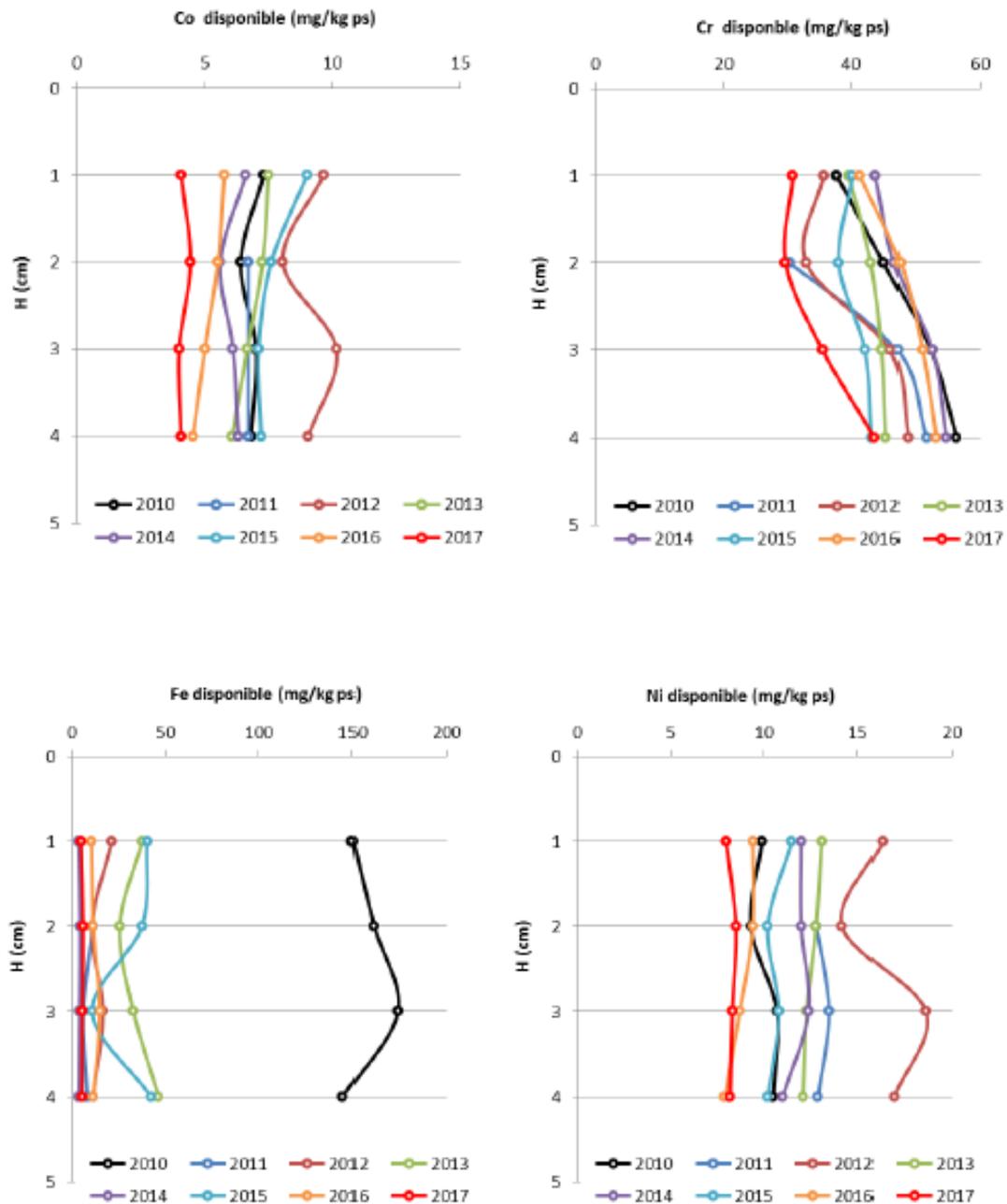
Le Mn quant à lui présente un cas particulièrement intéressant. Comme pour le Co, Cr, Fe et Ni, les concentrations des fractions réductibles et résiduelles du Mn et dont du Mn total est en augmentation et cela depuis 2013. Toutefois, le Mn est le seul métal parmi le cortège latéritique dont les concentrations acido-solubles et disponibles augmentent aussi.

Cf. la figure suivante : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe et Ni disponibles mesurées dans les fractions péloïtiques sur la longueur de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16.

L'échantillonnage de la carotte étant sujet aux variabilités spatiales, cette tendance observée pour la première fois devra être confirmée par les prélèvements à venir. De plus une comparaison avec d'autres zones de la baie du Prony serait souhaitable.

Rappel : La tendance des flux massiques (et taux de sédimentation) à l'augmentation est un phénomène observé à travers le monde. De nombreux auteurs publient des articles montrant que depuis le début du siècle, et notamment le milieu des années 50, les quantités de matériel terrigène transportés dans les mers est en nette progression (e.g. Sanchez-Cabeza et al, 2000 ; Arman Lubis A, 2006 ; De Souza et al, 2012).

Figure 81 : Evolution des concentrations en Co, Cr, Fe et Ni disponibles mesurées dans les fractions pélitiques sur la longueur de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16.



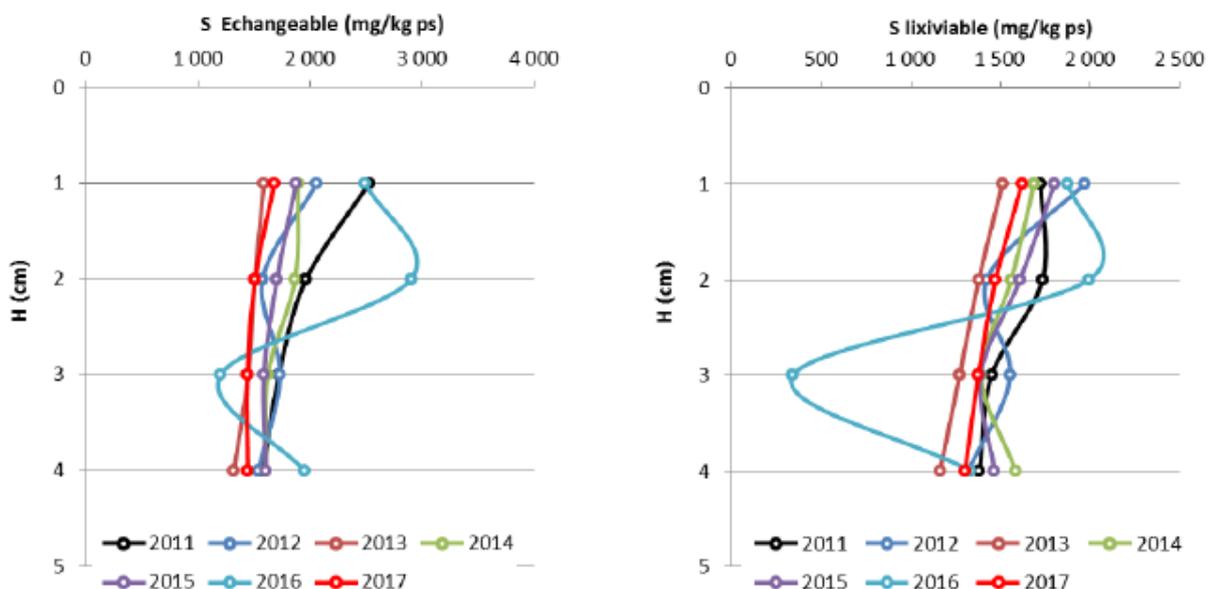
Composition en soufre échangeable et lixiviable sur St 16

Les comparaisons montrent que les concentrations de ces deux formes de S demeurent très stables entre les sept différentes campagnes (en dépit des variations des concentrations de la campagne de 2016 qui ne peuvent pas être expliquées dans l'état). En 2017 les concentrations en Soufre sont même plus faibles qu'en 2011 mais ces variations ne sont pas significatives.



Le faible décroissement entre l'horizon très récent et celui de 4cm perdure depuis 2011, date de la campagne de l'état de référence pour ce paramètre. Il est le même quelle que soit l'année du prélèvement et sans signification à ce niveau, sur 4cm.

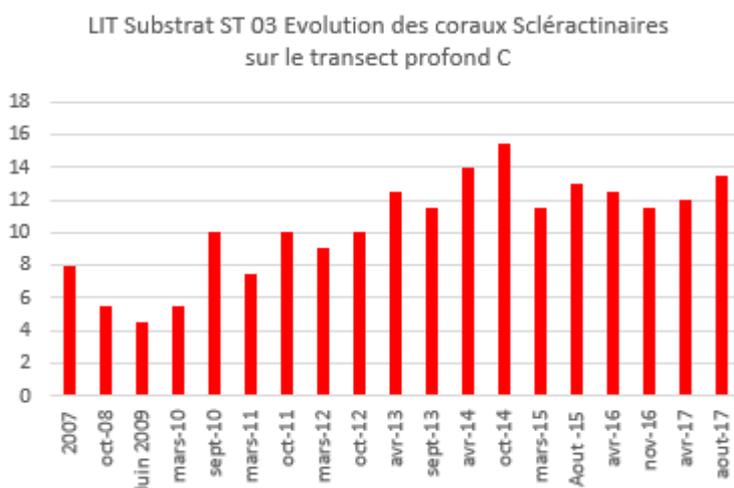
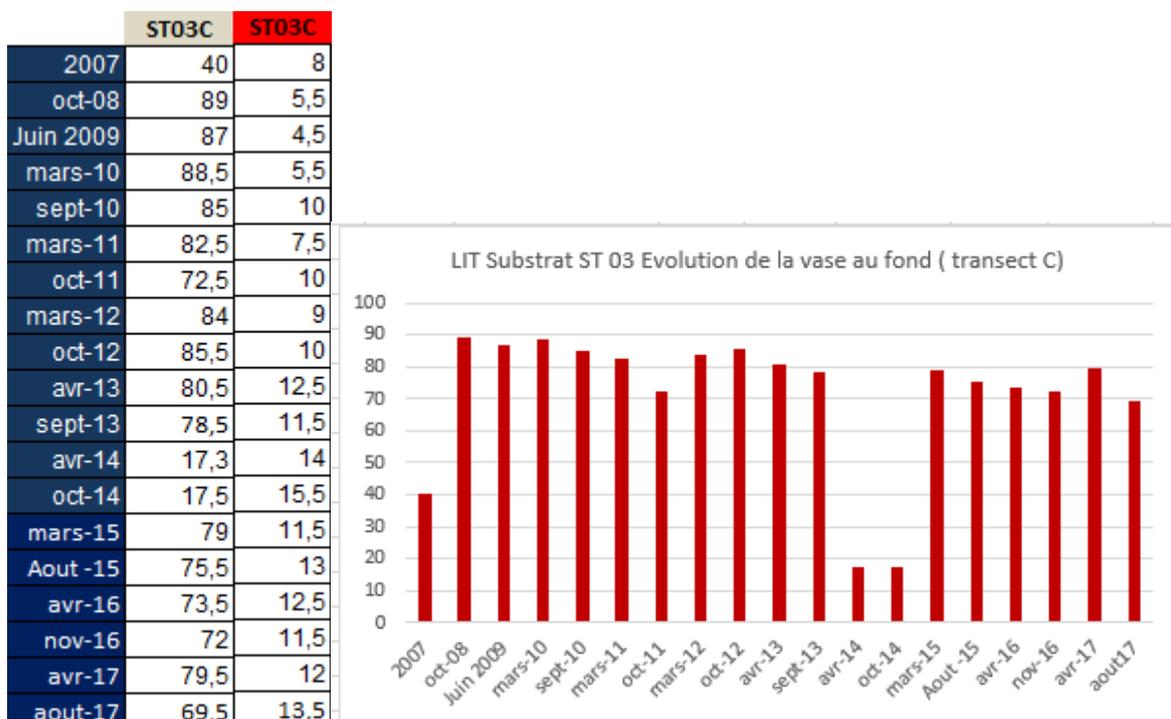
Figure 82 : Concentrations en S échangeable et lixiviable mesurées dans les fractions pélitiques sur la longueur de la carotte sédimentaire lors des différentes campagnes à St16.



- **Au niveau de la station écosystémique (ST03):** Elle est située proche de l'embouchure d'un creek non permanent. (Cf. photographie ci-dessus).

Figure 83 : Photo satellite 2017 Port de Prony et station Ecosystémique ST03 proche de l'embouchure d'un creek non permanent



Figure 84 : Evolution temporeire du % de vase et des coraux sur le transect de fond (C) de la station ST03-Port de Prony


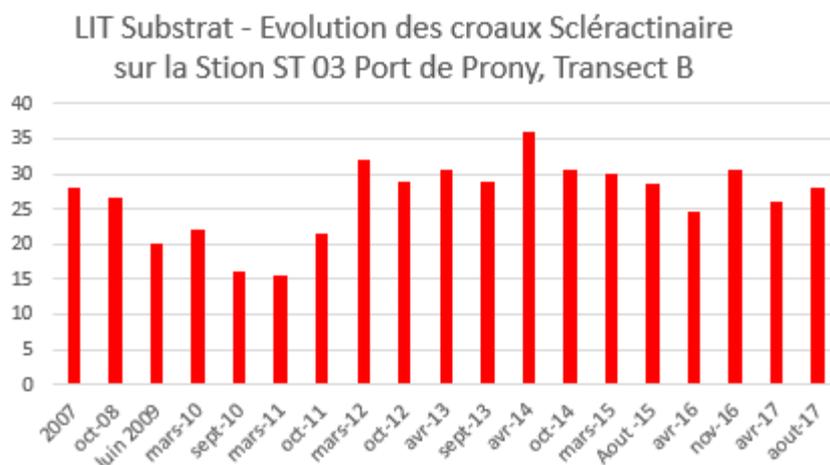
Il n'y a pas d'évolution de l'envasement au niveau de cette station de surveillance ST 03 du port de Prony.

Les fonds sédimentaires de toute la baie du Prony sont constitués de particules fines et l'envasement est naturel.

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

Il n'y pas de blanchissement corallien indicateur d'un stress, 0% de blanchissement est un fait relativement rare.

Figure 85 : Evolution temporaire du % de coraux durs (Scléactiniaires) sur le transect B le plus représentatif de la station ST03-Port de Prony



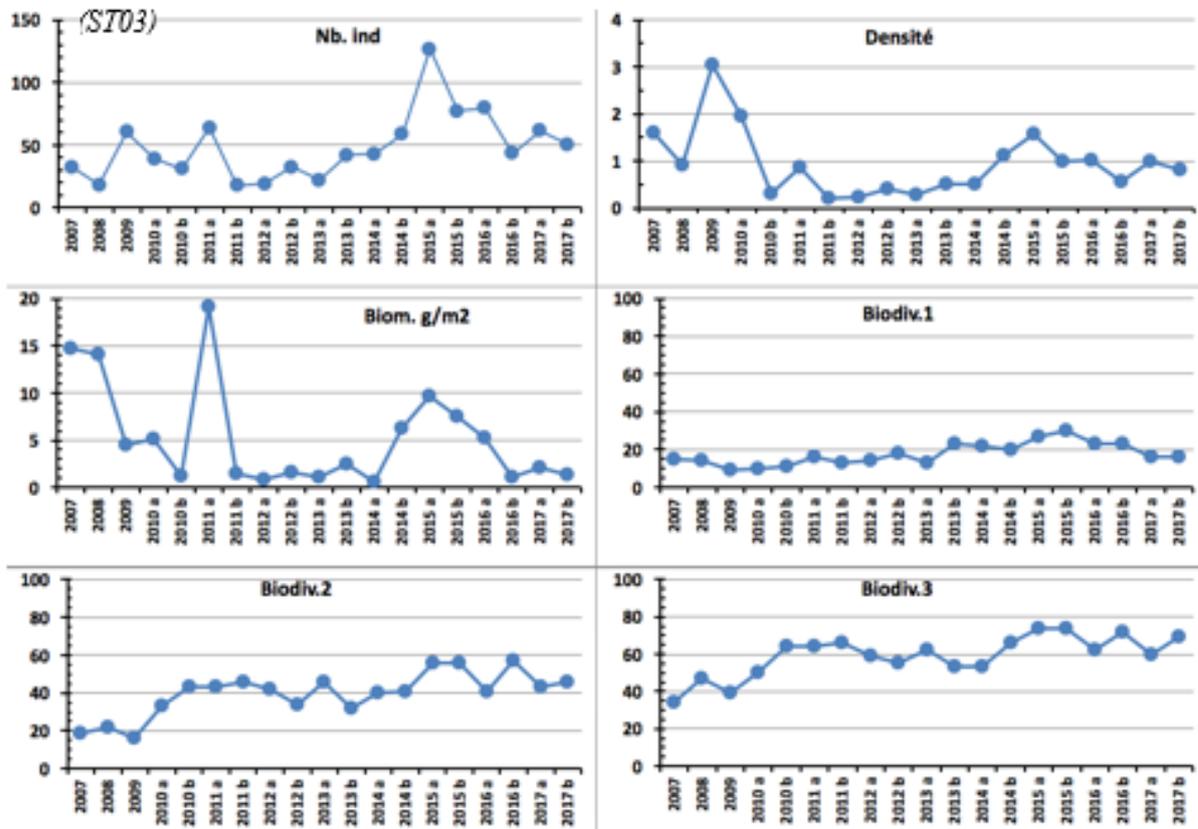
AVRIL et AOUT 2017 :

- Pas d'étoiles de mer *Acanthaster planci*
- **Pas de blanchissement corallien ni en avril ni en aout/septembre 2017. Ce fait est relativement rare et positif.**
- Au niveau des poissons : Ce sont tous des juvéniles.



Tableau 19 : Récapitulation des données ichtyologiques au niveau de la Station ST03 du port de Prony depuis 2007.

Port ST03		Liste DENV					Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station	
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3	
2017 b	Transect A	44	0,73	0,92	7			
	Transect B	80	1,33	2,70	13			
	Transect C	27	0,39	0,38	4			
	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	

Figure 86 : Evolution des données ichtyologiques au niveau de ST03 du port de Prony 2007/2017


3.2.7. Suivi des taux de sédimentation 2017 (triennal)

La dernière campagne de terrain a été réalisée en mars 2013 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 près de l'île Ouen (Nord-Est de l'île Ouen), des carottes sédimentaires de 14 à 35 cm de profondeur ont été extraites afin de déterminer les taux d'accumulation dans l'aire d'influence du complexe Vale NC.



En 2017 (fréquence : tous les 3 ans) les prélèvements ont eu lieu 04 mai 2017 pour les stations St06, St15 et St16, situées dans la zone d'influence de l'usine Vale-NC, ainsi qu'à la station St13 située au large de l'île Ouen.

➤ *Caractéristiques physiques des carottes prélevées*

BAIE KW2 (St06) :

Densité humide est particulièrement constante puisque les valeurs extrêmes ne vont que de 1,37 à 1,68 g/cm³ avec une moyenne de 1,56 ± 0,08 g/cm³.

Les variations mesurées tracent les différents régimes de sédimentation rythmés par les régimes du creek Kwé. Les teneurs en eau et la porosité des sédiments diminuent progressivement des couches récentes vers les plus anciennes, évolution qui reflète le tassement progressif des dépôts.

Comparativement aux campagnes précédentes (2010 et 2013), toutes ces grandeurs sont comparables et ne dénotent d'aucune modification substantielle des apports.

PORT DE PRONY (St16) :

Les densités humides et sèches passent très progressivement de 1,27 à 1,65 g/cm³ et de 2,11 à 2,61 g/cm³, respectivement.

Les sédiments de cette carotte se caractérisent par des densités humide et sèche qui augmentent entre l'interface eau/sédiment et les couches plus anciennes. Comparativement aux campagnes précédentes (2010 et 2013), toutes ces grandeurs sont comparables et ne dénotent d'aucune modification substantielle des apports.

CREEK BAIE NORD (St15) :

Les densités humide et sèche de cette carotte suivent des évolutions verticales comparables à celles de la station St16, avec cependant des valeurs légèrement plus fortes, 1,35-1,59 et 2,27-2,93 g/cm³, respectivement ; ces écarts reflètent une évolution dans la nature des apports. La station St15 étant localisée au pied du talus pro-deltaïque du Creek de la Rade Nord, le pourcentage de particules carbonatées est donc probablement moins important et leur dépôt irrégulier.

ILE OUEN (St13) :

La densité humide passe de 1,45 à 1,81 g/cm³ avec une certaine continuité, la densité sèche, qui augmente avec le niveau d'enfouissement de 2,33 à 3,02 g/cm³, montre des variations importantes. Ces variations sont probablement le reflet d'apports de natures différentes. Pour cette carotte aussi, comparativement aux campagnes précédentes (2010 et 2013), toutes les valeurs mesurées sont, respectivement, du même ordre de grandeur et ne permettent pas vraiment de distinguer de modifications substantielles des apports dans un passé récent.

➤ *Granulométrie des particules*

BAIE KWE (St06); PORT DE PRONY (St16); CREEK BAIE NORD (St15); ILE OUEN (St 13)

Cf. Photographies suivantes.

Les cm indiqués sont l'horizon plus ou moins profond de prélèvement des sédiments photographiés ;

Figure 87 : Figure 16 : Observations au microscope optique des fractions $\varnothing > 40 \mu\text{m}$ des 4 horizons de les carottes des 4 stations suivies. (Grossissement x 80).



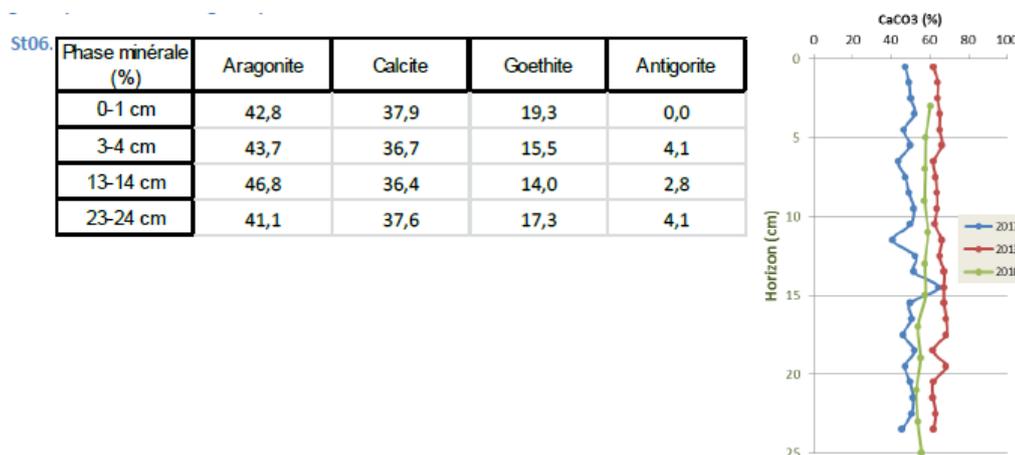
➤ **Minéralogie des sédiments (Influence marine ou terrigène)**

BAIE KWE (ST06)

La carotte extraite montre que les sédiments sont très majoritairement carbonatés (77 à 83%) avec une prédominance de débris composés d'Aragonite (41 à 47 %). Les phases terrigènes sont essentiellement représentées par de la goethite (14 à 19%).

Des épisodes sédimentaires plus riches en apports terrigènes sont intercalés. L'ensemble est relativement régulier sans tendance évolutive significative sur ce point de prélèvement.

Figure 88 : Composition minéralogique des 4 horizons de la carotte St06. Pourcentages en phases biogènes (Aragonite et Calcite) et terrigènes (Goethite et Antigorite). Et : Teneurs en carbonates de calcium (CaCO_3) dans les sédiments. Comparaison avec les profils des campagnes 2010 et 2013

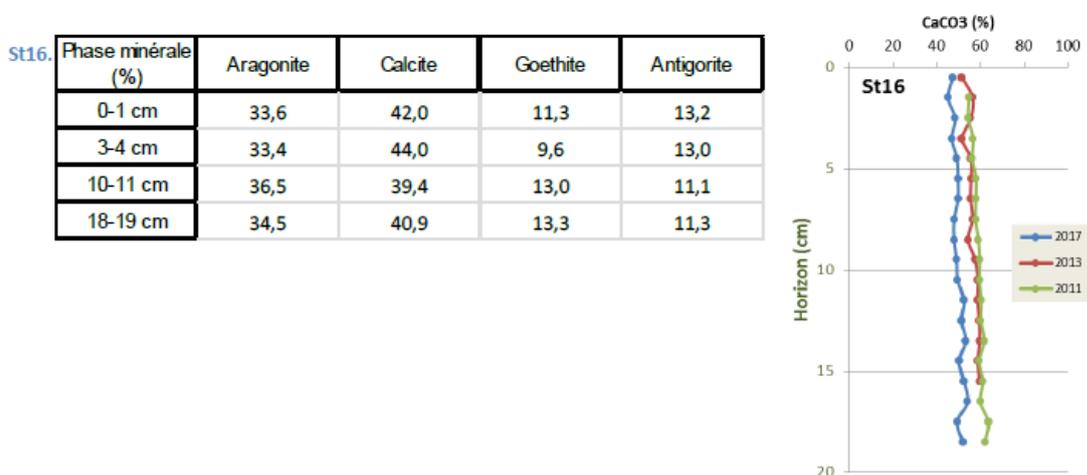


PORT DE PRONY (St16)

Bien qu'en baie du Prony, les sédiments de la carotte sont largement dominés par la présence de phases carbonatées, résultats de l'activité biologique marine et de l'altération mécanique des platiers récifaux. Les phases terrigènes, Goethite et Antigorite (serpentine en lamelles), ne constituent que moins de 25% des sédiments.

Pour la calcite (CaCO₃), très peu de variations sont observées le long de la carotte, les teneurs étant de 50 ± 2%. En termes d'évolution, celles-ci montrent un léger fléchissement, d'environ 5%, qui est uniforme pour toute la carotte par rapport aux deux campagnes antérieures (2011 et 2013). Cette faible différence est attribuable à la variabilité du milieu naturel échantillonné sans montrer une évolution significative.

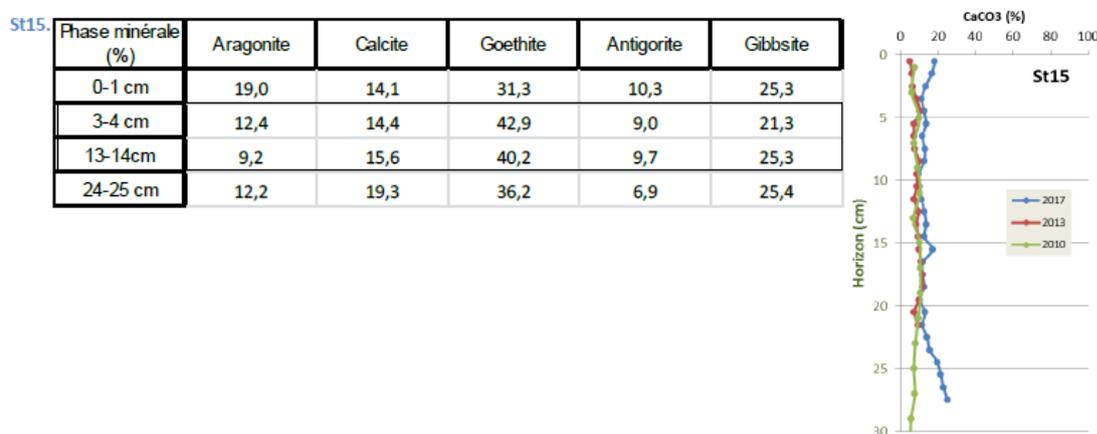
Figure 89 : Composition minéralogique des 4 horizons de la carotte St16. Pourcentages en phases biogènes (Aragonite et Calcite) et terrigènes (Goethite et Antigorite). Et : Teneurs en carbonates de calcium (CaCO₃) dans les sédiments. Comparaison avec les profils des campagnes 2010 et 2013



CREEK BAIE NORD (St15)

A l'inverse des autres carottes, les sédiments de la station St15 sont peu carbonatés, l'influence principale, et largement majoritaire, correspond aux phases terrigènes qui représentent entre 67 et 75% du cortège. Une fluctuation dans la composition minéralogique est notable entre les niveaux de surface et celui du bas de carotte; les 2 niveaux intermédiaires étant moins carbonatés. Cette différence est probablement liée à un changement dans le mode d'alimentation sédimentaire, comme parait l'exprimer également le profil de concentration des carbonates de calcium (CaCO₃).

Figure 90 : Composition minéralogique des 4 horizons de la carotte St15. Pourcentages en phases biogènes (Aragonite et Calcite) et terrigènes (Goethite et Antigorite). Et : Teneurs en carbonates de calcium (CaCO₃) dans les sédiments. Comparaison avec les profils des campagnes 2010 et 2013

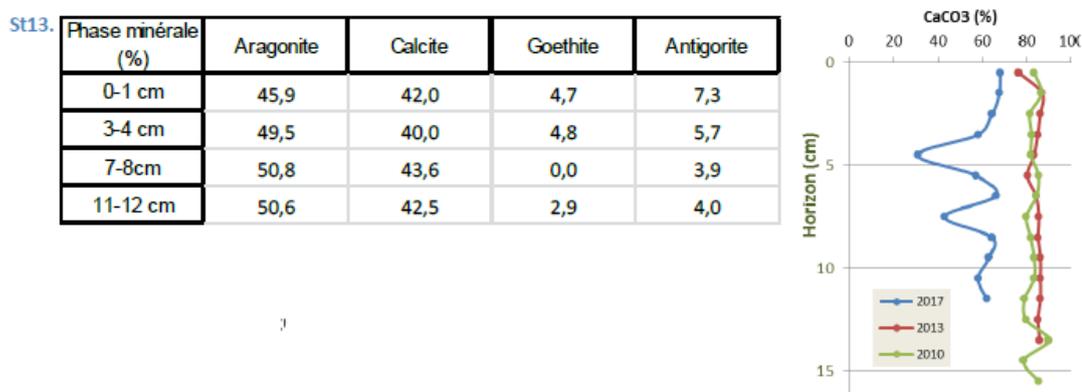


ILE OUVEN St13

Les sédiments de cette carotte sont, de loin, les plus carbonatés. En effet, ils sont composés approximativement de 88 à 94% de débris carbonatés dont 50% quasiment d'Aragonite, minéral résultant de l'altération des tests de microorganismes marins.

La nature spatio-temporelle de la variabilité des sédiments à cette station est grande. Les apports terrigènes sont très minoritaires le long de la carotte, avec toutefois, une certaine augmentation perceptible des teneurs en Goethite et Antigorite, entre les couches anciennes (bas de la carotte) et les plus récentes (haut de la carotte), dont la signification ne peut pas être affirmée en raison de la variabilité spatiale du plancher sédimentaire à quelques mètres près et donc des carottes prélevées. (Hétérogénéité du plancher sédimentaire).

Figure 91 : Composition minéralogique des 4 horizons de la carotte St13. Pourcentages en phases biogènes (Aragonite et tCalcite) et terrigènes (Goethite et Antigorite). Et : Teneurs en carbonates de calcium (CaCO₃) dans les sédiments. Comparaison avec les profils des campagnes 2010 et 2013



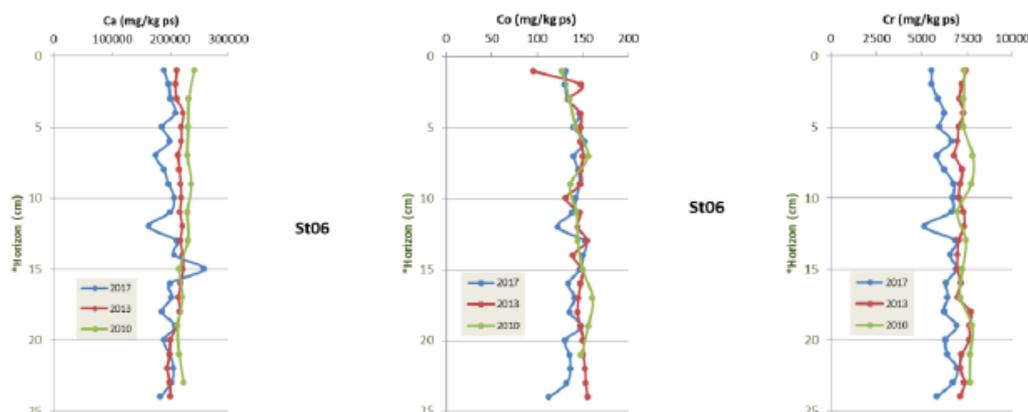
➤ Composition géochimique des sédiments

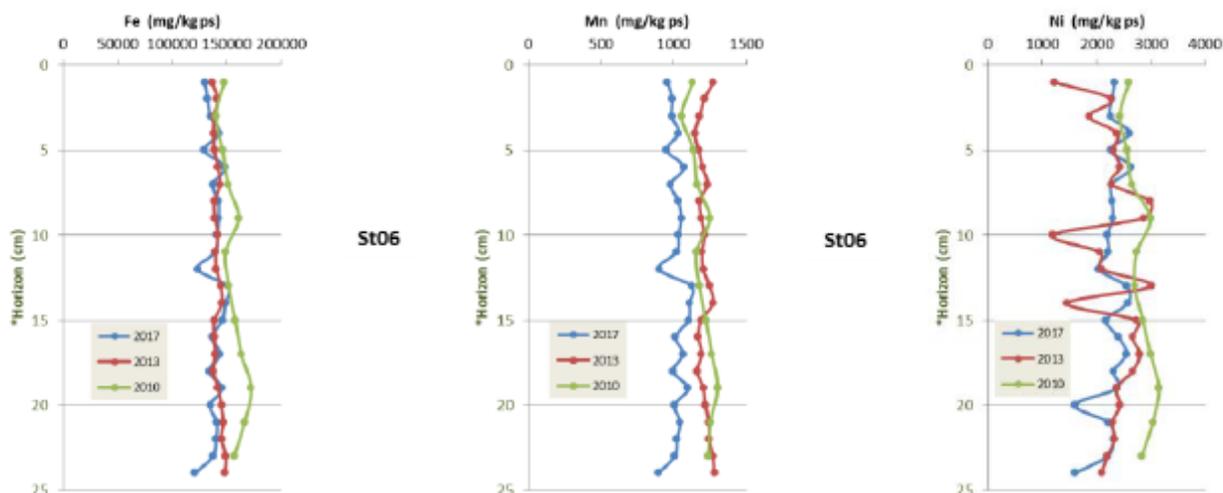
Pour les 4 carottes sont analysées dans chaque horizon : Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni, les graphiques suivant présentent les résultats avec une comparaison avec les campagnes antérieures.

BAIE KWE (St06)

Pour chaque élément, les profils de concentration montrent une variabilité relative des valeurs et ces fluctuations ne sont pas synchrones et **ne permettent pas de mettre en évidence une quelconque tendance temporelle des concentrations**. Seules les concentrations de Mn montrent une certaine corrélation avec Co, Cr et Fe, le calcium ne montre pas d'anti-corrélation bien marquée. Ces observations suggèrent que la carotte est le résultat de la sédimentation de particules provenant de différents termes sources provenant tantôt du creek Kwé, tantôt du platier récifal, voire des dépôts de vases remobilisés, au gré des conditions hydro-climatiques.

Figure 92 : Profils de concentration de Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni dans les sédiments de la carotte St 06 pour les campagnes 2011, 2013 et 2017.



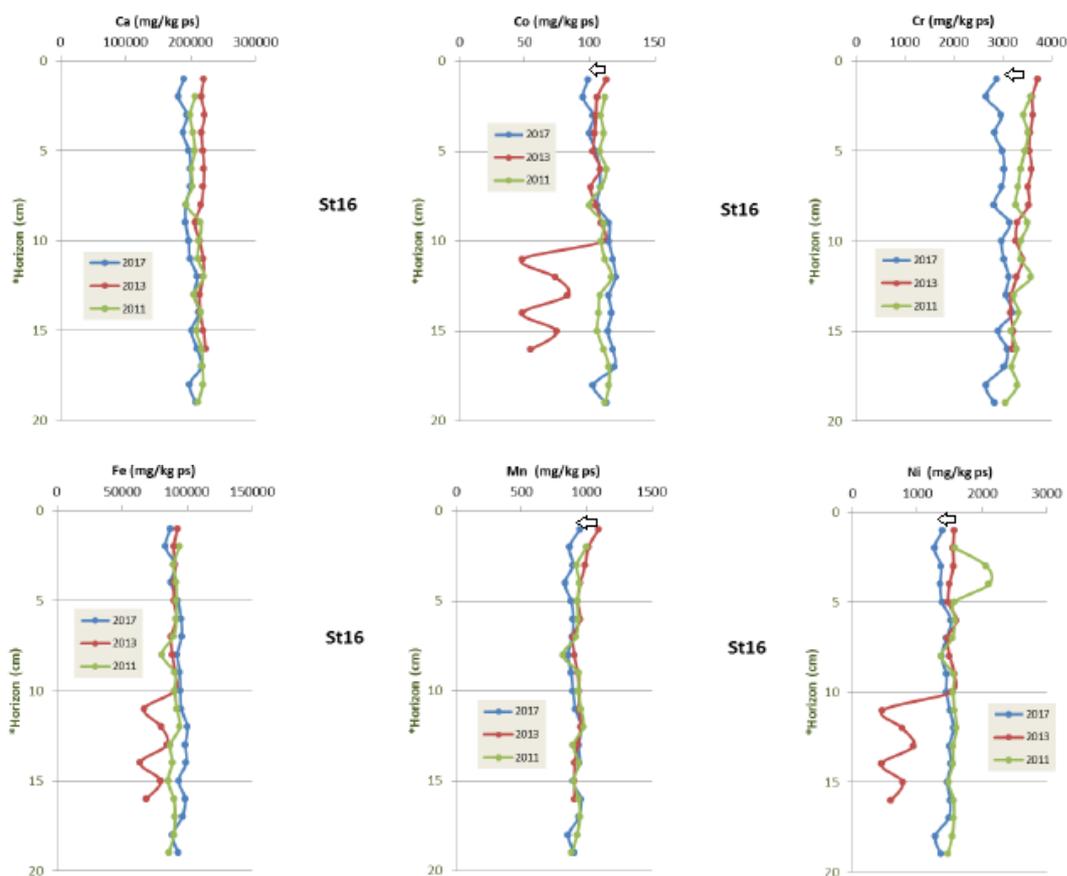


PORT DE PRONY (St16)

- La carotte est probablement constituée par des sédiments provenant d'un même terme source et dont la variabilité dans la composition géochimique est faible.
- La campagne 2013 montre des particularités peu explicables en l'état, sinon par la variabilité naturelle du prélèvement (hétérogénéité du plancher sédimentaire).
- Si l'on compare les profils de concentrations des deux campagnes précédentes (2011 et 2013), avec le dernier (2017), une tendance à la diminution (Co, Cr et Mn) est observée dans les horizons récents.



Figure 93 : Profils de concentration de Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni dans les sédiments de la carotte St16 pour les campagnes 2011, 2013 et 2017.

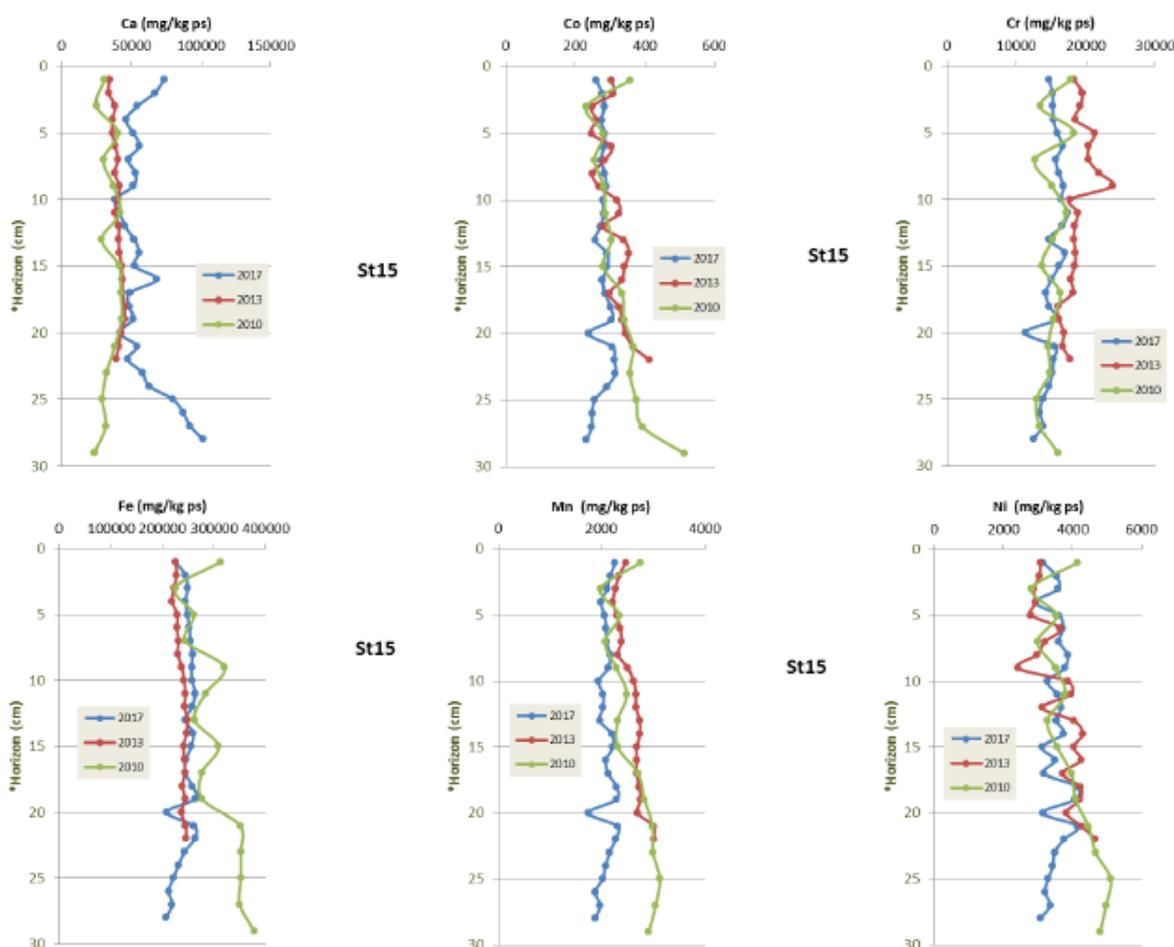


CREEK BAIE NORD (St 15)

Les concentrations mesurées dans les différents horizons de la carotte montrent des variations relativement importantes entre le haut et le bas de la colonne sédimentaire, celles-ci paraissant synchrones pour les éléments métalliques ; le calcium évoluant différemment, sans lien apparent.

La distribution des concentrations en métaux et calcium suggère que différents régimes d'apports en matériel particulaire se sont succédés. Le bas de la carotte correspondrait à une alimentation relativement influencée par les apports marins qui, progressivement, seraient enrichis en particules terrigènes. Enfin, dans les couches actuelles, il semble que le terme-source marin reprenne de l'importance, au détriment des apports terrigènes moindre. (Courbe 2017. Augmentation du Ca en surface sur les 5 cm du haut de la carotte).

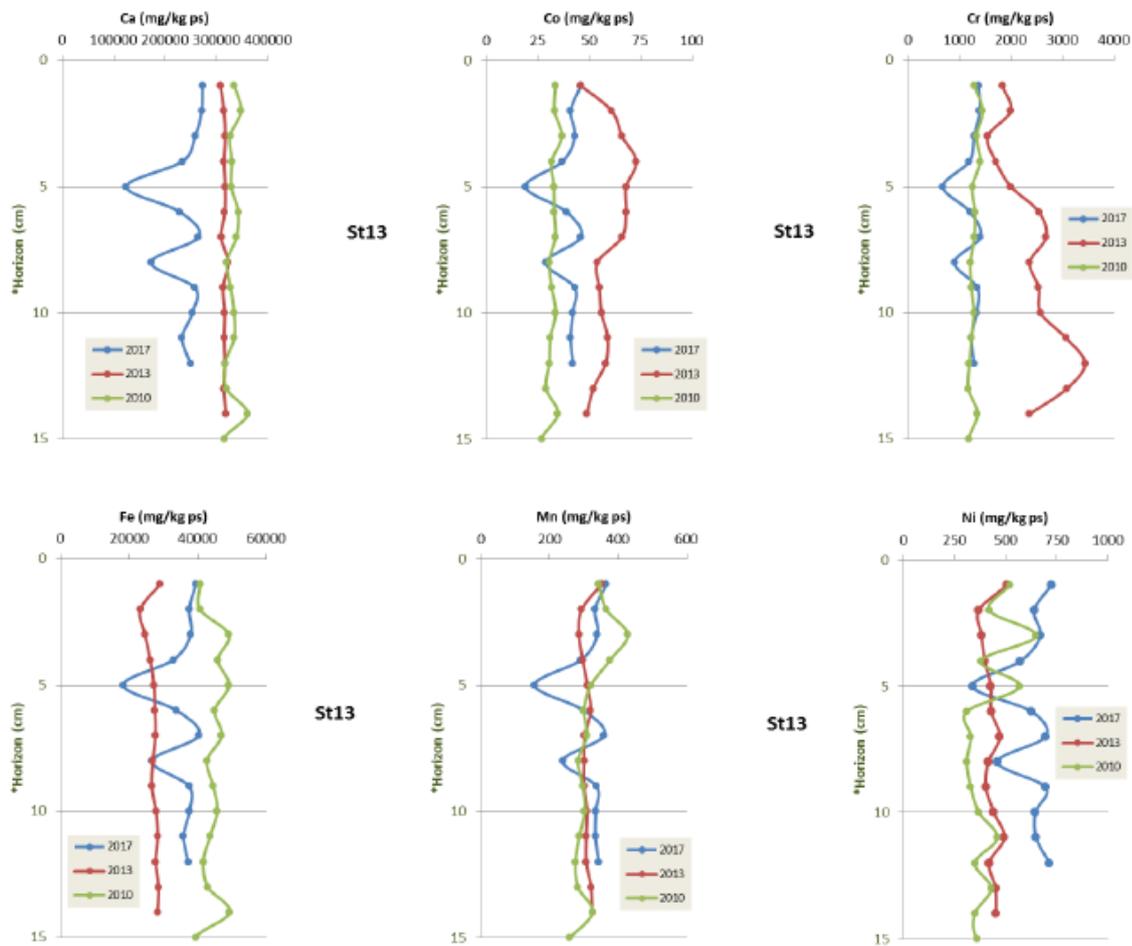
Figure 94 : Profils de concentration de Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni dans les sédiments de la carotte St15 pour les campagnes 2011, 2013 et 2017



ILE OUEN (St13)

Les profils de concentration montrent des variations très importantes qui affectent chacun des 6 éléments analysés ; elles sont parfaitement synchrones et concernent indifféremment les métaux latéritiques et le calcium d'origine marine, comme le soulignent les forts coefficients de la matrice de similarité/; ces évolutions démontrent que seul un terme source gouverne la dynamique sédimentaire à cette station. Ces observations suggèrent un transport latéral de sédiments au gré des courants avec très peu d'apports terrigènes. Par ailleurs, cette hypothèse est confortée par les concentrations en métaux, beaucoup plus faibles dans cette carotte que pour les 3 autres stations. Il y a aussi une forte hétérogénéité du plancher sédimentaire dans cette zone.

Figure 95 : Profils de concentration de Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni dans les sédiments de la carotte St13 pour les campagnes 2010, 2013 et 2017.



➤ **Les taux de sédimentations**

Cf. rapport intégral & méthodologie en annexe pour plus d'information sur la technique de datation au ^{210}Pb (géochronologie) qui est basée sur la détermination de la radioactivité du « ^{210}Pb en excès » dans les couches sédimentaires. + Bases de données brutes..

BAIE KWE (St06)

Il est possible d'estimer le taux d'accumulation moyen à $1,22 \text{ g/cm}^2/\text{an}$. Cette valeur est identique à celle de 2013 ($1,23 \text{ g/cm}^2/\text{an}$).

D'après le guide du CNRT/Zonéco (2011, en cours de révision), en zone proche d'une embouchure de creek permanent, un taux de sédimentation de $0,40$ à $1,80 \text{ g/cm}^2/\text{an}$ indique une zone modérément perturbée d'un point de vue sédimentaire (sans en donner la cause). Au-dessus de $1,80 \text{ g/cm}^2/\text{an}$ le taux de sédimentations indiquerait une perturbation forte.

Les analyses suggèrent qu'il s'agit :

- d'une sédimentation rythmée voire pulsatile.
- que les flux sédimentaires ont globalement augmenté depuis les années 80 et d'autre part, que le flux de sédiments transportés est irrégulier depuis les années 2005, générés, pour une part, par des épisodes fortement pluvieux comme celui de juillet 2013 ($470 \text{ mm}/48\text{h}$),
- et qu'actuellement, en horizon récent, la tendance qui semble se dégager est un retour à des flux plus faibles.



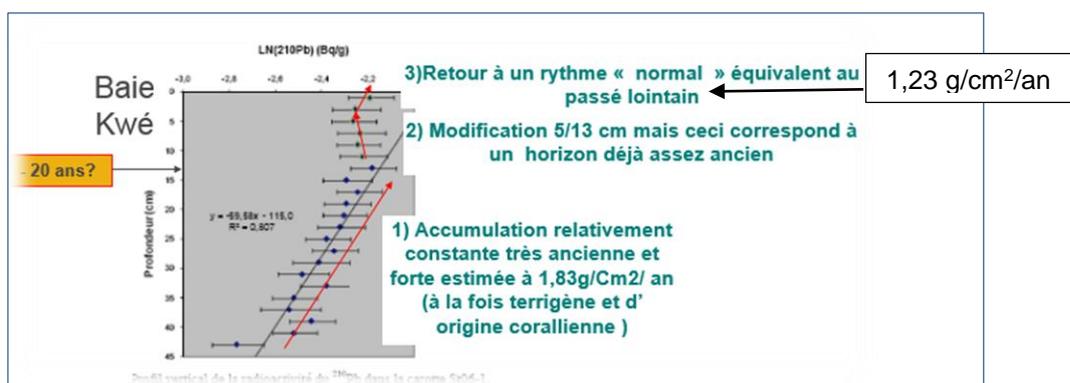
Rappel sur la méthodologie et les analyses interprétatives :

La représentation semi-logarithmique des mesures du « 210Pb en excès » en fonction de la profondeur présente est présentée dans les figures suivantes et pour les 4 stations.

Si l'on observe 2 tendances de décroissance radioactive différentes (2 pentes différentes) alors elles traduisent 2 épisodes sédimentaires différents. Un taux de décroissance radioactive rapide et régulier indique un dépôt plus ou moins stabilisé avec un taux d'accumulation calculable. Si au contraire la pente faiblit, s'il n'y a plus de décroissance radioactive cela signifie un dépôt brutal intense.

Exemple : au niveau de la carotte extraite en 2013 en baie Kwé: 3 pentes différentes sont discernables avec un horizon intermédiaire n°2 (entre 5 et 13 cm) assez « chaotique. »

Figure 96 : Profil de la radioactivité du « 210Pb en excès » (Bq/g) dans les sédiments de la carotte St06 . Année 2013. Estimation du taux .

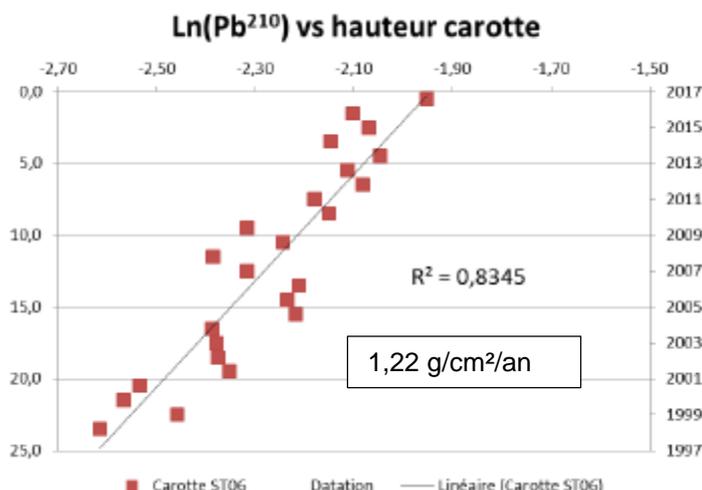


Pour la baie Kwé (St06 KW1), un flux de particules moyen de **1,25 g/cm²/an**, très proche du taux d'accumulation calculé, a pu être estimé (AEL-2013) pour la période 2007 à 2013.

Les carottes extraites en octobre 2017 ne présentent pas de telles ruptures de pente et phases distinctes comme le montre la figure ci-dessous.

Il est possible d'estimer le taux d'accumulation moyen qui est de **1,22 g/cm²/an (2017)**. Cette valeur élevée, est identique à celle de **2013 (1,23 g/cm²/an)** dans son horizon haut.

Figure 97 : Profil de la radioactivité du « 210Pb en excès » (Bq/g) dans les sédiments de la carotte St06 . St06 BAIE KWE Année 2017.



La problématique de la datation des horizons (récents en surface, anciens en profondeurs) est complexe et les différents modèles peuvent conduire à des décalages. Trois modèles ont été testés et présentés dans le rapport 2013.

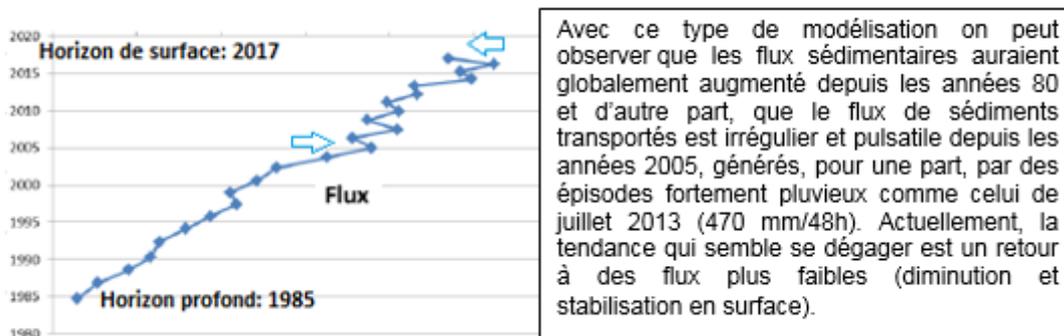
Pour rappel les voici (travaux 2013) :

Figure 98 : Datation des horizons sédimentaires de la section supérieure (0-20 cm) de la carotte St06 par les modèles CRS, CIC et CRS/MV. (Rapport 2013)

Horizon (cm)	MODÈLE « CONSTANT RATE SUPPLY » (CRS)			MODELE: « CONSTANT INITIAL CONCENTRATION » (CIC)			CRS/MV		
	²¹⁰ Pb (Bq/g)	Age (an)	Date calculée	²¹⁰ Pb (Bq/g)	Age (an)	Date calculée	Masse cumulée (g/cm ²)	Age (an)	Date calculée
0-1	0,1228	0,0	2013	0,1228	0,79	2012	0,991	0,807	2012
1-2	0,1235	4,3	2009	0,1235	0,61	2013	2,109	1,718	2011
2-3	0,1181	10,0	2003	0,1181	2,04	2011	3,021	2,461	2011
3-4	0,1098	15,2	1998	0,1098	4,38	2009	3,942	3,211	2010
4-5	0,1134	21,1	1992	0,1134	3,33	2010	4,844	3,945	2009
5-6	0,1042	28,4	1985	0,1042	6,05	2007	5,790	4,716	2008
6-7	0,1120	37,4	1976	0,1120	3,74	2010	6,712	5,467	2008
7-8	0,1061	50,8	1962	0,1061	5,47	2008	7,667	6,244	2007
8-9	0,1041	73,5	1940	0,1041	6,09	2007	8,614	7,016	2006

Le modèle le plus proche de la réalité selon les experts et dans ce cas précis serait le CRS suivant, il donne une possibilité de datation sur l'axe des ordonnées.

Figure 99 : Evolution temporelle du profil de flux sur St 06 (Baie Kwé). Modèle de datation CRS-2017



PORT DE PRONY (St16)

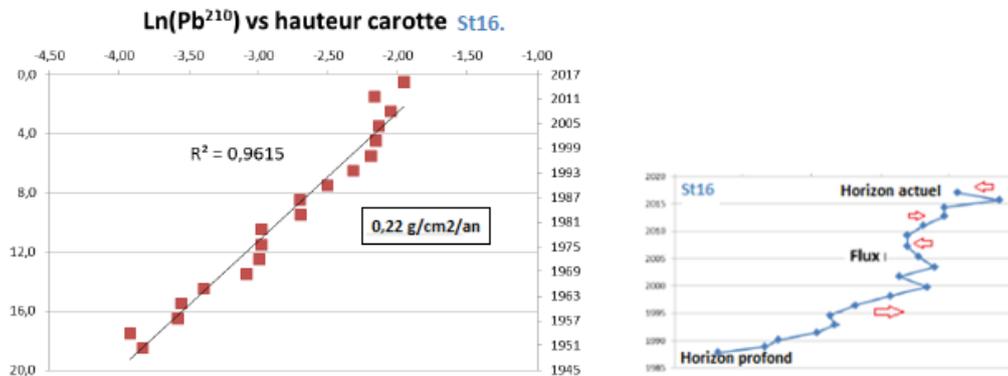
Le taux d'accumulation moyen est de 0,22 g/cm²/an. Cette valeur est en accord avec les taux d'accumulation moyens des campagnes 2010 (0,12 g/cm²/an) et 2013 (0,23 g/cm²/an).

D'après le guide du CNRT/Zoneco (2011, en cours de révision), en zone proche d'une embouchure de creek permanent, un taux de sédimentation de 0,40 à 1,80 g/cm²/an indique une zone modérément perturbée d'un point de vue sédimentaire (sans en donner la cause). Au-dessus de 1,80 g/cm²/an le taux de sédimentations indiquerait une perturbation forte. **En dessous de 0,40 g/cm²/an, comme sur St16, le milieu peut être considéré à l'égard de ce paramètre comme non perturbé**

Les analyses suggèrent que :

- les flux sédimentaires ont progressivement augmenté depuis le milieu des années 1980 jusqu'en 2000.
- l'augmentation semble ralentir bien qu'un certain nombre d'événements sédimentaires se soient produits entre 2000 et 2010,
- L'augmentation récente résulte probablement de phénomènes climatiques intenses, comme l'épisode pluvieux exceptionnel de juillet 2013 (470 mm/48h) qui a pu drainer l'ensemble des bassins versants qui alimentent toute la Baie du Prony.
- les sédiments sont constitués à plus de 75% de carbonates (tests d'organismes marins) et présentent peu de contrastes en termes de concentration en métaux, ce qui tend à renforcer l'hypothèse d'une influence terrigène très partielle.

Figure 100 : Profil de la radioactivité du « 210Pb en excès » (Bq/g) dans les sédiments de la carotte St16 - PORT PRONY-2017 et évolution temporelle du profil de flux à droite.



CREEK BAIE NORD (St15)

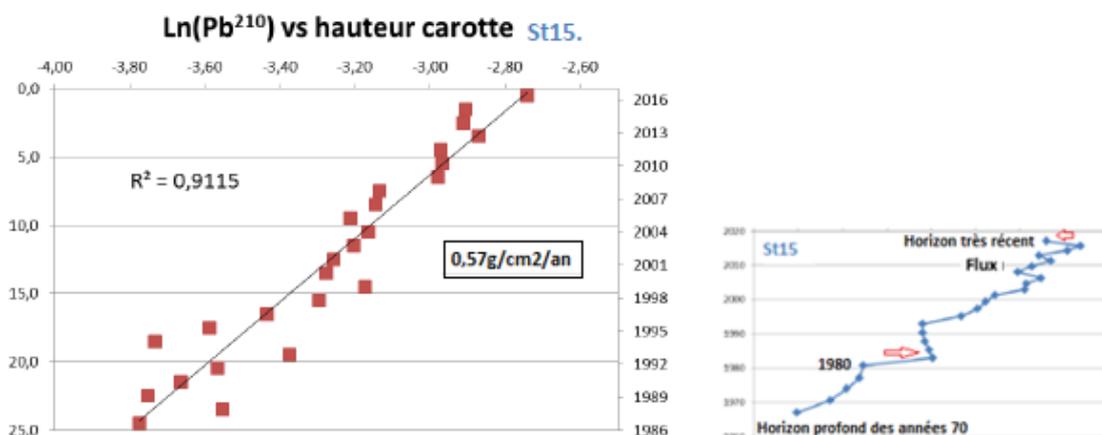
Le taux d'accumulation moyen qui est de **0,57 g/cm²/an**. Cette valeur est relativement proche du taux d'accumulation moyen de la campagne de 2011 (0,36 g/cm²/an), mais plus faible que celui de 2013 (0,89 g/cm²/an).

D'après le guide du CNRT/Zoneco (2011, en cours de révision), en zone proche d'une embouchure de creek permanent, un taux de sédimentation de 0,40 à 1,80 g/cm²/an indique une zone modérément perturbée d'un point de vue sédimentaire (sans en donner la cause). Au-dessus de 1,80 g/cm²/an le taux de sédimentations indiquerait une perturbation forte. En dessous de 0,40 g/cm²/an, le milieu peut être considéré à l'égard de ce paramètre comme non perturbé

Les analyses permettent de dire que :

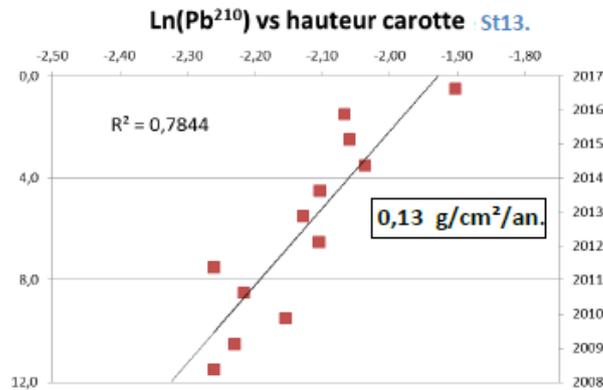
- les flux sédimentaires ont globalement augmenté depuis les années 70.
- le flux de sédiments montre des traces d'événements sédimentaires, notamment une stabilisation notable des taux dans les années 80,
- suivie d'apports sédimentaires d'intensités variables entre le début des années 2000 et 2017 comme à l'issue de l'épisode fortement pluvieux de juillet 2013 (470 mm/48h).
- Actuellement, la tendance qui semble de dégager est un retour à des flux plus faibles.

Figure 101 : Profil de la radioactivité du « 210Pb en excès » (Bq/g ; à gauche) dans les sédiments de la carotte St15 et évolution temporelle du profil de flux à droite.



ILE OUEN (St13)

Le taux d'accumulation moyen qui est de $0,13 \text{ g/cm}^2/\text{an}$. Cette valeur élevée, conjointement au caractère récent du phénomène. Il s'agit plus de transport par le fond (charriage) que de sédimentation directe.



Les flux sédimentaires ont globalement augmenté depuis les années 60 et le flux de sédiments transportés est régulier, comme à l'issue de l'épisode fortement pluvieux de juillet 2013 (470 mm/48h). Actuellement, la tendance qui semble de dégager est un retour à des flux plus faibles.

CONCLUSION

La tendance des flux massiques (et taux de sédimentation) à l'augmentation, comme constaté dans les 4 carottes, est aujourd'hui un phénomène observé à travers le monde. Ainsi de nombreux auteurs publient des articles montrant que depuis le début du siècle, et notamment le milieu des années 50, les quantités de matériel terrigène est en nette progression (e.g. Sanchez-Cabeza et al, 2000 ; Arman Lubis A, 2006 ; De Souza et al, 2012).

En baie du Prony l'augmentation des flux massiques semble se stabiliser. Au niveau de la station St16 du port (qui n'est pas sous le quai vraquier mais plus en profondeur), le taux de sédimentation n'indique pas de perturbation.

En baie Kwé : Les flux massiques augmentent progressivement jusqu'en 2005, puis au-delà, l'accroissement devient plus irrégulier. Comme pour les autres sites, les dépôts récents montrent une diminution des flux massiques.

Au niveau de la zone Nord-est de l'île Ouen les fonds sont hétérogènes à l'égard des sédiments et des charriages locaux de sédiments d'origine marine rendent les tendances non significatives. La poursuite du suivi de cette station a été déconseillée par certains spécialistes car elle apporte peu d'information dans le cadre de la surveillance des activités de Vale NC.

3.2.8. Suivi de la qualité des sédiments (triennal)

Les dernières campagnes d'analyses de la qualité des sédiments sur 14 stations ont eu lieu en 2012 et 2015, ce suivi est triennal (sauf au port où il est annuel), aucune campagne globale ne s'est déroulée en 2017 (les résultats les plus récents sont présentés dans le bilan annuel 2015). Au niveau du port, le bilan annuel 2017 précise les résultats dans le chapitre et l'annexe dédiés au port.

3.2.9. Evaluation et conséquences des incidents

L'échouage du porte container Kea-Trader sur le récif Durant ne concerne pas le périmètre suivi.
L'année 2017 n'a pas donné lieu à des incidents ou pollutions en milieu marin.

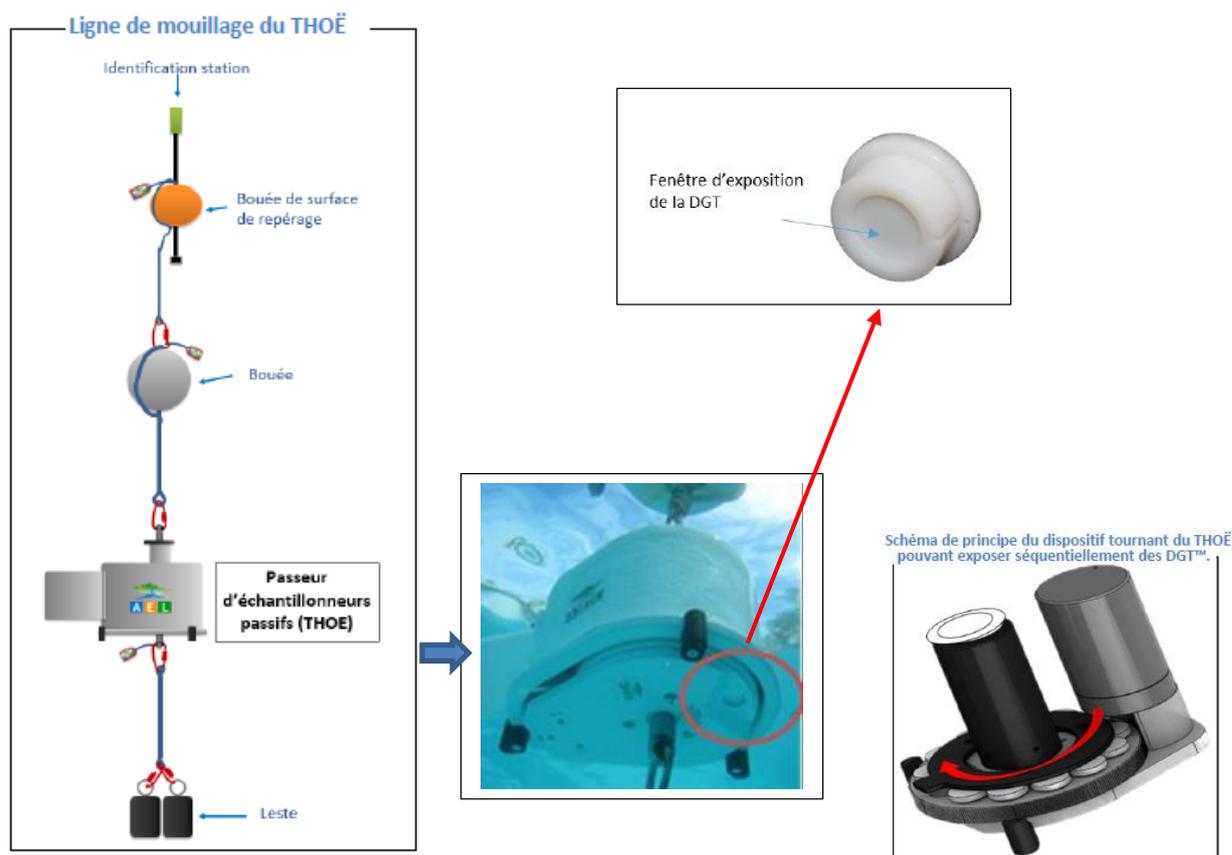
3.2.10. Suivis supplémentaires DGT

Un réseau de dispositifs automatiques de suivi continu des concentrations en manganèse (et autres métaux) est mis en place en décembre 2016 dans le champ proche du diffuseur sous-marin de l'effluent traité.

Des capteurs DGT (*Diffusive Gel in Thin layer*) sont positionnés de part et d'autre du diffuseur (30 et 60 mètres) et captent les métaux dissous dans l'eau de mer profonde dans le panache de l'effluent : Mn, (+Co, Ni, Cr). Ils seront relevés tous les deux mois et les films accumulateurs seront traités en laboratoire en 2017, pour en déduire les concentrations moyennes en métaux durant le temps d'exposition. (Cf. figure et tableau suivants).

Cette surveillance supplémentaire est une exigence de l'arrêté n° 2767/2016 du 21 novembre 2016.

Figure 102 : Suivi en champ proche du diffuseur



Stations d'exposition :

- . ST60 SW. Elle est située à 60 mètres au Sud-Ouest du centre du diffuseur ;
- . ST60 NW. C'est la station symétrique de la précédente mais au Nord- Ouest du diffuseur (l'autre coté) ;
- . ST30 SW. Elle est située à 30 m au Sud-Ouest du centre du diffuseur et à 3 mètres au-dessus du fond ;
- . ST30 NW. C'est la station symétrique de la précédente mais au Nord- Ouest du diffuseur (l'autre coté) ;
- . ST 1000 SW. La station témoins est située à 1 km du diffuseur dans son Sud- Ouest.

Les 5 appareillages sont situés à 3 mètres au-dessus du fond du canal. Le dispositif est ainsi immobilisé dans une zone de concentration « immanquable » du panache de l'effluent bien étudiée auparavant par diverses missions de modélisations, traçages colorés et prélèvements en champ proche du diffuseur.

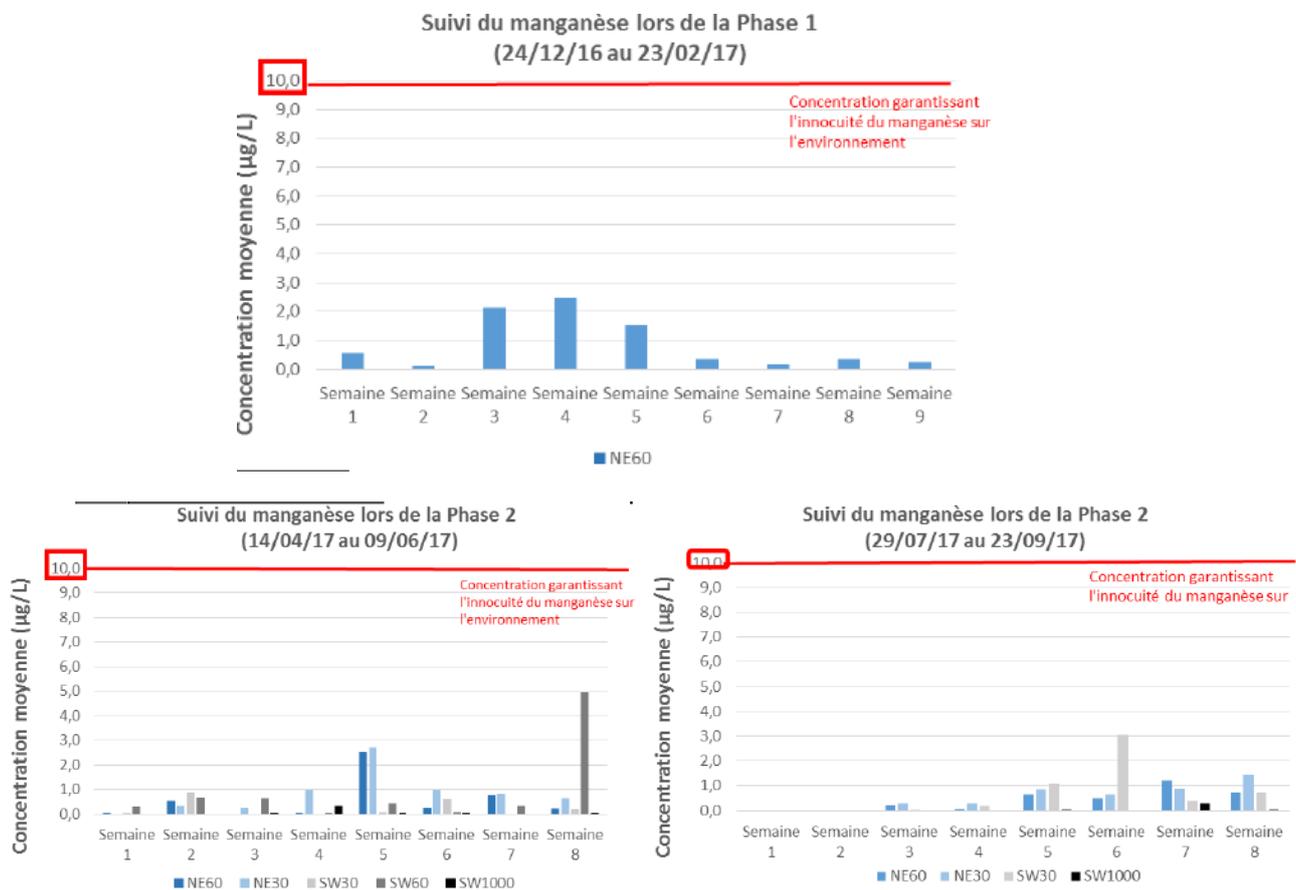
Résultats S2/2017 et synthèse :

L'échantillonnage classique ou « instantané » permet d'avoir une concentration en métaux dissous à un instant donné sans que celui-ci ne reflète forcément l'impact chronique d'un rejet d'effluent dans l'environnement. L'échantillonnage « intégré » par passeur d'échantillonneurs passifs, permet d'obtenir une concentration moyenne des métaux dissous présents dans le champ du diffuseur durant

la période considérée. Elle 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.

Ces suivis ont été effectués entre décembre 2016 et septembre 2018 en 3 campagnes successives.

Figure 103 : Histogrammes présentant les concentrations moyennes ($\mu\text{g/L}$) en manganèse pour chaque station selon la semaine du suivi. Les valeurs aberrantes étant exclues. La ligne rouge correspond à la valeur maximale recommandée afin de garantir l'innocuité sur l'environnement.



Quelle que soit la campagne de suivi, décembre 2016 et en 2017, quelle que soit la période (marées et météos) ou la station considérée, la concentration intégrée en manganèse n'a jamais atteint la limite autorisée des 10 $\mu\text{g/L}$, limite garantissant l'innocuité sur les biotes les plus sensibles, comme acté par les différents rapports d'experts qui préconisaient un rejet initial à 10 mg/L

A 30 m et 60 m du diffuseur, à une profondeur de présence maximale du panache (- 30 m de profondeur soit entre 3 et 5 m au-dessus de fond) et de part et d'autres du diffuseur: Les concentrations intégrées en Mn restent inférieures à la limite indicatrice donnée pour une protection maximale des espèces les plus fragiles du lagon (qui vivraient de façon chronique ou se nourriraient dans ce panache).



Rappel : Au niveau des concentrations ponctuelles en Mn relevés (au fond) lors des prélèvements d'échantillons d'eau et des suivis semestriels, sur la Station St 09 de surveillance du diffuseur, elles restent comparables aux concentrations des stations témoins. (Cf. chapitre 3.2.2.2 et figure 43)

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 20 : Synthèse des résultats des missions de suivis du milieu marin S2/2017.

Suivi réglementaire S2/2017	Indicateurs	Second semestre 2017	
Structure de la colonne d'eau de mer	Physique Chimique	Pas de non-conformité par rapport aux valeurs attendues, notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony et en baie Kwé.	
		Pas de non-conformité par rapport aux valeurs attendues, notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent, au niveau du port de Prony et en baie Kwé. Le suivi supplémentaire du Mn en champ proche du diffuseur ne révèle pas de non-conformité à l'égard de la diffusion du Mn et ses concentrations inférieures à la valeur-guide de bonne santé du milieu.	
		Le blanchissement corallien (dû aux exceptionnelles conditions climatiques de janv./fév. 2016) a disparu, laissant certaines colonies mortes mais la résilience amorcée fin 2016 se poursuit début 2017 et le taux de blanchissement est très faible. Pas de bloom algal ou de cyanophycées, pas d'étoile de mer dévoreuse du corail sur les stations sous influence VNC. Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent, aucun stress anormal n'est décelé. 13 étoiles de mer Acanthaster sont présentes sur la Station (témoins) de l'îlot Casey (et que sur cette station). Elles sont à surveiller.	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	Rapports Semestriels S2/2017	
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Au niveau de la station St16 du port, le taux de sédimentation n'indique pas de perturbation et reste faible (non perturbé d'après le guide CNRT 2016). En rade Nord sur St15 le taux de sédimentation est stable en 2017. En baie Kwé : Le taux de sédimentations augmente progressivement jusqu'en 2005, puis au-delà, l'accroissement devient plus irrégulier. Les dépôts récents montrent une diminution des flux massiques.	
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal. Pas de mission en 2017.	
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique	Les flux de MES sont stables sur St15-Creek baie Nord où l'influence terrigène est invariable. Près du diffuseur pas d'enrichissement en Ca ou S. En St06- Baie Kwé les flux globaux restent stables et corrélés à la météorologie. La signature terrigène sur St06 montre une légère tendance à la hausse ou des irrégularités, en restant bien inférieure à celle de 2013 et sans évolution rapide clairement significative.	
Suivi spécial de la zone portuaire Stations St16 et ST03	Physique Chimique Et sédiments Biologique <ul style="list-style-type: none"> • Corail • Benthos • Poissons 	Pas de pollution (notamment sur les indicateurs portuaires HT, Cu ou Zn). La qualité de l'eau est bonne. Les sédiments sont composés principalement de minéraux d'origine marine bien que la baie de Prony soit sous forte influence terrigène, cependant cette influence marine est en faible tendance à la baisse au profit de l'influence terrigène. Les concentrations en Soufre sur St16 sont en diminution en 2017, Sur St16 elles n'ont jamais montré des variations vraiment significatives. Le taux de sédimentation (carottage) est stable et faible sur St16. Sous le quai vrac la chute de vrac sont suivies et évaluées en 2017 comme faibles. La station de suivi des écosystèmes est stable avec un habitat corallien (suivi depuis 2007) sans évolution et sans blanchissement.	
		Rapport annuel 2017	
		Rapport annuel 2017	

ANNEXE I**METHODOLOGIES**

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

-----**ANNEXE III****SUIVI DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS RECIFAUX ET
DES ORGANISMES ASSOCIES**

-----**ANNEXE IV****SUIVI DES FLUX DE MATIERES EN SUSPENSION**

-----**ANNEXE V****SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU ET DES SEDIMENTS SUR LA STATION ST16 DU
PORT DE PRONY**

-----**ANNEXE VI****SUIVI DES TAUX DE SEDIMENTATION**

ANNEXE VII

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