



SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012
**QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET
CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS**



RAPPORT SEMESTRIEL

JUILLET 2010



CONTRAT DE CONSULTANCE AEL-LEA/VALE-INCO

Convention n° C2445

SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012 :

QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET
CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS

Le Grand H.
Dolbecq M.
Moreton B.
Goyaud A.
Fernandez JM.

AEL-LEA, Nouvelle-Calédonie, juillet 2010

Nombre de pages : 79

	N/Ref	V/Ref
Identification	100216-VI-04	C2445
Titre	SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012 : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS (JUILLET 2010)	
Auteurs	Le Grand H., Dolbecq M., Moreton B., Goyaud A., Fernandez JM.	

APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Legrand		08/07/10
Vérificateur	Mathieu Dolbecq		09/07/10
Approbateur(s)	Ludovic Breau		09/07/10

EVOLUTION		
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
V1.0	Rapport semestriel (Juillet 2010)	09/07/10
V2.0	Rapport semestriel (Juillet 2010)	23/07/10

COPIE - DIFFUSION	
NOM	ORGANISME
C. Casalis	VALE, Département Environnement

Sommaire

INTRODUCTION.....	7
OBJECTIFS	7
METHODOLOGIE	7
Site d'étude et conditions météorologiques.....	7
Echantillonnage	12
Paramètres physico-chimiques et analyse	12
RESULTATS.....	13
Paramètres physico-chimiques	13
Structures des masses d'eau	13
Eléments majeurs et pH	15
Carbonates (Station 16)	15
Matières en suspension.....	15
Sels nutritifs.....	16
Carbone, azote et phosphore organiques	17
Chlorophylle <i>a</i> et phéopigments.....	19
Hydrocarbures totaux	20
Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau	20
SYNTHESE DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010)	23
Comparaison interannuelle des concentrations en sels nutritifs des campagnes « saison humide »	23
Comparaison interannuelle des concentrations de la matière organique et des pigments chlorophylliens des campagnes « saison humide »	25
Comparaison interannuelle des concentrations des métaux dissous des campagnes « saison humide »	26
REFERENCES.....	29
LISTE DES FIGURES	31
LISTE DES TABLEAUX.....	32
LISTE DES ANNEXES.....	33



INTRODUCTION

Le programme de travail ici présenté a été défini en réponse au cahier des charges proposé par la Province-Sud de Nouvelle-Calédonie au titre des arrêtés ICPE relatifs à l'autorisation d'exploitation des installations industrielles et portuaires.

Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux (Conventions IRD-Goro-Ni n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-Inco poursuit un programme de suivi des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau depuis août 2008.

Ce document présente les résultats des campagnes de prélèvements du 1^{er} semestre 2010 de ce suivi environnemental des eaux dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

OBJECTIFS

Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties comme suit : neuf stations localisées dans le Canal de la Havannah, quatre stations dans la Baie du Prony et 1 station dans le Canal Woodin.

Le suivi a consisté en une campagne complète de prélèvements d'eau (Baie du Prony et Canal de la Havannah) afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les sels nutritifs et la matière organique dissoute et particulaire. Une deuxième campagne a été réalisée sur la station St16 du port de commerce, dans la baie du Prony.

Les techniques de prélèvement, de conditionnement, de traitement et d'analyses sont spécifiques et reconnues pour l'analyse en milieu marin et saumâtre.

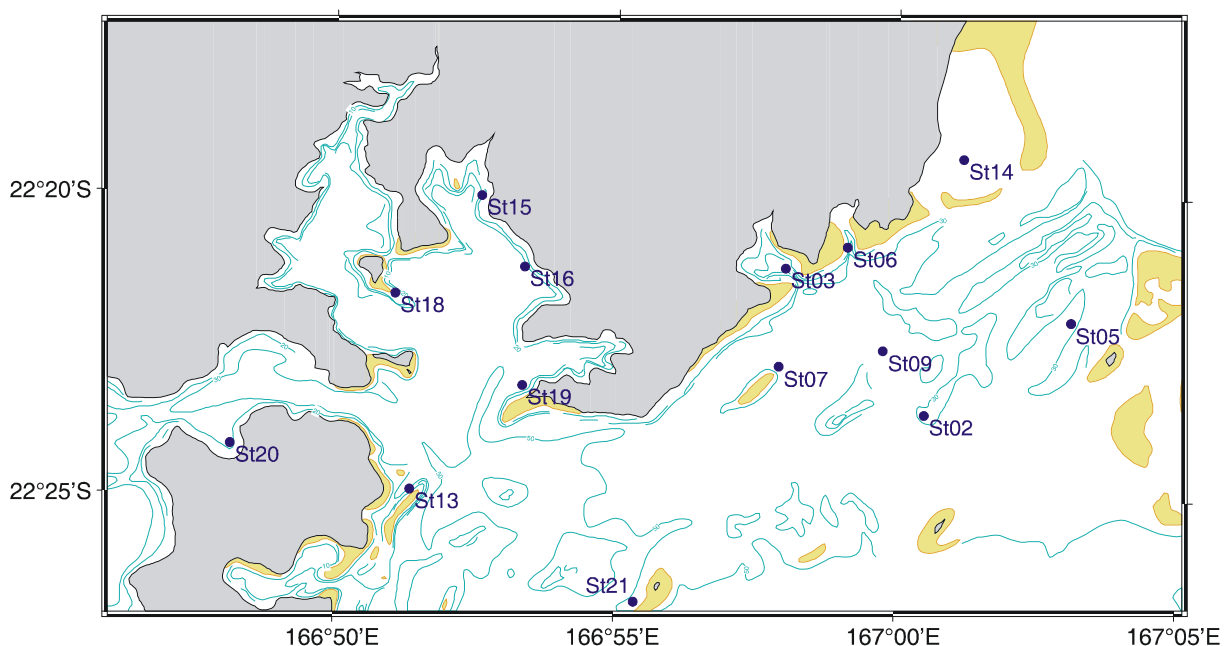
METHODOLOGIE

Site d'étude et conditions météorologiques

Les opérations de terrain ont été réalisées sur les 14 stations prédéfinies au cours de la campagne de prélèvements semestrielle (Tableau 1, Figure 1). Cette campagne s'est déroulée du 16 au 17 mars 2010 à bord du *N/O CORIS* de l'IRD et du MANTA. La station St16, correspondant à la zone portuaire de la Baie du Prony, a été échantillonnée lors de la première campagne de prélèvements semestrielle ainsi que le 26 mai 2010.

Tableau 1 : Liste et localisation des stations de prélèvement dans la colonne d'eau (référentiel WGS-84).

STATION AU REFERENCIEL WGS-84				
Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St2	167° 00,506	22° 23,599	36
Baie Port Boisé	St3	166° 58,010	22° 21,190	13
Ilot Kié	St5	167° 03,100	22° 22,050	20
Récif de la Baie Kwé	St6	166° 59,112	22° 20,830	15
Récif Ioro	St7	166° 57,910	22° 22,820	31
Canal de la Havannah	St9	166° 59,754	22° 22,540	35
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	27
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	23
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	33
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	25
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	15
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	36
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	24
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	34


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau.

Météorologie et hydrodynamique

Les conditions météorologiques durant les campagnes de prélèvement (vent, pluie) vont avoir une influence sur les variables physico-chimiques des eaux. Les deux campagnes, semestrielle et trimestrielle, se sont déroulées après de fortes précipitations (Figure 3 ; Figure 5). Les stations localisées à l'embouchure des rivières et creeks (St15, St06, St03, St16, St18, St19) seront donc fortement influencées par les apports terrigènes. De plus, la semaine précédant la campagne semestrielle, un vent fort avec des rafales à 35 nœuds a soufflé et a pu être responsable d'une remise en suspension, notamment aux stations les moins profondes (St03, St06 et St18).

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne semestrielle :

- Vent : SE 25-30 nœuds, rafales à 35 nœuds ;
- Pluie : 57,2 mm accumulés cinq jours avant la campagne de prélèvement.

Campagne du 16-17 mars :

- 16/03/2010 : Vent SE 15-20 nœuds, pluie, mer agitée ;
- 17/03/2010 : Vent SE 20 nœuds, pluie, mer agitée, houle 1m50.
- 18,2 mm de pluie tombés pendant la campagne de prélèvement.

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne trimestrielle :

- Pluie : 90,2 mm accumulés cinq jours avant la campagne de prélèvement.

Campagne trimestrielle :

- 26/05/2010 : Vent SE <5 nœuds, mer calme, beau temps, pas de pluie.

Afin de resituer chaque prélèvement dans le contexte courantologique naturel des cycles de marées, les heures d'arrivée en station ont été reportées sur le marégramme de la Figure 2 pour la campagne semestrielle et sur le marégramme de la Figure 4 pour la campagne trimestrielle. Les prélèvements de la campagne semestrielle ont été effectués en marée de vives-eaux. Durant cette campagne, la plupart des stations, à l'exception des stations St06 et St20, ont été échantillonnées en marée descendante lorsque les courants de fond et de surface du Canal de la Havannah sortent de la passe. Les stations St06 et St20 ont été échantillonnées à marée haute lorsque les courants de fond et de surface entrent à l'intérieur du lagon (Convention IRD/Goro-Ni, N°1124, 2008). Lors de la campagne trimestrielle, la station St16 a été échantillonnée lors d'une marée de mortes-eaux à peu près trois heures après marée haute lorsque les courants de marée sont quasiment nuls (Convention IRD/Goro-Ni, N°1124, 2008).

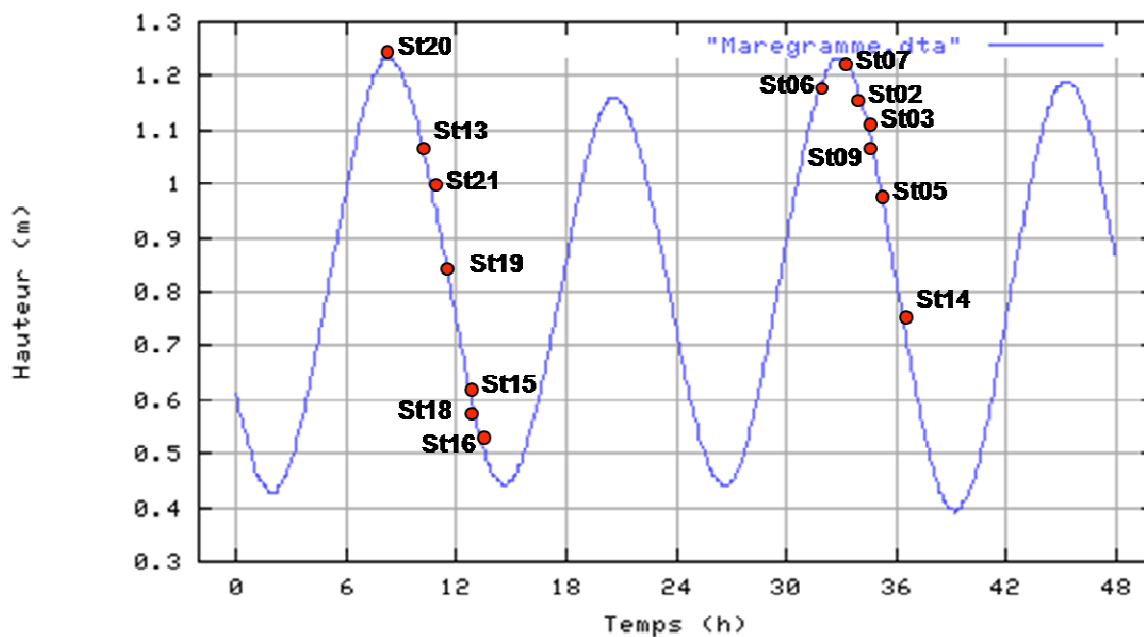


Figure 2 : Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la période d'échantillonnage (16-17 mars 2010).

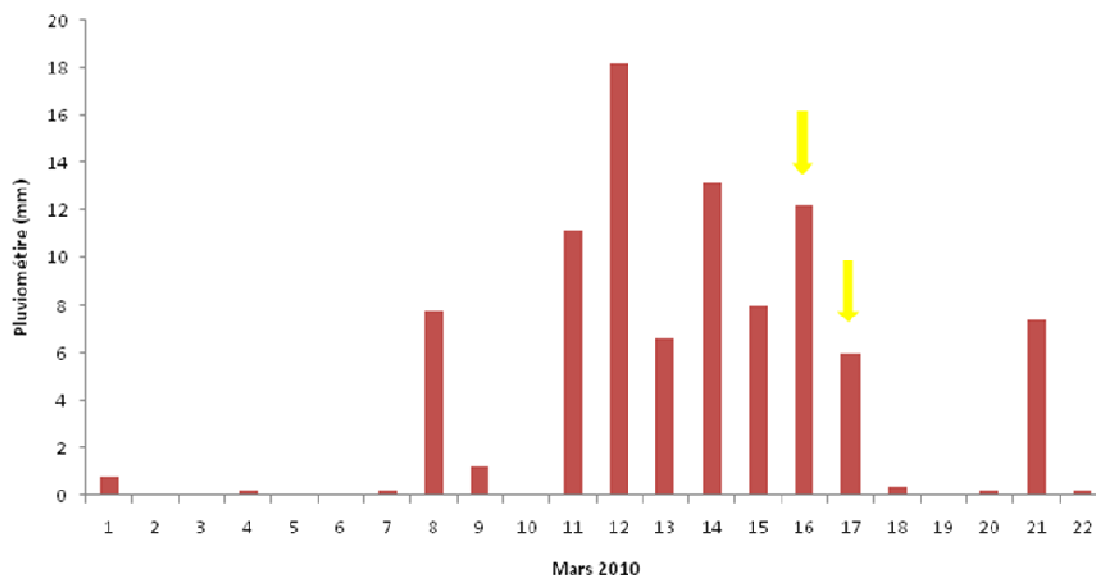


Figure 3 : Pluviométrie journalière du 1^{er} au 22 mars 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches jaunes.

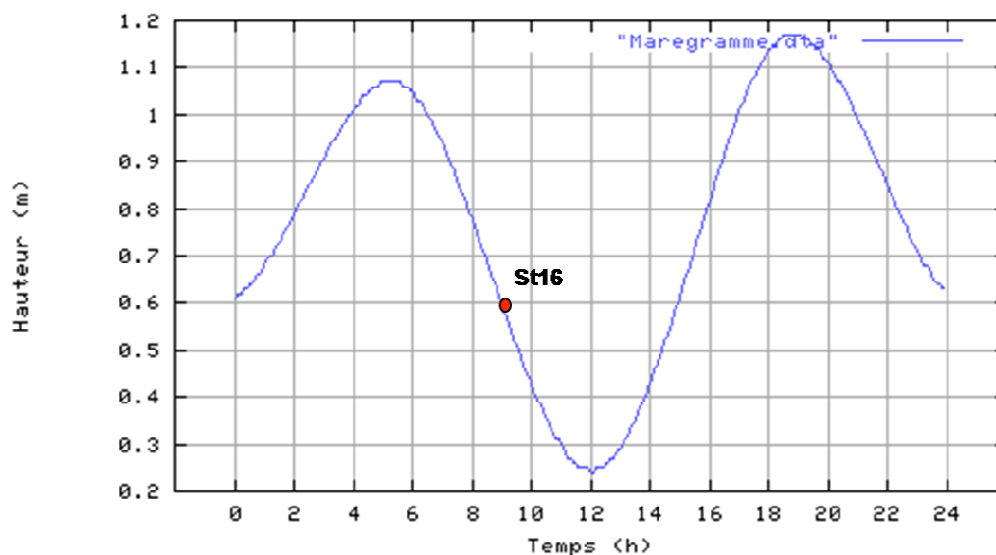


Figure 4 : Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la mission du 26 mai 2010.

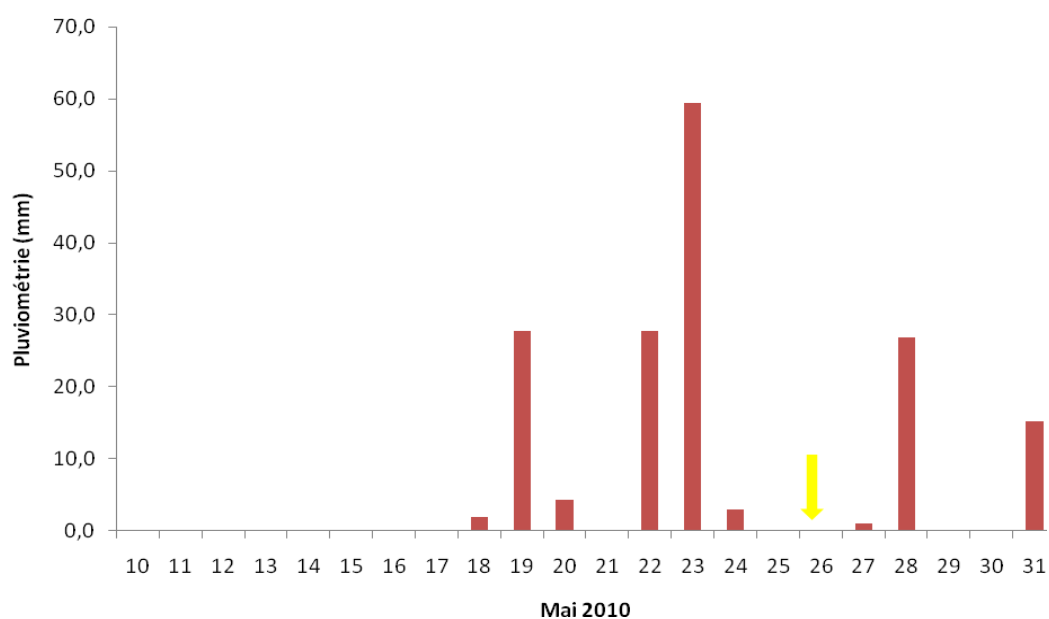


Figure 5 : Pluviométrie journalière du 10 au 31 mai 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). La journée de prélèvement est indiquée par la flèche jaune.

Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués par bouteille « Niskin » pour le dosage des sels nutritifs et des ions majeurs et par bouteille « Goflo, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous et des hydrocarbures totaux. L'eau a été échantillonnée aux profondeurs suivantes :

- Sub-surface (-3 m) ;
- Mi-profondeur ;
- Proximité du fond (environ 3 m).

Lors des campagnes de prélèvement, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, modèle SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- Prélèvements d'eau pour la détermination du pH, la MES, et les concentrations en sulfates, Ca, Na, K, Mg et Cl. Les carbonates ont été analysés uniquement à la station St16 ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux effectuée sur les trois prélèvements de la station St16 ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates, azote organique dissous, phosphore organique dissous) et de la charge organique particulaire (carbone, azote, phosphore, pigments chlorophylliens) ;
- Prélèvements d'eau à des fins d'analyse des métaux dissous par torche à plasma (ICP-OES) pour Co, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn et par électrochimie (Voltammétrie) pour les dosages de As et du couple Cr/Cr(VI). Pour la campagne trimestrielle, les mêmes métaux seront analysés à l'exception de As, Cd, Fe et Pb.

Paramètres physico-chimiques et analyse

Les méthodes sont décrites en annexe 7.

RESULTATS

Les analyses de la station St16 sont actuellement en cours et seront inclus dans le rapport final.

Paramètres physico-chimiques

Structures des masses d'eau

Rappel : Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau. En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (Aminot et Kérouel 2004). En milieux côtier et estuarien, la turbidité peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières, d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de blooms planctoniques. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigment chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Kérouel 2004).

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité obtenues pour la campagne de suivi « saison humide » de l'année 2010 sont répertoriées en Annexe 1 et dans le Tableau 2.

Les valeurs de température, salinité et fluorescence sont plus faibles en Baie du Prony ($26,2^{\circ}\text{C}$; $35,2\text{‰}$; $0,56 \pm 0,08 \text{ mg.m}^{-3}$) que dans le Canal de la Havannah ($26,3^{\circ}\text{C}$; $35,3\text{‰}$; $0,65 \pm 0,08 \text{ mg.m}^{-3}$) alors que les valeurs de turbidité sont légèrement plus élevées en Baie du Prony (0,50 FTU) que dans le Canal de la Havannah (0,47 FTU).

Les profils diffèrent selon les stations et permettent de mettre en évidence les stations :

- Influencées par les eaux océaniques et soumises à l'important mélange vertical lié à la turbulence des courants du Canal de la Havannah (St02 ; St05 ; St07 ; St09). Les colonnes d'eau sont homogènes et ne présentent donc pas de gradient particulier ;
- Fortement influencées par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15 ; St16 ; St18 ; St19), de la Kwé (St06) et de Port Boisé (St03). Les profils permettent de distinguer une nette stratification des eaux de surface dans les vingt premiers mètres ;
- Faiblement influencées par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St13 ; St20 ; St21), de la Kwé et de Port Boisé (St14).

Les profils de salinité, température, turbidité et fluorescence des stations St02, St05, St07 et St09 localisées dans le Canal de la Havannah sont identiques et homogènes au sein de la colonne d'eau avec des valeurs de fluorescence et de turbidité très faibles (respectivement 0,5 à 1 mg.m^{-3} et 0,5 FTU).

Les profils de turbidité, salinité et fluorescence varient entre les stations St14 (Port de Goro) et St21 (Ilot Ugo) situées dans le Canal de la Havannah. Au niveau de la station St21, la fluorescence augmente avec la profondeur, passant de 0,2 à $1,0 \text{ mg.m}^{-3}$. A la station St14, la fluorescence augmente également avec la profondeur (de 0,4 à $0,8 \text{ mg.m}^{-3}$) puis diminue dans la masse d'eau du fond (25 à 30 m). A cette diminution de fluorescence correspond une augmentation de turbidité dans la même masse d'eau. De plus, le profil de salinité de la

station St14 présente des valeurs plus faibles dans la couche de surface (0 à 5 m : 35,0‰) que dans le reste de la colonne d'eau (35,2 ‰). Ces stations ont été échantillonnées en marée descendante lorsque le courant sort du lagon et ont donc été influencées par les apports terrigènes de la Baie du Prony pour la station St21 et de Port Boisé et de la Kwé pour la station St14. Les stations St13 (Pointe Nord Récif Ma) et St20 (Baie Iré), probablement influencées par les apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony, ont des valeurs de fluorescence plus faibles en surface qu'en profondeur.

Les profils des stations de la Baie du Prony (St15 ; St16 ; St18 ; St19), notamment ceux de fluorescence, permettent de distinguer une stratification des eaux de surface où les valeurs de fluorescence augmentent dans les dix à vingt premiers mètres et atteignent un pic dont les valeurs varient de 0,7 (St18) à 1,4 mg.m⁻³ (St15). La station St15 (Prony Creek Baie Nord), présentant de fortes valeurs de fluorescence, est la plus influencée par les apports terrigènes. Cette stratification des eaux de surface est également marquée pour les stations St18 (Prony Ilot Casy) et St15 par des valeurs de température et de salinité plus faibles en surface qu'en profondeur. Cette stratification est très certainement causée par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony. Ces apports ont été intensifiés par les fortes précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne et également par le flux sortant du courant de marée descendante. Les apports terrigènes provenant des creeks de la Baie du Prony sont également mis en évidence par la présence d'un néphéloïde benthique au niveau de ces quatre stations. Cette augmentation de turbidité en profondeur a pu également être due à une remise en suspension de sédiments de surface causés par les vents forts ayant soufflés la semaine précédant la campagne.

Aux stations de Port Boisé (St03) et de la Kwé (St06), les masses d'eau se singularisent par une forte dessalure de surface ainsi que des valeurs de températures plus faibles en surface (cinq à dix premiers mètres) qu'en profondeur. Ces fortes dessalures sont dues aux apports d'eaux douces qui ont été accentués par les précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne de prélèvement. Cette forte influence terrigène est également mise en évidence dans les profils de turbidité. La station St03 se caractérise par la présence d'un néphéloïde benthique (25-30 m) dont les valeurs de turbidité atteignent 2,0 FTU. La St06 se caractérise par la présence d'une veine d'eau localisée entre 5 et 10 mètres dont les valeurs de turbidité atteignent un pic à 1,5 FTU.

Tableau 2 : Synthèse des valeurs de température, fluorescence, turbidité et salinité dans la zone d'étude en saison humide (16 au 17 mars 2010).

		Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (FTU)	Fluorescence (mg.m ⁻³)
Domaine entier	Min	25,79	33,88	0,17	0,15
	Max	26,69	35,38	2,23	1,38
	Moyenne	26,57	35,38	1,30	0,95
	Ecart-type	0,21	0,01	0,99	0,48
Canal de la Havannah	Min	25,79	34,24	0,17	0,15
	Max	26,69	35,38	2,23	1,26
	Moyenne	26,38	35,30	0,47	0,65
	Ecart-type	0,04	0,10	0,13	0,08
Baie du Prony	Min	25,82	33,88	0,21	0,26
	Max	26,57	35,34	2,05	1,38
	Moyenne	26,32	35,23	0,50	0,56
	Ecart-type	0,05	0,12	0,11	0,08

Eléments majeurs et pH

Les résultats d'analyse des éléments majeurs et du pH sont regroupés en Annexe 2. Ces résultats sont conformes aux valeurs attendues et similaires avec celles obtenues lors des campagnes de suivi précédentes (Convention IRD-Vale-Inco N°C2284/E13517, 2009).

Carbonates (Station 16)

Les concentrations de l'alcalinité carbonatée de la station St16 sont regroupées en Annexe 2. La concentration moyenne est de $2,80 \pm 0,02$ eq/l. Celle-ci est légèrement plus élevée que les concentrations déterminées pendant les suivis précédents (2009 : $2,27 \pm 0,09$ eq/l ; 2008 : $2,35 \pm 0,07$).

Matières en suspension

Rappel : La mesure des MES est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète l'importance des apports continentaux et de la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'épaisseur de la couche euphotique (Aminot et Kérouel 2004). En milieux côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5 mg/l (Aminot et Kérouel 2004).

Les résultats d'analyse des MES sont regroupés en Annexe 2 et à la Figure 6. Les concentrations des MES aux stations fortement influencées par les apports terrigènes, soit St15 (Prony Creek Baie Nord), St03 (Baie Port Boisé) et St06 (Récif de la Baie Kwé), sont élevées par rapport au reste des stations, à l'exception des stations St05 (Ilot Kié) et St21 (Ilot Ugo). Les concentrations des MES à ces deux dernières stations paraissent aberrantes au regard des profils de turbidité et fluorescence obtenus à ces stations, lesquels ne montrent pas de variation verticale au sein de la colonne d'eau ; ces résultats de charge particulaire sont donc à considérer avec précautions (Annexe 1).

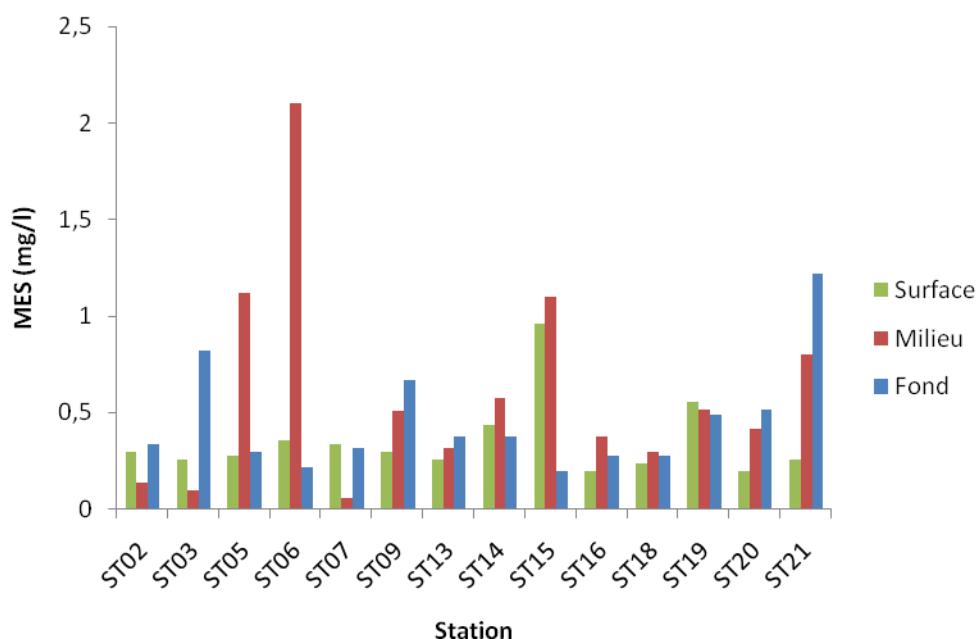


Figure 6 : Concentrations des MES (mg/l) en surface, mi-profondeur et fond aux quatorze stations de la zone étudiée.

Sels nutritifs

Les concentrations des sels nutritifs sont regroupées en Annexe 3 et dans le Tableau 3.

Ammonium

Rappel : Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excréments animaux et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles.

Les valeurs d'ammonium dans l'ensemble de la zone étudiée varient de manière importante : 0,02 à 0,39 $\mu\text{mol/L}$, avec une moyenne de $0,14 \pm 0,09 \mu\text{mol/L}$. Les concentrations en ammonium sont plus élevées dans le Canal de la Havannah ($0,16 \pm 0,09 \mu\text{mol/L}$) que dans la Baie du Prony ($0,11 \pm 0,08 \mu\text{mol/L}$) et ne montrent pas de distribution verticale particulière.

Nitrates + Nitrites

Rappel : L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale (NO_3). La vitesse de régénération peut être parfois différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.

Les valeurs de $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ de la campagne semestrielle 2010 sont comprises entre 0,005 et 0,717 $\mu\text{mol/L}$ dans l'ensemble de la zone étudiée, avec une concentration moyenne de $0,204 \pm 0,163 \mu\text{mol/L}$. Comme pour l'ammonium, les concentrations en Baie du Prony (0,108 $\mu\text{mol/L}$) sont deux fois moins élevées que celles dans le Canal de la Havannah (0,258 $\mu\text{mol/L}$). On remarque néanmoins au niveau de la station St15 une concentration $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ très élevée à mi-profondeur (0,700 $\mu\text{mol/L}$) comparée aux concentrations mesurées aux stations de la Baie du Prony. Cette forte concentration reflète l'importance des apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony consécutifs aux précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne (Figure 3). Les concentrations mesurées dans la zone étudiée ne présentent pas de distribution verticale particulière dans la colonne d'eau.

Phosphates

Rappel : Dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates. (PO_4^{2-}) Leur concentration dépend de phénomènes physiques et biologiques ou chimiques. Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique (La zone euphotique correspond à la hauteur d'eau qui est pénétrée par la lumière). En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.

Les concentrations de PO_4 sont homogènes dans la zone étudiée, avec une moyenne de $0,058 \pm 0,026 \mu\text{mol/L}$, et ne présente aucune distribution verticale particulière. Seule la station St15 montre une concentration de mi-profondeur très élevée (0,202 $\mu\text{mol/L}$) comparée au reste de la zone étudiée. Cette station présente également une concentration très élevée de $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ à mi-profondeur. Ces fortes concentrations en $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ et PO_4 peuvent s'expliquer par des apports en eaux douces, au niveau de la station St15 située à l'embouchure des creeks de la Baie du Prony, n'ayant pas encore été consommés par le phytoplancton.

Silicates

Rappel : Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates (SiO_4^{4-}), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi, dans le domaine océanique, les concentrations en surface sont généralement très faibles mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes ou des fonds abyssaux.

Les concentrations de silicates se distinguent par une très nette distribution côte-large, les valeurs étant plus élevées aux niveaux des stations influencées par les apports terrigènes. En effet, les concentrations sont quasiment trois fois plus fortes dans la Baie du Prony (2,4 $\mu\text{mol/L}$) que dans le Canal de la Havannah (0,9 $\mu\text{mol/L}$). Cette différence est notamment marquée à la station St15 où les concentrations de surface atteignent jusqu'à 6,6 $\mu\text{mol/L}$.

Les stations St03 et St06, influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé et de la Kwé, présentent également de fortes concentrations comparées à celles trouvées dans le Canal de la Havannah, soit 2,9 et 4,7 $\mu\text{mol/L}$ en surface respectivement. Ces fortes concentrations de surface sont probablement dues à une intensification des apports terrigènes causés par les fortes pluies de la semaine précédant la campagne de prélèvement (Figure 3). Hormis pour les stations St03, St06, St15 et St19, dont les concentrations sont nettement plus élevées en surface, les concentrations aux autres stations ne varient pas avec la profondeur.

Tableau 3 : Concentrations en sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates et silicates) dans la zone d'étude en saison humide (16 au 17 mars 2010).

		NO2+NO3 ($\mu\text{mol/L}$)	NH4 ($\mu\text{mol/L}$)	PO4 ($\mu\text{mol/L}$)	SIO2 ($\mu\text{mol/L}$)
Domaine entier	Min	0,005	0,018	0,026	0,02
	Max	0,717	0,389	0,202	6,64
	Moyenne	0,204	0,140	0,058	1,35
	Ecart-type	0,163	0,089	0,026	1,30
Canal de la Havannah	Min	0,056	0,034	0,031	0,02
	Max	0,717	0,389	0,074	4,69
	Moyenne	0,258	0,156	0,055	0,89
	Ecart-type	0,132	0,094	0,011	1,00
Baie du Prony	Min	0,005	0,018	0,039	1,32
	Max	0,700	0,249	0,202	6,64
	Moyenne	0,108	0,111	0,071	2,43
	Ecart-type	0,194	0,078	0,043	1,45

Carbone, azote et phosphore organiques

La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire ; cependant les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille soit de 0,45 μm pour les séparer (Strickland & Parsons, 1972). Les concentrations de carbone, azote et phosphore organiques sont regroupés en Annexe 4 dans le Tableau 4.

Azote et phosphore dissous

Rappel : La contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, macro-organismes pélagiques,) ou terrestre (bactéries, débris végétaux, ...) voire éolienne (bactéries, pollens, ...). D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan ouvert.

Les concentrations en phosphore dissous sont relativement homogènes dans la zone étudiée, avec une moyenne de $0,83 \pm 0,10 \mu\text{mol/L}$. On remarque néanmoins que les concentrations dans la Baie du Prony ($0,78 \pm 0,11 \mu\text{mol/L}$) sont légèrement plus faibles que celles dans le Canal de la Havannah ($0,85 \pm 0,08 \mu\text{mol/L}$). Aucune distribution verticale n'est visible.

Les niveaux d'azote dissous ne montrent aucun gradient horizontal ni vertical bien défini ; la concentration moyenne de $2,18 \pm 1,31 \mu\text{mol/L}$. On peut cependant noter en station St07 (Récif Ioro) des concentrations de mi-profondeur et de fond plus élevées que pour le reste des stations atteignant plus de $6,50 \mu\text{mol/L}$. Ces niveaux de concentrations plus élevées n'ont pas d'explication bien définie (remise en suspension ?).

Azote, phosphore et carbone particuliers

Rappel : La fraction particulaire de ces éléments constitue des matières en suspension de tailles diverses transportées au sein des masses d'eau. Leur origine est également océanique, terrestre voire éolienne. Les concentrations présentent d'ordinaire un gradient côte-large et peuvent montrer des discontinuités verticales en fonction de l'existence ou non de couches turbides.

Les concentrations d'azote ($1,9 \pm 1,2 \mu\text{mol/L}$) et de carbone particuliers ($8,8 \pm 3,8 \mu\text{mol/L}$) ne mettent pas en évidence de distributions horizontale et verticale spécifiques. Cependant la station St13 (Pointe Nord du récif Ma) se démarque des autres par des concentrations en NOP et COP jusqu'à trois fois supérieures à celles trouvées dans la zone d'étude (NOP : $6,3 \mu\text{mol/L}$; COP : $27,9 \mu\text{mol/L}$). Ces fortes concentrations peuvent refléter plusieurs origines : océaniques, terrestres ou éoliennes.

Contrairement aux concentrations de NOP et COP, celles de POP sont légèrement plus élevées dans le Canal de la Havannah ($0,07 \pm 0,03 \mu\text{mol/L}$) que dans la Baie du Prony ($0,05 \pm 0,02 \mu\text{mol/L}$). Ces concentrations ne montrent pas de distribution verticale au sein de la colonne d'eau.

Tableau 4 : Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particulaires dans la zone d'étude en saison humide (16-17 mars 2010).

		POD (µmol/L)	NOD (µmol/L)	COP (µmol/L)	NOP (µmol/L)	POP (µmol/L)
Domaine entier	Min	0,596	0,380	5,160	0,780	0,002
	Max	1,050	6,830	27,890	6,250	0,141
	Moyenne	0,831	2,183	8,746	1,883	0,062
	Ecart-type	0,095	1,308	3,794	1,197	0,027
Canal de la Havannah	Min	0,671	0,380	5,160	0,780	0,002
	Max	0,953	6,830	27,890	6,250	0,141
	Moyenne	0,848	2,255	8,919	2,097	0,068
	Ecart-type	0,077	1,577	4,588	1,423	0,028
Baie du Prony	Min	0,596	1,070	5,660	0,830	0,021
	Max	0,942	2,900	10,860	2,530	0,090
	Moyenne	0,776	2,071	8,423	1,492	0,054
	Ecart-type	0,105	0,673	1,540	0,492	0,022

Chlorophylle *a* et phéopigments

Rappel : La chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et de ce fait le niveau trophique (oligotrophie/eutrophie) du milieu (Fichez et al. 2005). Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéopigments.

Les concentrations de chlorophylle *a* sont assez hétérogènes dans la zone étudiée, leurs valeurs variant de 0,32 à 1,12 µg/l avec une moyenne s'élevant à $0,78 \pm 0,20$ µg/l (Tableau 5 ; Annexe 4). Aux stations St03 et St06, influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé et de la Kwé respectivement, les concentrations en chlorophylle *a* sont plus faibles (St03 : 0,55 µg/l ; St06 : 0,44 µg/l) que celles trouvées aux autres stations. Les concentrations de chlorophylle *a* ne varient pas selon un gradient surface-fond.

Les concentrations de phéopigments sont relativement homogènes dans la zone d'étude ($0,20 \pm 0,05$ µg/l) et ne montrent pas de gradient vertical (Tableau 5 ; Annexe 4). Aux stations St14 et St15, les concentrations à mi-profondeur sont les plus élevées (0,34 et 0,31 µg/l respectivement) de toute la zone d'étude.

Tableau 5 : Concentrations en pigments chlorophylliens dans la zone d'étude en saison humide (16-17 mars 2010)

		Chloro <i>a</i> (µg/l)	Pheo (µg/l)	% Phéo
Domaine entier	Min	0,32	0,00	0,00
	Max	1,12	0,34	39,32
	Moyenne	0,78	0,20	20,98
	Ecart-type	0,20	0,05	6,67
Canal de la Havannah	Min	0,32	0,00	0,00
	Max	1,12	0,34	39,32
	Moyenne	0,80	0,20	21,38
	Ecart-type	0,23	0,06	7,58
Baie du Prony	Min	0,52	0,10	11,08
	Max	1,05	0,31	30,78
	Moyenne	0,76	0,19	20,00
	Ecart-type	0,14	0,06	5,32

Hydrocarbures totaux

L'analyse des prélèvements de la station St16 (Annexe 5), n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de détection de la méthode (LD <0,1 mg.L⁻¹).

Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau

Les résultats d'analyses des métaux sont regroupés en Annexe 6, dans le Tableau 6 et la Figure 7.

Les concentrations de certains éléments métalliques tels que le Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr total, naturellement contenus dans les roches latéritiques du sud calédonien (Fernandez et al. 2006), se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé alors que d'autres éléments tels que Cu et Fe montrent un comportement inverse. Les concentrations en Cd et Pb sont inférieures aux limites de détection compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du sud calédonien (Atlas de la Nouvelle-Calédonie, 1981). Les concentrations en Zn étant anormalement élevées, un problème de contamination des échantillons du à la peinture et au gaz d'échappement des moteurs du bateau est à suspecter. Ces résultats sont donc à considérer avec précaution.

Le Co, Ni et Mn montrent des distributions remarquablement identiques. Leurs concentrations en Baie du Prony sont deux fois plus élevées que celles dans le Canal de la Havannah. Dans le Canal de la Havannah, les stations St03 et St06, influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé et de la Kwé, se singularisent par des concentrations en Co, Ni et Mn plus élevées que dans le reste du Canal.

Les stations influencées par les masses d'eaux océaniques (St02, St05, St07, St09) se distinguent clairement avec des concentrations parmi les plus basses mesurées et particulièrement homogènes. Les concentrations en métaux de ces eaux (Co : 0,02 µg/l ; Mn :

0,12 µg/l ; Ni : 0,12 µg/l) sont trois à quatre fois plus faibles que celles des eaux des stations de la frange côtière (Co : 0,08 µg/l ; Mn : 0,35 µg/l ; Ni : 0,39 µg/l). Cette zonation a déjà été mise en évidence lors des suivis environnementaux des années précédentes (Convention IRD/GoroNi, n°1312 ; Convention IRD/Vale-Inco n°C2284/E13517). Cette zonation, particulièrement forte, est due aux forts apports en eaux douces causés par les importantes précipitations de la semaine précédant la campagne (Figure 3). Un gradient côte-large, un peu moins marqué que le précédent, est également visible dans la répartition spatiale du Cr(VI) et du Cr total avec des concentrations plus élevées en Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah. Un gradient vertical est également mis en évidence aux stations St15, St18, St03, et St06, les plus fortes concentrations s'observant en surface. Ce gradient est particulièrement évident à la station St15 où les concentrations en surface sont, selon les métaux (Co, Cr(VI), Mn, Ni), deux à quatre fois supérieures à celles du fond. Ce gradient est également observé dans les profils de salinité, température, turbidité et fluorescence de ces mêmes stations (St15, St18, St03, St06), soulignant l'importance des apports d'eaux douces dans les couches de surface au niveau de celles-ci (Figure 3).

Les concentrations en Cu et Fe sont plus élevées dans le Canal de la Havannah (Cu : $0,12 \pm 0,02$ µg/l ; Fe : $0,13 \pm 0,07$ µg/l) que dans la Baie du Prony (Cu : $0,05 \pm 0,04$ µg/l ; Fe : $0,09 \pm 0,02$ µg/l). Les métaux tels que le Cu sont à l'état de traces dans les roches latéritiques ; leurs concentrations dans les eaux côtières peuvent donc être parfois plus faibles que dans les eaux influencées par les apports océaniques. Cette différence de concentration en Cu dans la Baie du Prony et le Canal de la Havannah peut être due aux importants apports en eaux douces pauvres en Cu déversés lors des fortes précipitations de la semaine précédant la campagne (Figure 3). Aucun gradient vertical n'est à noter pour le Fe alors que les concentrations de Cu diminuent avec la profondeur pour les stations dont les concentrations sont les plus élevées (St13, St09, St07, St14).

Tableau 6 : Valeurs moyennes et domaines de variations des concentrations en métaux dissous pour la campagne saison humide (16-17 mars 2010).

		Co (µg/l)	Cu (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	Ni (µg/l)	Zn (µg/l)	Cr(VI) (µg/l)	Cr tot (µg/l)
Domaine entier	Min	0,01	0,01	0,07	0,08	0,09	0,17	0,11	0,15
	Max	0,27	0,86	0,29	1,27	1,06	0,87	0,78	0,45
	Moyenne	0,05	0,10	0,11	0,24	0,25	0,57	0,19	0,20
	E-type	0,04	0,14	0,05	0,19	0,19	0,19	0,11	0,06
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,02	0,07	0,08	0,09	0,17	0,11	0,15
	Max	0,10	0,86	0,29	0,54	0,65	0,87	0,25	0,27
	Moyenne	0,04	0,12	0,13	0,18	0,19	0,52	0,15	0,18
	E-type	0,01	0,02	0,07	0,08	0,09	0,17	0,11	0,15
Baie de Prony	Min	0,06	0,01	0,07	0,18	0,24	0,62	0,18	0,20
	Max	0,27	0,13	0,12	1,27	1,06	0,82	0,78	0,45
	Moyenne	0,08	0,05	0,09	0,36	0,38	0,76	0,28	0,26
	E-type	0,06	0,04	0,02	0,30	0,23	0,08	0,17	0,08

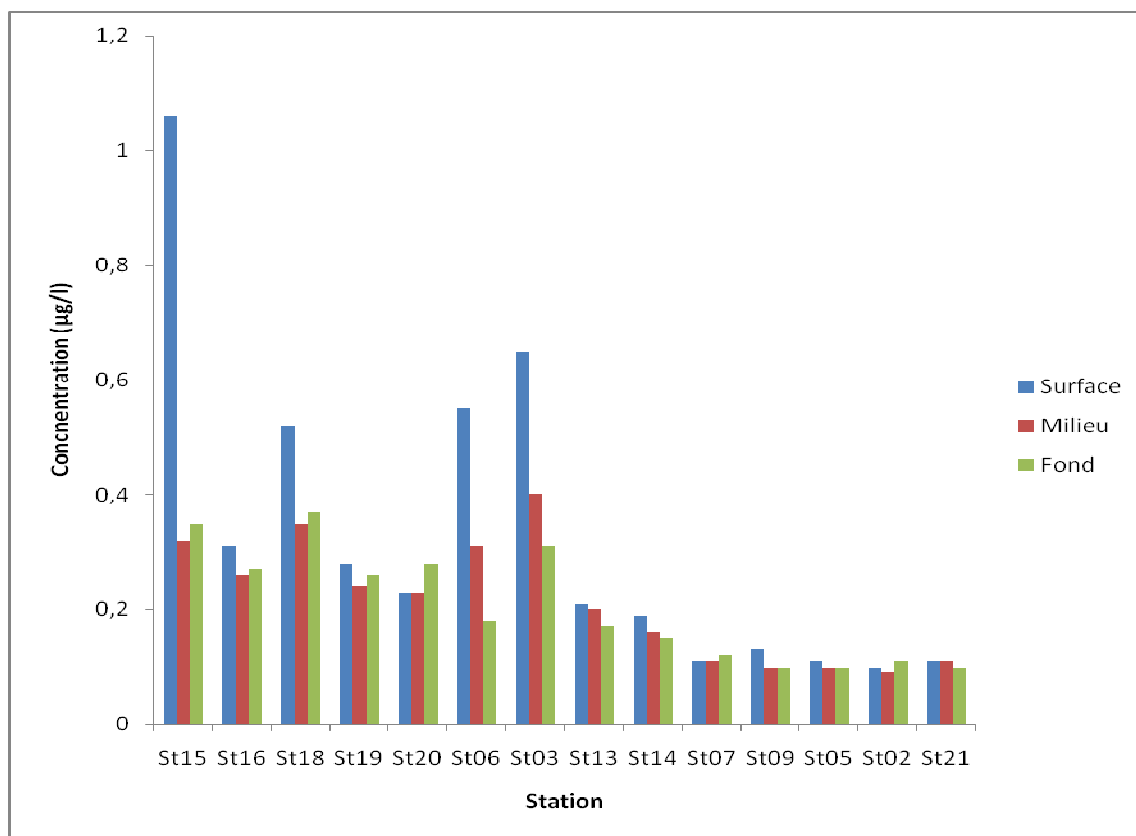


Figure 7 : Evolution spatiale des concentrations en Ni en fonction de l'éloignement à la côte (Campagne « saison humide » 2010). Les stations St03, St06, St15 et St18 subissent clairement l'influence d'apports terrigènes.

SYNTHESE DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010)

Les valeurs moyennes des concentrations en sels nutritifs, matières organiques dissoute et particulaire, chlorophylle *a*, phéopigments et métaux dissous dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivis environnementales « saison humide » réalisées en 2007, 2009 et 2010 sont regroupées dans les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9, 13 et 14.

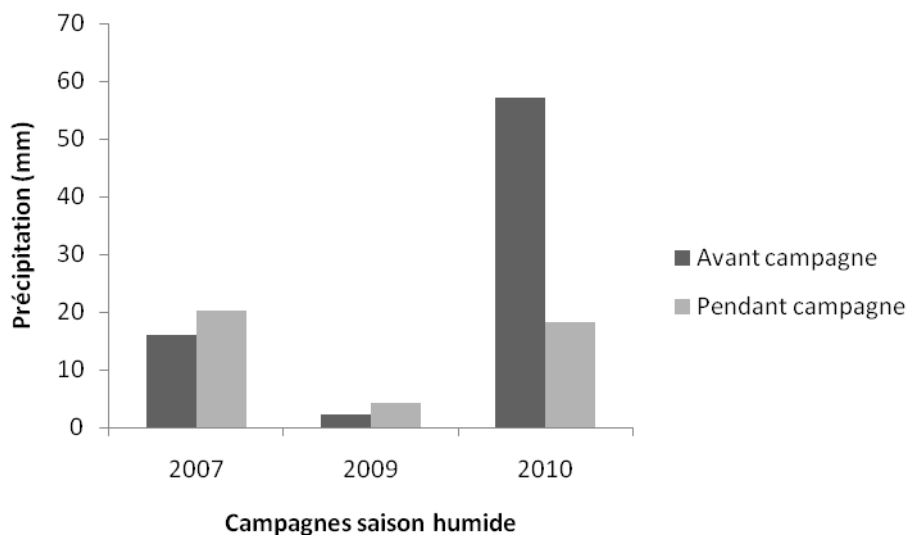


Figure 8 : Cumuls des précipitations qui ont eu lieu 5 jours avant les campagnes (Avant campagne) et des précipitations qui ont eu lieu pendant les campagnes (Pendant campagne) « saison humide » de 2007, 2009 et 2010.

Comparaison interannuelle des concentrations en sels nutritifs des campagnes « saison humide »

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations en SiO_4 de 2009 sont plus élevées que celles mesurées en 2007 et 2010 tandis que celles de PO_4 augmentent très légèrement de 2007 ($0,04 \mu\text{mol/l}$) à 2010 ($0,06 \mu\text{mol/l}$) (Tableau 7). Alors que concentrations moyennes de NO_2+NO_3 de l'ensemble de la zone étudiée augmentent entre 2007 et 2009 puis diminuent entre 2009 et 2010, les concentrations de NH_4 suivent le schéma inverse. Ces variations sont corrélées avec les variations de pluviométrie observées lors des trois campagnes de prélèvement. Les précipitations sont beaucoup plus faibles en 2009 qu'en 2007 et 2010 (Figure 8).

Les concentrations en NO_2+NO_3 et NH_4 de trois stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) représentant différents sites d'influences de la zone d'étude (Influence terrigène des creeks de la Baie et Prony (St15) et de la Kwé (St06) ; influence océanique du Canal de la Havannah (St09)) ont été comparées

entre les trois campagnes « saison humide ». Pour les stations St15, St06 et St09, on observe la même évolution des concentrations de NO_2+NO_3 en profondeur, celles-ci étant plus élevées en 2009 qu'en 2007 et 2010 (Figure 9). On observe également une augmentation des concentrations de NH_4 en profondeur et mi-profondeur aux stations St15 et St06 entre 2009 et 2010 alors que ces concentrations stagnent ou diminuent en station St09 (Figure 9). Ces variations de concentrations sont probablement liées aux variations des conditions météorologiques des trois campagnes effectuées en saison humide. Plus de données temporelles sont nécessaires afin de pouvoir interpréter ces variations.

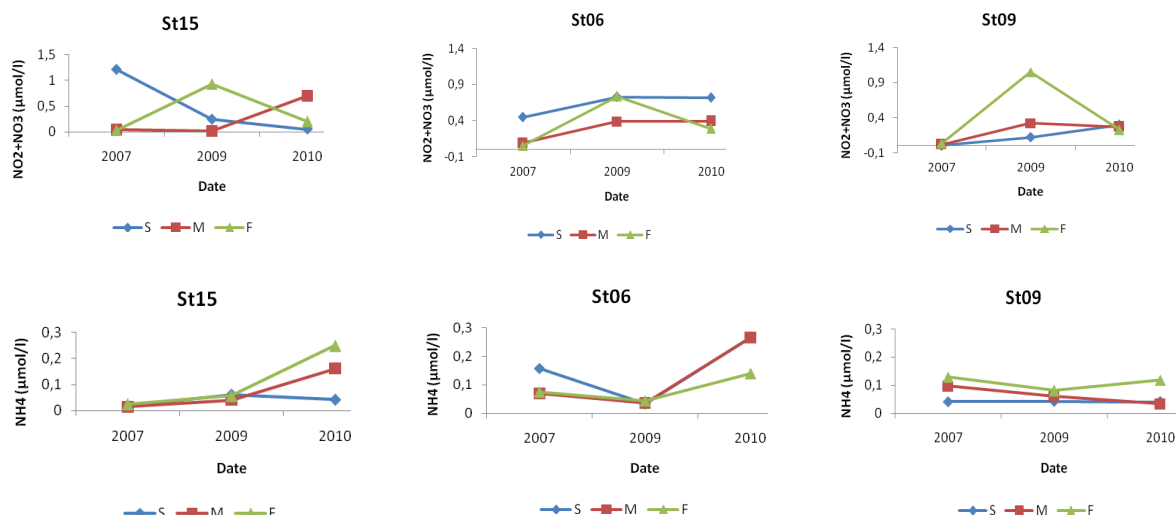


Figure 9 : Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en NO_2+NO_3 et NH_4 aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison humide » de 2007, 2009 et 2010.

Tableau 7 : Comparaison des concentrations en sels nutritifs mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.

Année		NO_2+NO_3 ($\mu\text{mol/L}$)			PO_4 ($\mu\text{mol/L}$)			SiO_4 ($\mu\text{mol/L}$)			NH_4 ($\mu\text{mol/L}$)		
		2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010
Domaine entier	Min	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,43	0,97	0,01	0,01	0,00	0,02
	Max	4,92	1,74	0,72	0,13	0,17	0,2	4,07	4,79	6,64	0,41	0,16	0,39
	Moyenne	0,24	0,46	0,2	0,04	0,05	0,06	1,36	1,90	1,35	0,09	0,05	0,14
Canal de la Havannah	Min	0,00	0,10	0,06	0,00	0,02	0,03	0,43	0,97	0,02	0,01	0,03	0,03
	Max	4,92	1,05	0,72	0,13	0,06	0,07	1,97	1,58	4,69	0,41	0,13	0,39
	Moyenne	0,27	0,42	0,26	0,04	0,04	0,06	1,07	1,22	0,89	0,10	0,05	0,16
Baie du Prony	Min	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	1,25	1,55	1,32	0,01	0,00	0,02
	Max	0,34	1,74	0,7	0,06	0,17	0,2	4,07	4,21	6,64	0,17	0,11	0,25
	Moyenne	0,08	0,38	0,11	0,04	0,06	0,07	2,38	2,63	2,43	0,04	0,04	0,11

Comparaison interannuelle des concentrations de la matière organique et des pigments chlorophylliens des campagnes « saison humide »

Les concentrations en NOD, NOP, POP et phéopigments ne montrent pas de variations particulières entre 2009 et 2010 dans l'ensemble de la zone d'étude. Cependant, les concentrations en POD et chlorophylle *a* ont été multipliées par quatre et deux, respectivement, depuis 2007. La variation des concentrations de POD est plus marquée en Baie du Prony (2007 : 0,10 $\mu\text{mol/l}$; 2010 : 0,78 $\mu\text{mol/l}$) que dans le Canal de la Havannah (2007 : 0,35 $\mu\text{mol/l}$; 2010 : 0,85 $\mu\text{mol/l}$).

Les augmentations des concentrations de chlorophylle *a* et POD lors de la campagne 2010 peuvent être dues aux fortes précipitations qui ont eu lieu cinq jours avant la campagne (57,2 mm) (Figure 8). L'augmentation des concentrations de POD peut être la conséquence de la dégradation de matière organique d'origine terrestre (acide humique, bactérie, débris végétaux...). Ces interprétations sont à considérer avec prudence, plus de données temporelles sont nécessaires afin de pouvoir interpréter ces variations.

Tableau 8 : Comparaison des concentrations en phosphore et azote organiques et particuliers mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.

Année		POD ($\mu\text{mol/L}$)			NOD ($\mu\text{mol/L}$)			POP ($\mu\text{mol/L}$)			NOP ($\mu\text{mol/L}$)		
		2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010
Domaine entier	Min	0,03	0,06	0,60	2,76	0,68	0,38	0,04	0,05	0,00	0,37	0,96	0,78
	Max	0,19	0,37	1,05	7,26	4,46	6,83	0,11	0,12	0,14	1,75	5,01	6,25
	Moyenne	0,11	0,19	0,83	4,30	2,67	2,18	0,06	0,08	0,06	0,81	1,75	1,88
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,13	0,67	2,76	0,68	0,38	0,04	0,05	0,00	0,44	1,12	0,78
	Max	0,28	0,32	0,95	7,26	3,51	6,83	0,11	0,08	0,14	1,75	3,54	6,25
	Moyenne	0,35	0,20	0,85	4,33	2,46	2,26	0,06	0,06	0,07	0,82	1,84	2,10
Baie du Prony	Min	0,05	0,12	0,60	3,36	1,51	1,07	0,04	0,06	0,02	0,37	1,02	0,83
	Max	0,15	0,37	0,94	5,73	4,46	2,90	0,11	0,11	0,09	1,39	3,82	2,53
	Moyenne	0,10	0,23	0,78	4,21	2,68	2,07	0,06	0,08	0,05	0,81	1,65	1,49

Tableau 9 : Comparaison des concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments mesurées des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.

Année		Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)			Phéopigments (µg/L)		
		2007	2009	2010	2007	2009	2010
Domaine entier	Min	0,20	0,27	0,32	0,04	0,06	0,00
	Max	0,97	1,20	1,12	0,30	0,44	0,34
	Moyenne	0,43	0,60	0,78	0,15	0,20	0,20
Canal de la Havannah	Min	0,20	0,38	0,32	0,04	0,11	0,00
	Max	0,59	0,77	1,12	0,28	0,36	0,34
	Moyenne	0,40	0,54	0,80	0,15	0,21	0,20
Baie du Prony	Min	0,27	0,27	0,52	0,07	0,06	0,10
	Max	0,59	1,20	1,05	0,23	0,44	0,31
	Moyenne	0,43	0,61	0,76	0,13	0,18	0,19

Comparaison interannuelle des concentrations des métaux dissous des campagnes « saison humide »

En ce qui concerne les métaux dissous, les concentrations des éléments métalliques tels que Co, Cr(VI) et Mn sont relativement constantes de 2007 à 2010, pour les mêmes périodes d'échantillonnage (Saison humide) dans le domaine entier. Une légère diminution des concentrations en Ni de 2007 (0,38 µg/l) à 2010 (0,25 µg/l) a été observée. On remarque quelques variations pour certains éléments comme le Cr total dont les concentrations ont triplé de 2007 à 2009 puis diminué de 0,33 à 0,20 µg/l de 2009 à 2010. Les concentrations moyennes de Fe sont plus élevées en 2009, notamment dans le Canal de la Havannah.

De même que pour NO₂+NO₃ et NH₄, les concentrations en Ni, Co, Cr(VI) et Mn des trois stations St15, St09 et St06 ont été comparées entre les trois campagnes « saison humide » de 2007, 2009 et 2010. A la station St15 (Prony Creek Baie Nord), les concentrations de Ni, Cr(VI), Co et Mn montrent la même évolution en fonction du temps (Figure 10). Les concentrations de profondeur et mi-profondeur stagnent de 2007 à 2010 alors que les concentrations de surface stagnent de 2007 à 2009 puis augmentent de 2009 à 2010. Ces métaux sont présent naturellement dans les sols du sud calédonien et proviennent du lessivage des sols des creeks de la Baie du Prony. L'augmentation de leurs concentrations de 2009 à 2010 a pu être causée par les précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne, celle-ci étant plus importantes que les précipitations observées en 2007 et 2009 (Figure 8). En St06 (Récif de la Baie Kwé), les concentrations de Ni et Mn montrent la même évolution de 2007 à 2010 (Figure 10). Les concentrations de profondeur et mi-profondeur varient très peu de 2007 à 2010 alors que les concentrations de surface de Mn et Ni sont plus élevées en 2009 qu'en 2007 et 2010. Les concentrations de Co augmentent légèrement de 2009 et 2010. Bien qu'influencées par les apports terrigènes de la Kwé, ces stations ne montrent pas d'évolution particulière du aux précipitations de 2010 (Figure 8). En St09 (Canal de la Havannah), les concentrations de Ni, Co et Mn diminuent légèrement de 2007 à 2010 et celles de Cr(VI) ne

montrent aucune variation entre 2009 et 2010 (Figure 10). Cette station, étant située dans le Canal de la Havannah, n'est pas influencée par les apports terrigènes.

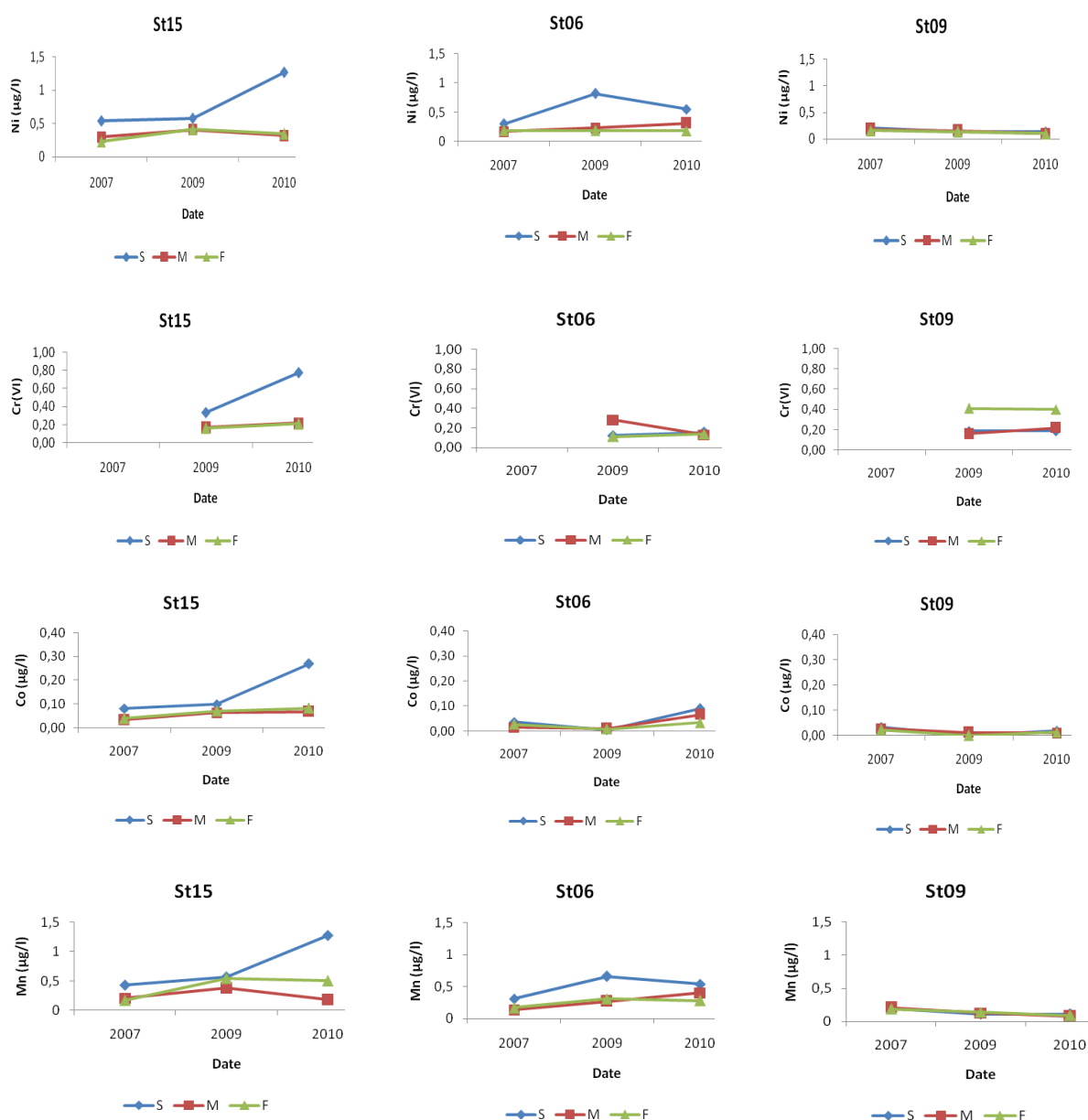


Figure 10 : Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en Ni, Cr(VI), Co et Mn aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison humide » de 2007, 2009 et 2010. Le Cr(VI) n'a pas été analysé lors de la campagne 2007.

Tableau 10 : Comparaison des concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr(tot),Cr(VI)) mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010 ; (-) Valeurs non disponibles ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.

Année		Co (µg/L)			Cu (µg/L)			Cr total (µg/L)			Cr(VI) (µg/L)		
		2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010
Domaine entier	Min	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	0,02	0,17	0,15	-	0,09	0,11
	Max	0,14	0,1	0,27	0,15	0,16	0,86	0,18	0,73	0,45	-	0,41	0,78
	Moyenne	0,05	0,04	0,05	0,08	0,11	0,10	0,11	0,35	0,20	-	0,16	0,19
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,01	0,01	0,03	0,10	0,02	0,02	0,18	0,15	-	0,11	0,11
	Max	0,06	0,01	0,10	0,15	0,10	0,86	0,18	0,68	0,27	-	0,15	0,25
	Moyenne	0,03	0,01	0,04	0,08	0,10	0,12	0,11	0,38	0,18	-	0,13	0,15
Baie du Prony	Min	0,06	0,03	0,06	0,07	<LD	0,01	0,05	0,17	0,2	-	0,16	0,18
	Max	0,14	0,1	0,27	0,09	<LD	0,13	0,14	0,58	0,45	-	0,41	0,78
	Moyenne	0,09	0,05	0,09	0,08	<LD	0,05	0,11	0,32	0,26	-	0,22	0,28

Tableau 11 : Comparatifs des concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Fe, Mn, Ni et Zn) pour les campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.

Année		Fe (µg/L)			Mn (µg/L)			Ni (µg/L)			Zn (µg/L)		
		2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010	2007	2009	2010
Domaine entier	Min	0,03	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,16	0,12	0,09	0,16	0,10	0,17
	Max	0,41	1,02	0,29	0,68	0,66	1,27	0,92	0,82	1,06	1,29	0,47	0,87
	Moyenne	0,11	0,17	0,11	0,25	0,24	0,24	0,38	0,26	0,25	0,54	0,30	0,57
Canal de la Havannah	Min	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,16	0,12	0,09	0,16	0,20	0,17
	Max	0,41	1,02	0,29	0,30	0,14	0,54	0,43	0,16	0,65	1,07	0,31	0,87
	Moyenne	0,12	0,24	0,13	0,17	0,12	0,18	0,28	0,14	0,19	0,35	0,26	0,52
Baie du Prony	Min	0,03	0,10	0,07	0,26	0,19	0,18	0,41	0,23	0,24	0,6	0,19	0,62
	Max	0,1	0,14	0,12	0,68	0,57	1,27	0,92	0,63	1,06	1,29	0,36	0,82
	Moyenne	0,06	0,11	0,09	0,39	0,34	0,36	0,61	0,35	0,38	0,88	0,28	0,76

REFERENCES

- Atlas de Nouvelle-Calédonie et dépendances (1981) Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, Paris, pp53
- Aminot A, Kérouel (2004) Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, 336 p.
- Anderson DH, Robinson RJ (1947) Rapid electrometric determination of the alkalinity of sea water using a glass electrode *Ind. Eng. Chem. Anal.* 18:767-769
- Derex P, Douillet P (2008) Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie : Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Convention de Recherches IRD/Goro-Ni n°1124
- Fanning GO, Pilson ME (1973) On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters. *Anal. Chem.* 45:125-147
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007) Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention n°1312
- Fernandez JM, Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Damien P (2010) Suivi environnemental 2009: Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous des eaux. Convention n°C2284/E13517
- Fernandez JM, Ouillon S, Chevillon C, Douillet P, Fichez R, Le Gendre R (2006) A combined modelling and geochemical study of the fate of terrigenous inputs from mixed natural and mining sources in a coral reef lagoon (New Caledonia) *Mar. Pol. Bul.* 52:320-331
- Fichez R, Adjéroud M, Bozec YM, Breau L, Chancerelle Y, Chevillon C, Douillet P, Fernandez JM, Frouin P, Kulbicki M, Moreton B, Ouillon S, Payri C, Perez T, Sasal P, Thébaud J (2005) A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems. *Aquatic Living Resources* 18:125-147
- Holmes RM, Aminot A, Kérouel R, Bethanie A, Hooher A, Peterson BJ (1999) A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems. *Can. J. Aquat. Sci.* 56:1801-1808
- Lorenzen CJ (1966) A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Res* 13:223-227
- Mullin JB, Riley JP (1955) The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. *Anal. Chim. Acta* 12:162-176
- Murphy J, Riley JP (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters *Anal. Chim. Acta* 27:31-36
- Oudot C, Montel Y (1988) A high sensitivity method for the determination of nanomolar concentrations of nitrate and nitrite in seawater with a Technicon Autoanalyzer II. *Mar. Chem.* 24: 239-252

Raimbault P, Coste B, Fry J (1990) Feasibility of measuring an automated colorimetric procedure for the determination of seawater nitrate in the 0 to 100nM range: examples from field and culture. Mar. Biol 104:347-351

Strickland JDH, Parsons TR (1972) A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Board Can. 167:207-211

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau.....	8
Figure 2 : Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la période d'échantillonnage (16-17 mars 2010).....	10
Figure 3 : Pluviométrie journalière du 1 ^{er} au 22 mars 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches jaunes.....	10
Figure 4 : Heure de prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme de la mission du 26 mai 2010.....	11
Figure 5 : Pluviométrie journalière du 10 au 31 mai 2010 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; station B). La journée de prélèvement est indiquée par la flèche jaune.....	11
Figure 6 : Concentrations des MES (mg/l) en surface, mi-profondeur et fond aux quatorze stations de la zone étudiée.....	15
Figure 7 : Evolution spatiale des concentrations en Ni en fonction de l'éloignement à la côte (Campagne « saison humide » 2010). Les stations St03, St06, St15 et St18 subissent clairement l'influence d'apports terrigènes.....	22
Figure 8 : Cumuls des précipitations qui ont eu lieu 5 jours avant les campagnes (Avant campagne) et des précipitations qui ont eu lieu pendant les campagnes (Pendant campagne) « saison humide » de 2007, 2009 et 2010.....	23
Figure 9 : Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en NO ₂ +NO ₃ et NH ₄ aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison humide » de 2007, 2009 et 2010.....	24
Figure 10 : Concentrations moyennes de surface (S), milieu (M) et fond (F) en Ni, Cr(VI), Co et Mn aux stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) lors des campagnes « saison humide » de 2007, 2009 et 2010. Le Cr(VI) n'a pas été analysé lors de la campagne 2007.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste et localisation des stations de prélèvement dans la colonne d'eau (référenciel WGS-84).....	8
Tableau 2 : Synthèse des valeurs de température, fluorescence, turbidité et salinité dans la zone d'étude en saison humide (16 au 17 mars 2010).....	14
Tableau 3 : Concentrations en sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates et silicates) dans la zone d'étude en saison humide (16 au 17 mars 2010).....	17
Tableau 4 : Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particuliers dans la zone d'étude en saison humide (16-17 mars 2010).....	19
Tableau 5 : Concentrations en pigments chlorophylliens dans la zone d'étude en saison humide (16-17 mars 2010).....	20
Tableau 6 : Valeurs moyennes et domaines de variations des concentrations en métaux dissous pour la campagne saison humide (16-17 mars 2010).	21
Tableau 7 : Comparaison des concentrations en sels nutritifs mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.....	24
Tableau 8 : Comparaison des concentrations en phosphore et azote organiques et particuliers mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.....	25
Tableau 9 : Comparaison des concentrations en chlorophylle <i>a</i> et en phéopigments mesurées des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.....	26
Tableau 10 : Comparaison des concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Co, Cu, Cr(tot),Cr(VI)) mesurées lors des campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010 ; (-) Valeurs non disponibles ; (<LD) Valeurs inférieures à la limite de détection.....	28
Tableau 11 : Comparatifs des concentrations en métaux dissous dans la colonne d'eau (Fe, Mn, Ni et Zn) pour les campagnes en saison humide de 2007, 2009 et 2010.	28

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétriques SBE lors de la campagne semestrielle du 16-17 mars 2010.
- Annexe 2 : Concentration en matières en suspension (MES), en éléments majeurs (Ca, K, Mg, Na, Cl, sulfates (SO_4^{2-})), en carbonates et mesure du pH pour les 3 niveaux de prélèvements des 14 stations des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.
- Annexe 3 : Concentrations en sels nutritifs dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.
- Annexe 4 : Concentrations en matière organique dissoute et particulaire.
- Annexe 5 : Concentrations en hydrocarbures totaux.
- Annexe 6 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau.
- Annexe 7 : Paramètres physico-chimiques et analyses

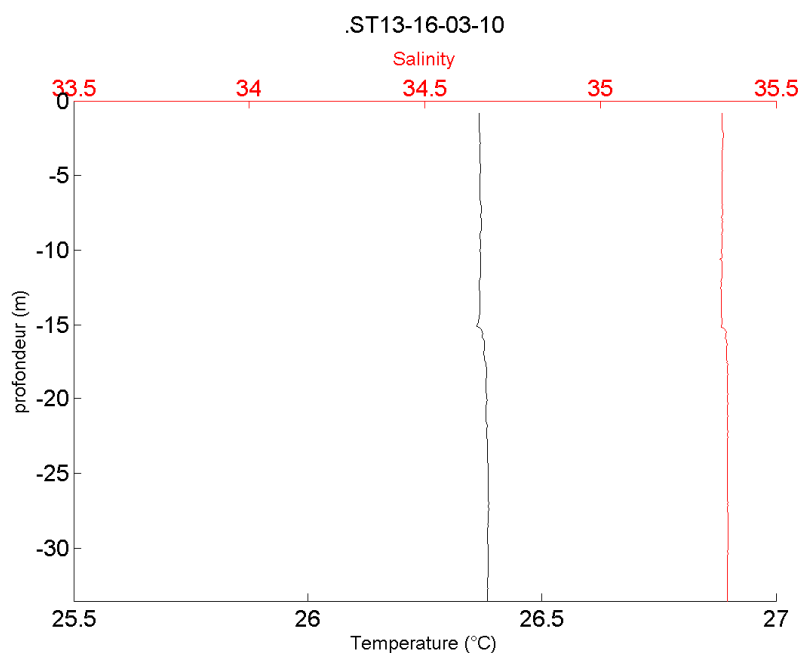


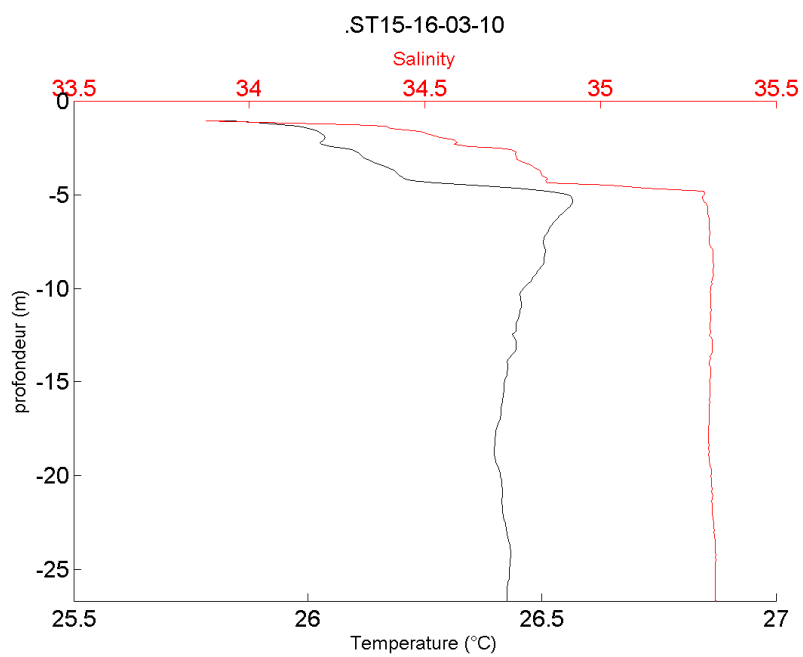
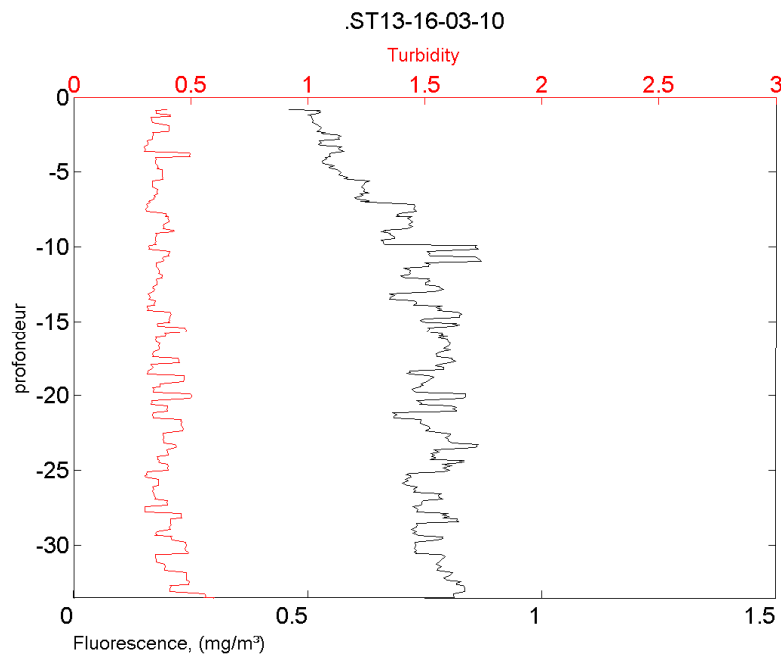
ANNEXE 1

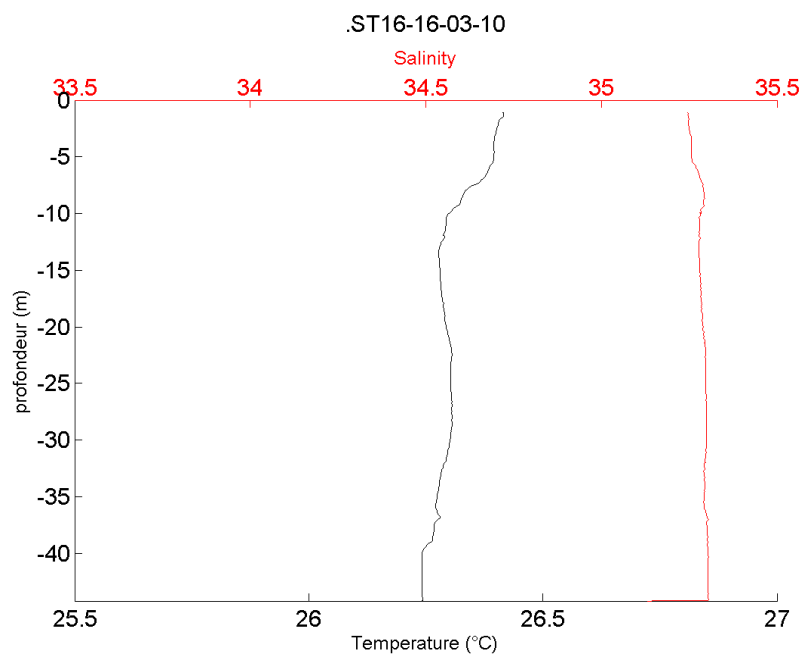
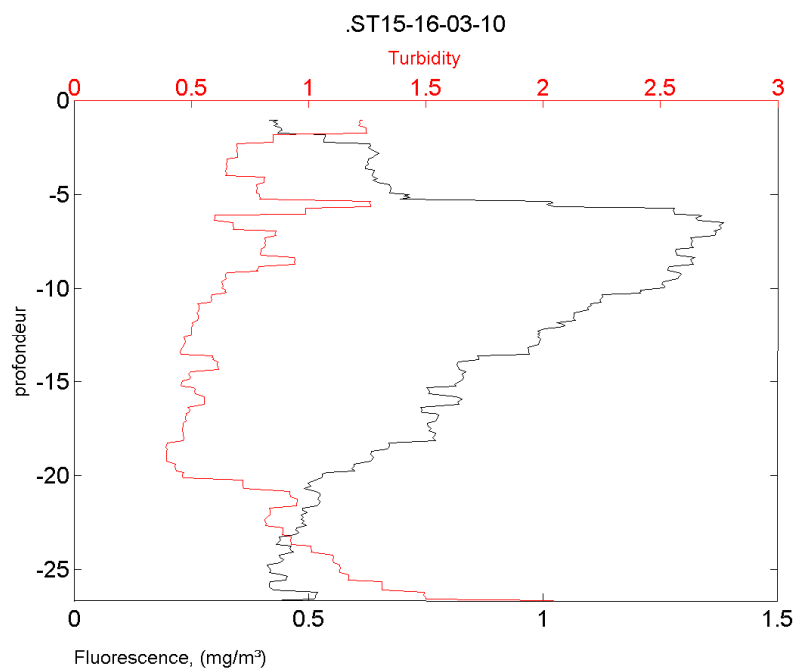
Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétriques SBE lors de la campagne semestrielle du 16-17 mars 2010.

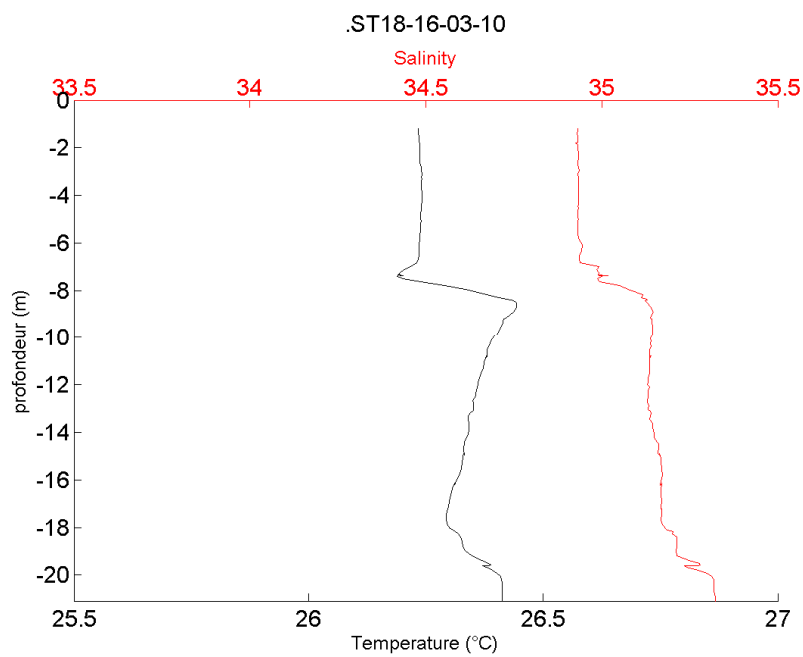
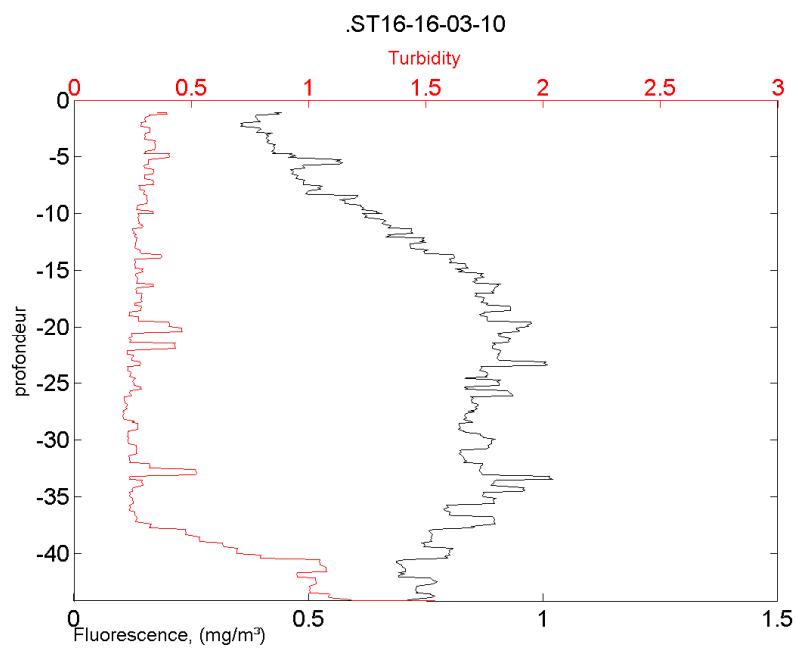
Les valeurs des variables température, salinité, turbidité, fluorimétrie et irradiance sont regroupées par unité physiographique, les profils des stations:

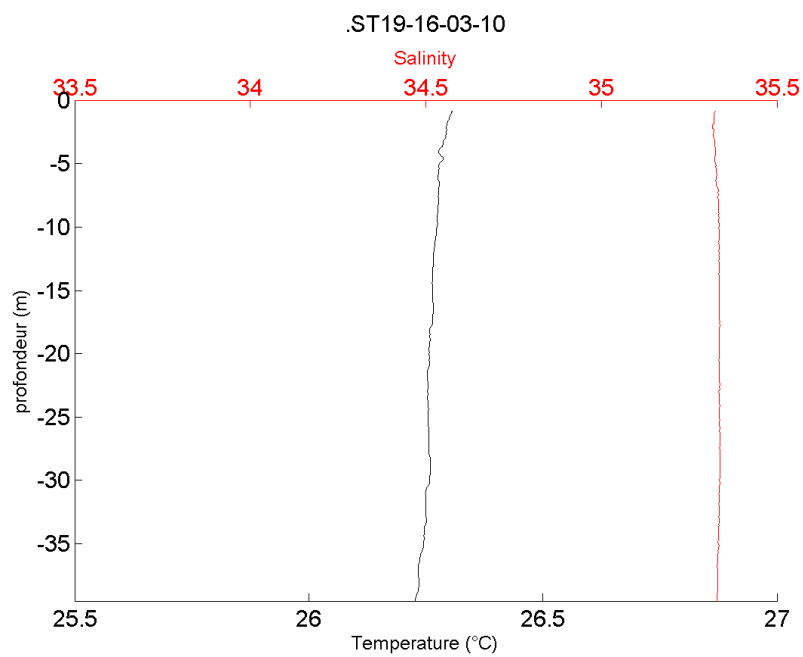
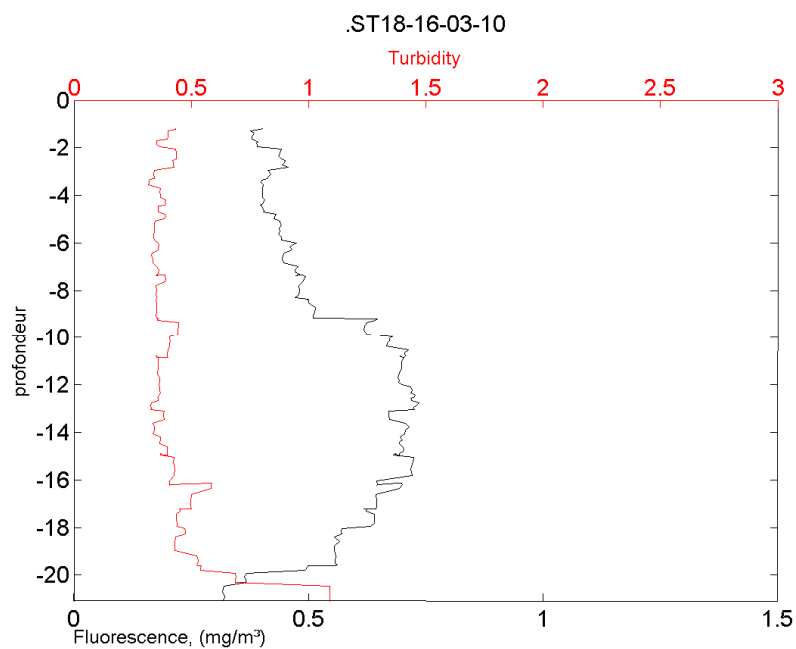
- St13, St15, St16, St18, St19 et St20 correspondent aux eaux influencées par les apports terrigènes de la Baie du Prony et de l'Ile Ouen;
- St03, St07 et St06 décrivent les eaux de la frange littorale du Canal de la Havannah;
- St02, St05, St09, St14 et St21 sont proches de la signature des eaux océaniques.

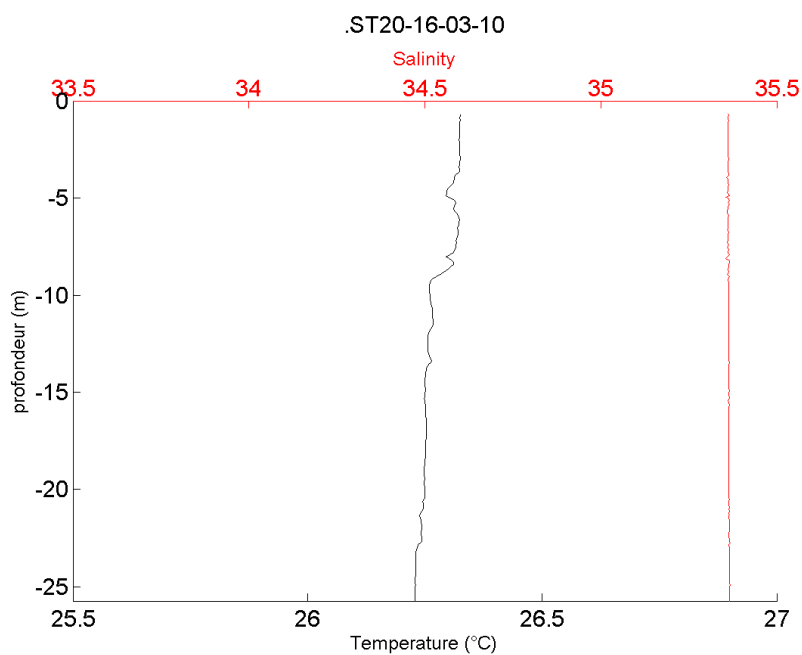
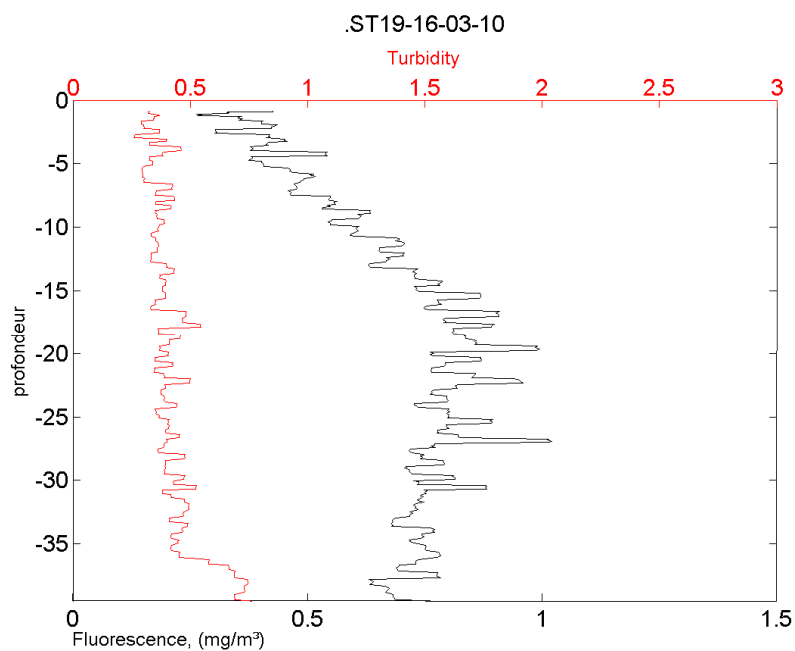


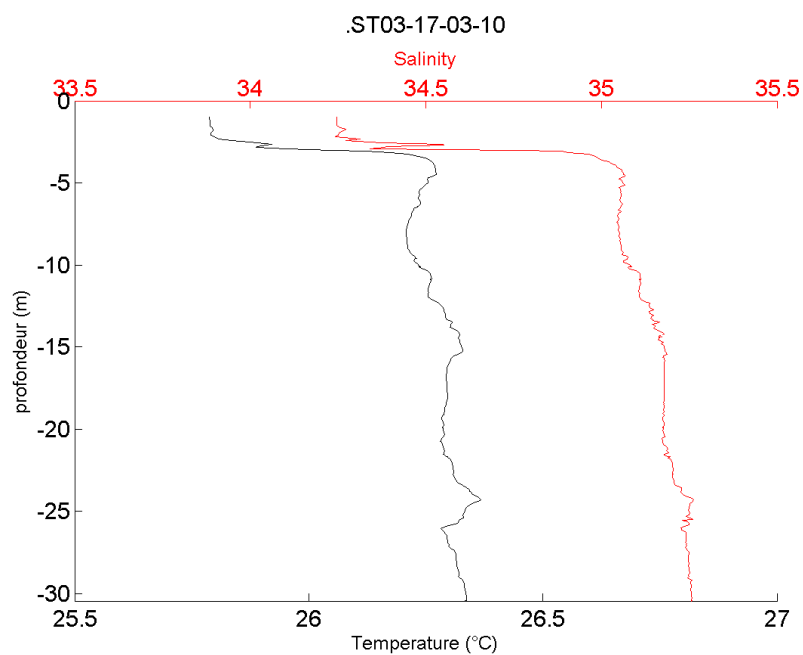
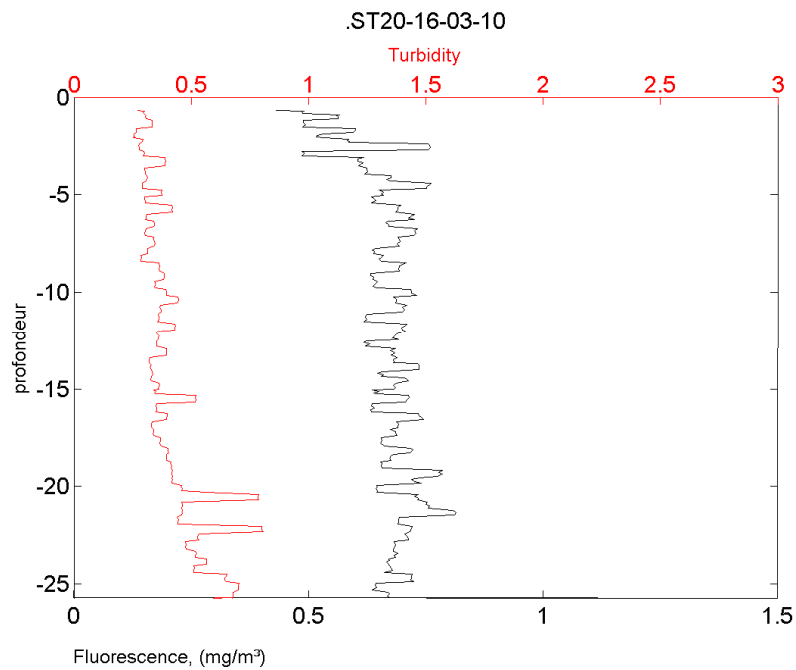


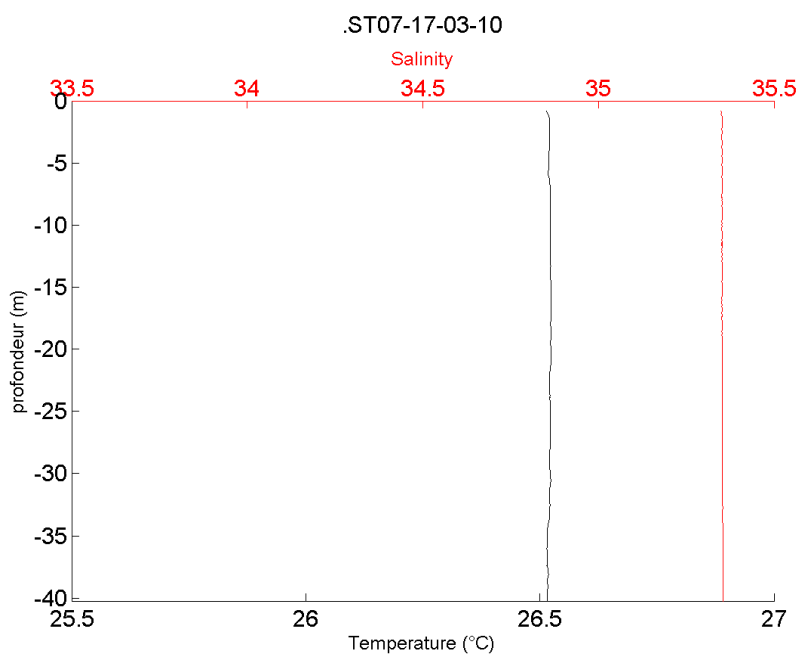
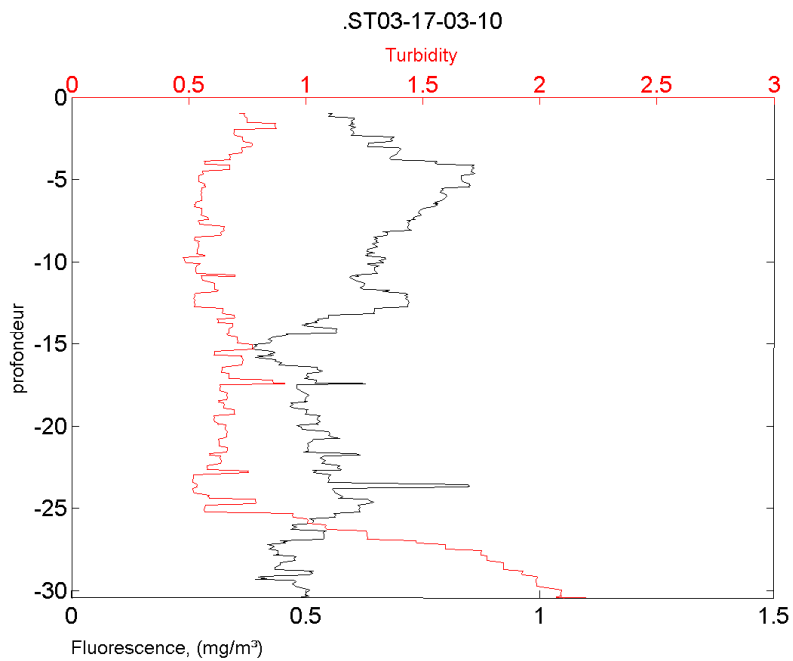


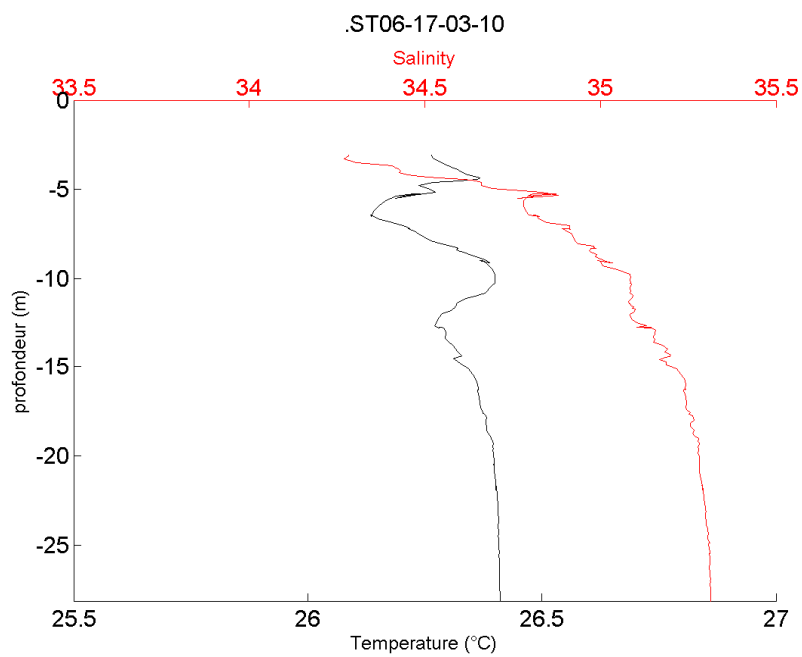
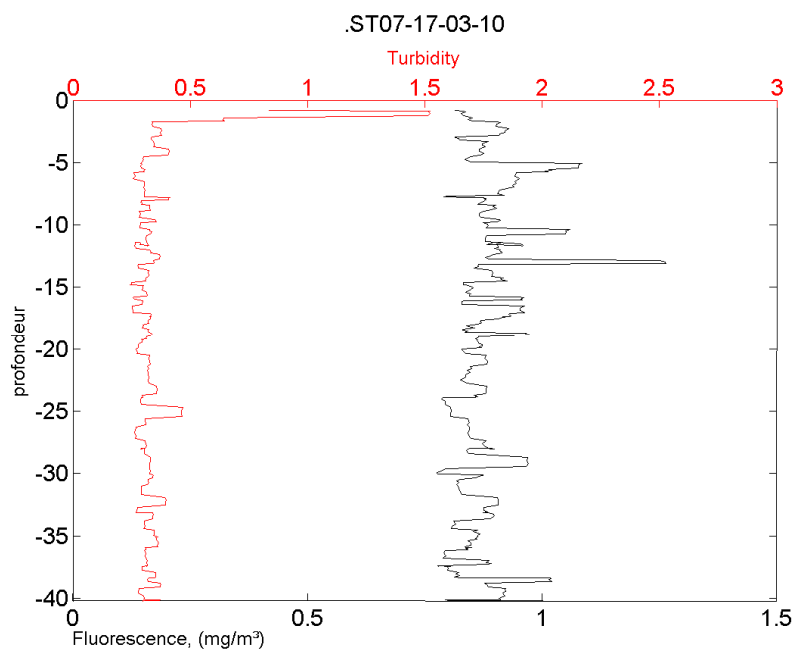


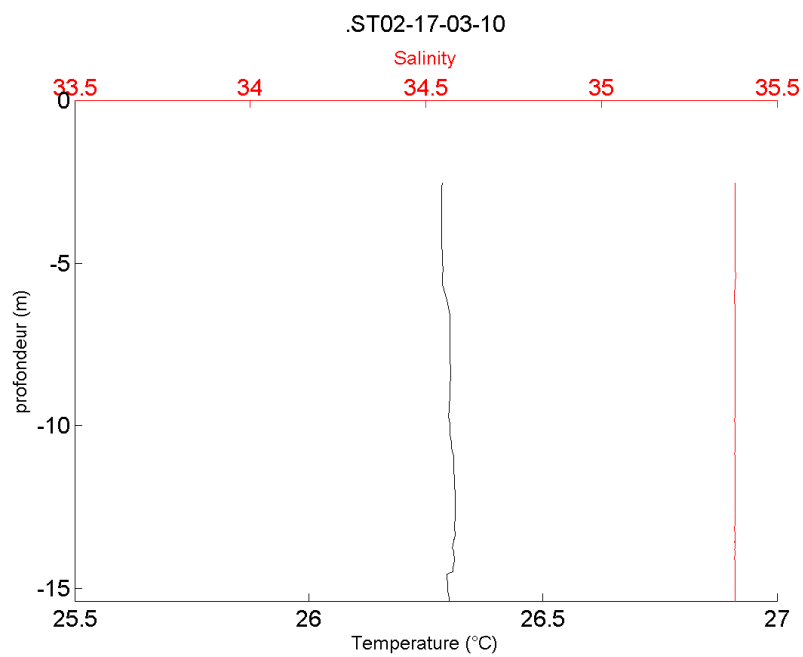
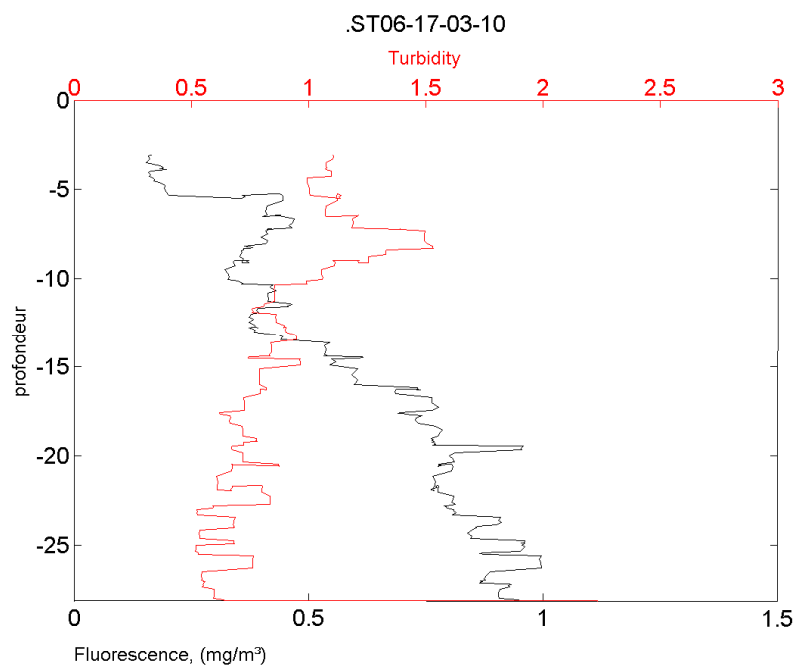


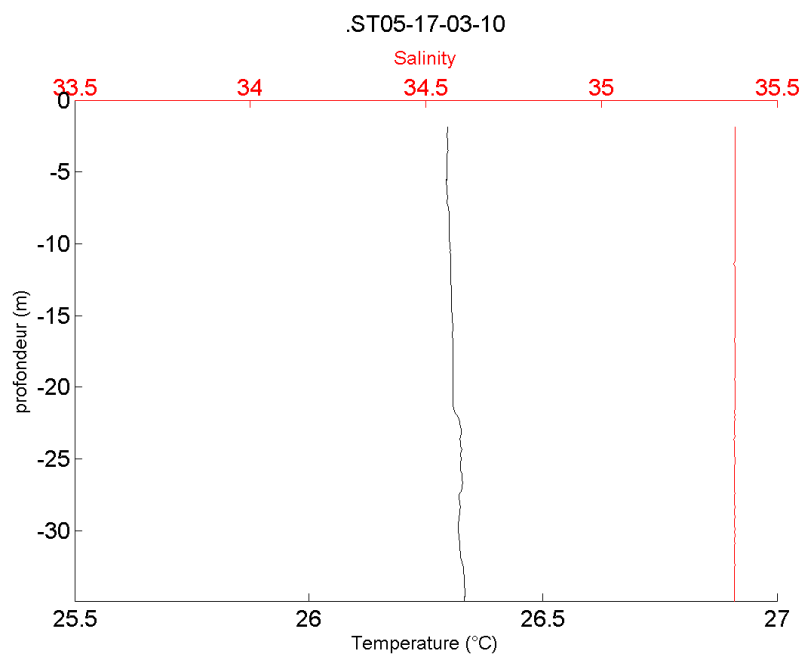
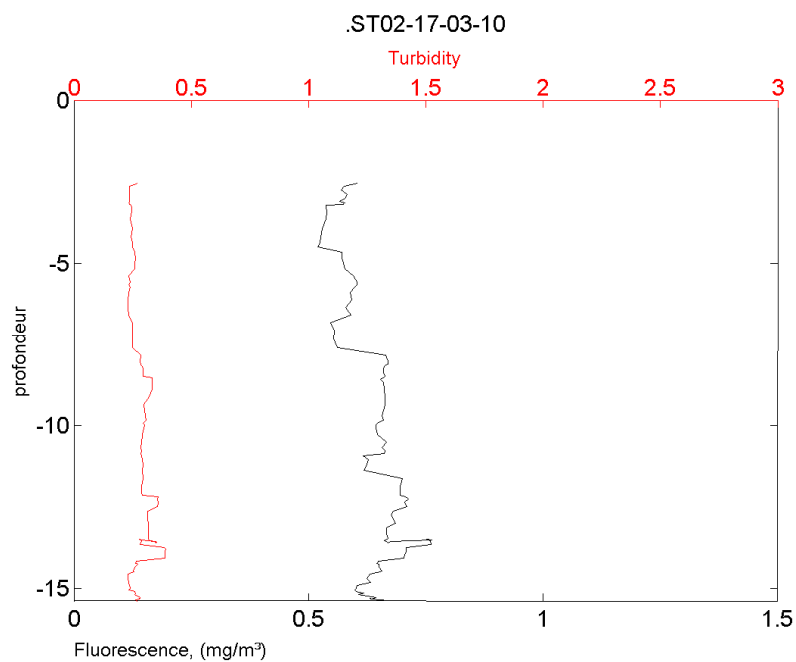


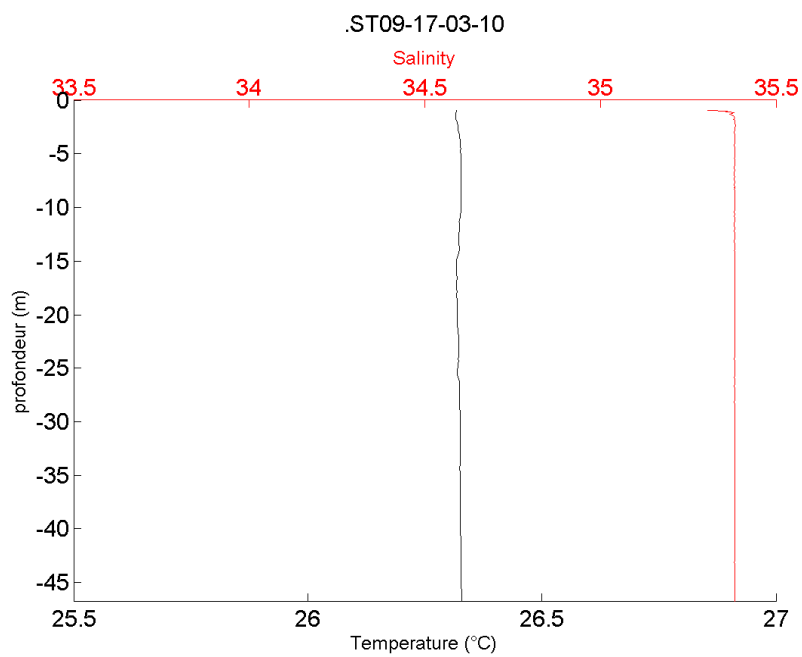
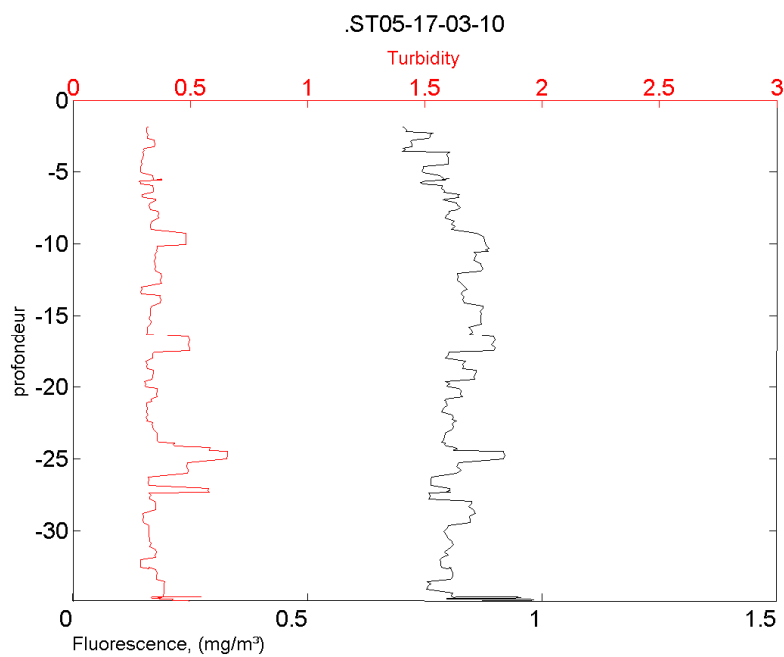


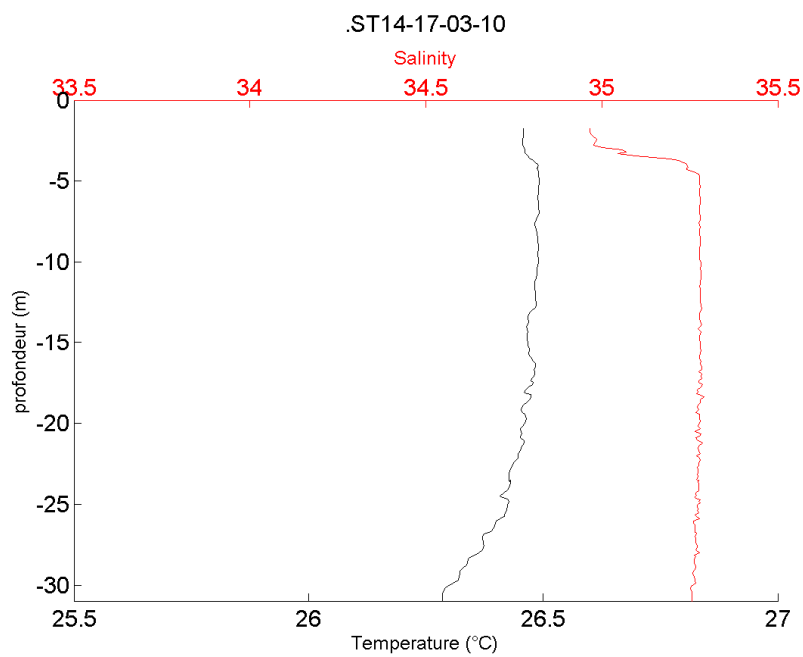
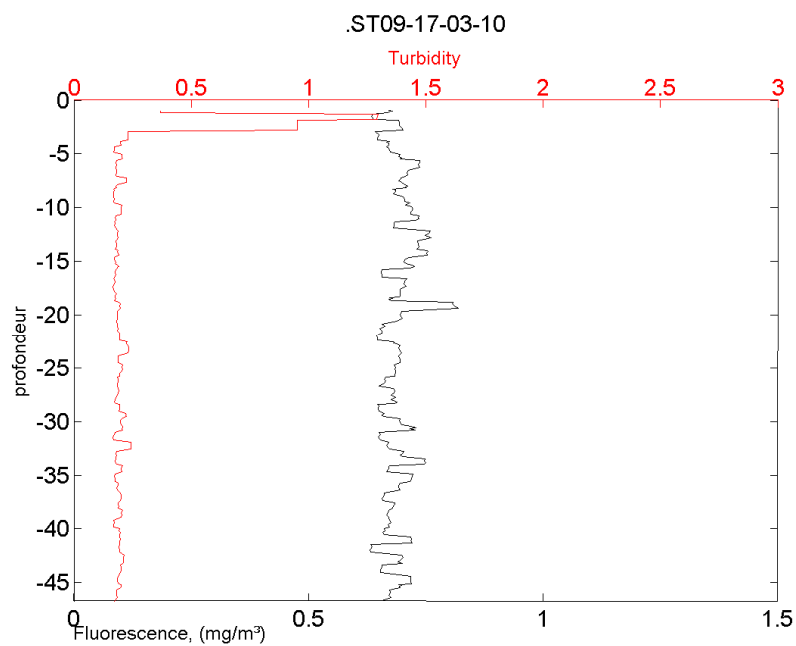


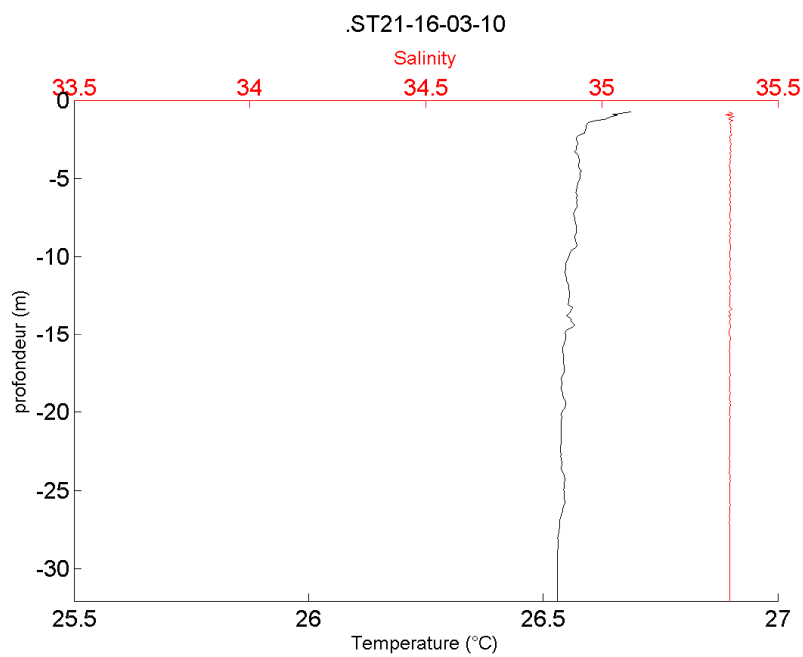
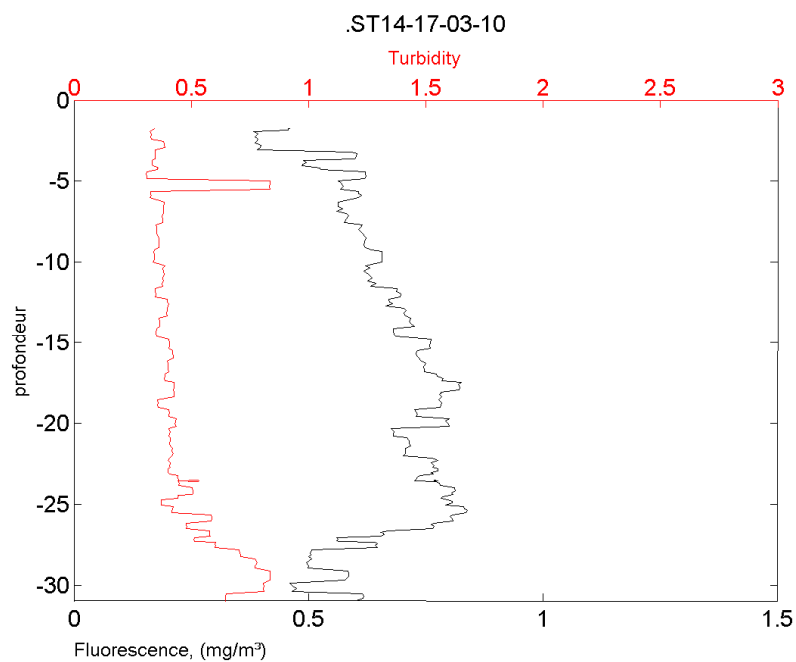


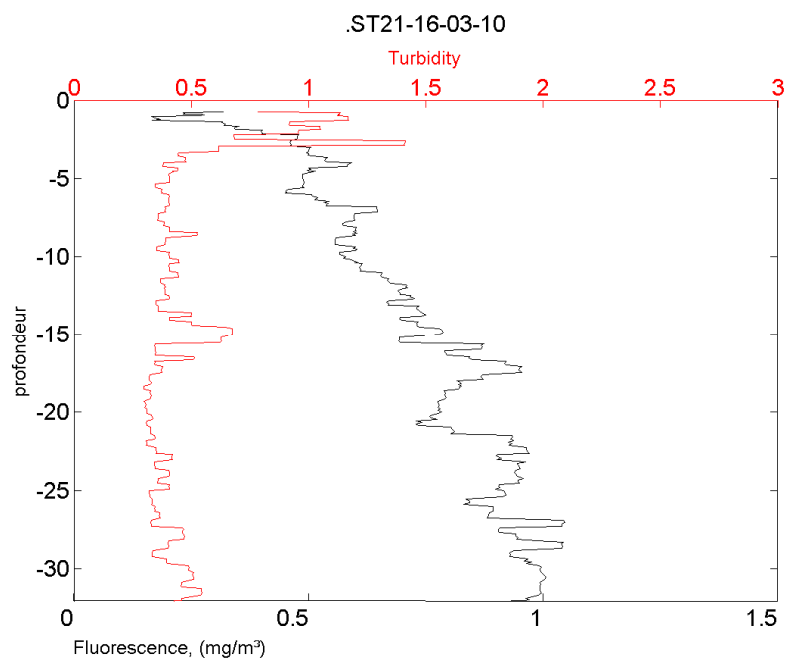












ANNEXE 2

Concentrations en matières en suspension (MES), en éléments majeurs (Ca, K, Mg, Na, Cl, sulfates (SO_4^{2-})) et en carbonates ainsi que mesures du pH pour les trois niveaux de prélèvements des 14 stations des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.

Station	Profondeur (m)	pH	MES (mg/L)	Ca (mg/L) (n=1)	K (mg/L) (n=1)	Mg (mg/L) (n=1)	Na (mg/L) (n=1)	Cl (mg/L) (n=1)	SO_4^{2-} (mg/L) (n=1)	Alcalinité totale (eq/L)
ST02	S	8,21	0,30	405	489	1239	10769	19889	2585	-
ST02	M	8,2	0,14	416	485	1302	10563	19889	2526	-
ST02	F	8,19	0,34	429	502	1357	10953	19958	2412	-
ST03	S	8,19	0,26	394	484	1327	10755	19609	2487	-
ST03	M	8,16	0,10	403	495	1396	10625	23238	2543	-
ST03	F	8,19	0,82	410	477	1309	11192	19889	2211	-
ST05	S	8,15	0,28	392	477	1409	10593	20168	2367	-
ST05	M	8,18	1,12	404	461	1277	10877	19889	2361	-
ST05	F	8,2	0,30	420	468	1301	11099	19889	2256	-
ST06	S	8,15	0,36	399	475	1369	10800	19470	2405	-
ST06	M	8,2	2,10	398	480	1314	10745	19819	2543	-
ST06	F	8,18	0,22	385	459	1399	10792	20028	2378	-
ST07	S	8,18	0,34	422	461	1260	10696	19679	2438	-
ST07	M	8,21	0,06	397	474	1228	10862	19854	2651	-
ST07	F	8,21	0,32	405	541	1409	11702	19889	2634	-
ST09	S	8,21	0,30	393	534	1312	11660	20028	2017	-
ST09	M	8,21	0,51	397	525	1273	11549	19958	2434	-
ST09	F	8,18	0,67	408	544	1334	11301	19993	2403	-
ST13	S	8,15	0,26	403	519	1284	11485	19679	2005	-
ST13	M	8,18	0,32	393	526	1307	11441	19958	2381	-
ST13	F	8,2	0,38	407	525	1265	11634	20238	2633	-
ST14	S	8,2	0,44	480	533	1289	10939	19854	2248	-
ST14	M	8,18	0,58	388	519	1261	11254	19958	2675	-
ST14	F	8,21	0,38	374	522	1349	11546	19400	2386	-
ST15	S	8,15	0,96	388	508	1262	10334	19540	2642	-
ST15	M	8,19	1,10	389	527	1294	11315	19993	2451	-
ST15	F	8,18	0,20	408	546	1285	11259	20168	2309	-

Station	Profondeur (m)	pH	MES (mg/L)	Ca (mg/L) (n=1)	K (mg/L) (n=1)	Mg (mg/L) (n=1)	Na (mg/L) (n=1)	Cl (mg/L) (n=1)	SO ₄ ²⁻ (mg/L) (n=1)	Alcalinité totale (eq/L)
ST16	S	8,2	0,20	435	517	1351	11347	19889	2133	2,85
ST16	M	8,18	0,38	428	523	1342	11144	19819	2459	2,75
ST16	F	8,2	0,28	420	531	1346	11203	20063	2291	2,80
ST18	S	8,16	0,24	429	506	1250	11493	19819	2580	-
ST18	M	8,15	0,30	443	499	1251	11329	19819	2615	-
ST18	F	8,17	0,28	431	518	1316	11077	19889	2663	-
ST19	S	8,19	0,56	459	518	1220	11553	20726	2556	-
ST19	M	8,18	0,52	437	504	1206	11441	19889	2420	-
ST19	F	8,18	0,49	409	513	1349	11305	20028	2500	-
ST20	S	8,11	0,20	442	517	1246	11545	19889	2374	-
ST20	M	8,2	0,42	441	506	1280	11457	19993	2405	-
ST20	F	8,2	0,52	439	518	1288	11214	19889	2546	-
ST21	S	8,13	0,26	434	532	1240	11690	20656	2515	-
ST21	M	8,2	0,80	423	524	1213	11169	19993	2681	-
ST21	F	8,21	1,22	388	512	1325	11347	19993	2382	-

ANNEXE 3

Concentrations en sels nutritifs dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Nitrates + Nitrites

Station	Profondeur	NO ₂ +NO ₃ μmol/L	Ecart-type (n=3)
ST02	S	0,225	0,064
ST02	M	0,309	0,018
ST02	F	0,299	0,002
ST03	S	0,194	0,004
ST03	M	0,442	0,003
ST03	F	0,451	0,004
ST05	S	0,237	0,031
ST05	M	0,236	0,022
ST05	F	0,255	0,042
ST06	S	0,717	0,005
ST06	M	0,390	0,003
ST06	F	0,290	0,015
ST07	S	0,124	0,024
ST07	M	0,238	0,009
ST07	F	0,185	0,001
ST09	S	0,297	0,072
ST09	M	0,272	0,029
ST09	F	0,226	0,005
ST13	S	0,286	0,032
ST13	M	0,056	0,006
ST13	F	0,129	0,053
ST14	S	0,271	0,006
ST14	M	0,231	0,024
ST14	F	0,208	0,070
ST15	S	0,052	0,001
ST15	M	0,700	0,010
ST15	F	0,203	0,008
ST16	S	0,011	0
ST16	M	0,005	0,007
ST16	F	0,070	0,004

Station	Profondeur	NO ₂ +NO ₃ μmol/L	Ecart-type (n=3)
ST18	S	0,033	0,009
ST18	M	0,048	0,019
ST18	F	0,092	0,002
ST19	S	0,024	0,003
ST19	M	0,021	0,004
ST19	F	0,036	0,002
ST20	S	0,057	0,002
ST20	M	0,108	0,004
ST20	F	0,147	0,003
ST21	S	0,191	0,006
ST21	M	0,124	0,018
ST21	F	0,086	0,013

Ammonium

Concentrations en NH₄ dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	NH ₄ (μmol/L)	Ecart-type (n=3)
ST02	S	0,141	0,031
ST02	M	0,044	0,007
ST02	F	0,132	0,043
ST03	S	0,064	0,017
ST03	M	0,164	0,081
ST03	F	0,216	0,013
ST05	S	0,292	0,202
ST05	M	0,210	0,129
ST05	F	0,270	0,016
ST06	S	0,266	0,037
ST06	M	0,265	0,041
ST06	F	0,139	0,003
ST07	S	0,060	0,017
ST07	M	0,049	0,007
ST07	F	0,151	0,020
ST09	S	0,040	0,008
ST09	M	0,034	0,007
ST09	F	0,119	0,004
ST13	S	0,389	0,066
ST13	M	0,043	0,014
ST13	F	0,140	0,013

Station	Profondeur	NH4 $\mu\text{mol/L}$	Ecart-type (n=3)
ST14	S	0,109	0,015
ST14	M	0,093	0,008
ST14	F	0,202	0,003
ST15	S	0,041	0,011
ST15	M	0,161	0,032
ST15	F	0,249	0,005
ST16	S	0,084	0,022
ST16	M	0,018	0,003
ST16	F	0,246	0,044
ST18	S	0,092	0,007
ST18	M	0,151	0,009
ST18	F	0,132	0,027
ST19	S	0,043	0,011
ST19	M	0,052	0,035
ST19	F	0,058	0,019
ST20	S	0,057	0,008
ST20	M	0,100	0,036
ST20	F	0,202	0,007
ST21	S	0,267	0,013
ST21	M	0,219	0,008
ST21	F	0,091	0,023

Phosphates

Concentrations en PO_4 dissous dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ;
Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	PO4 $\mu\text{mol/L}$	Ecart-type (n= 3)
ST02	S	0,050	0,027
ST02	M	0,050	0,002
ST02	F	0,054	0,006
ST03	S	0,052	0,005
ST03	M	0,068	0,005
ST03	F	0,069	0,005
ST05	S	0,052	0,004
ST05	M	0,041	0,011
ST05	F	0,031	0,009
ST06	S	0,062	0,002
ST06	M	0,067	0,003
ST06	F	0,053	0,002

Station	Profondeur	PO4 μmol/L	Ecart-type (n= 3)
ST07	S	0,051	0,003
ST07	M	0,048	0,002
ST07	F	0,053	0,004
ST09	S	0,039	0,034
ST09	M	0,055	0,010
ST09	F	0,055	0,004
ST13	S	0,073	0,002
ST13	M	0,039	0,009
ST13	F	0,047	0,015
ST14	S	0,064	0,006
ST14	M	0,072	0,021
ST14	F	0,054	0,020
ST15	S	0,051	0,018
ST15	M	0,202	0,159
ST15	F	0,090	0,007
ST16	S	0,064	0,004
ST16	M	0,055	0,012
ST16	F	0,072	0,013
ST18	S	0,039	0,003
ST18	M	0,051	0,011
ST18	F	0,065	0,007
ST19	S	0,055	0,003
ST19	M	0,048	0,001
ST19	F	0,055	0,002
ST20	S	0,042	0,010
ST20	M	0,026	0,007
ST20	F	0,043	0,024
ST21	S	0,074	0,012
ST21	M	0,060	0,005
ST21	F	0,059	0,006

Silicates

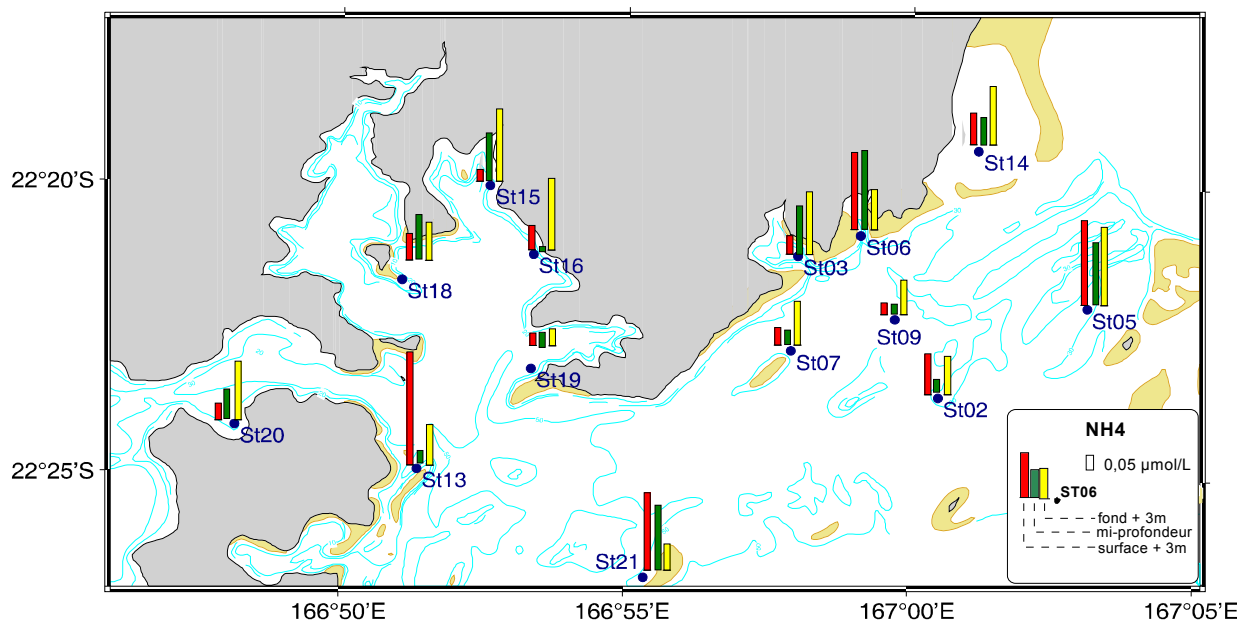
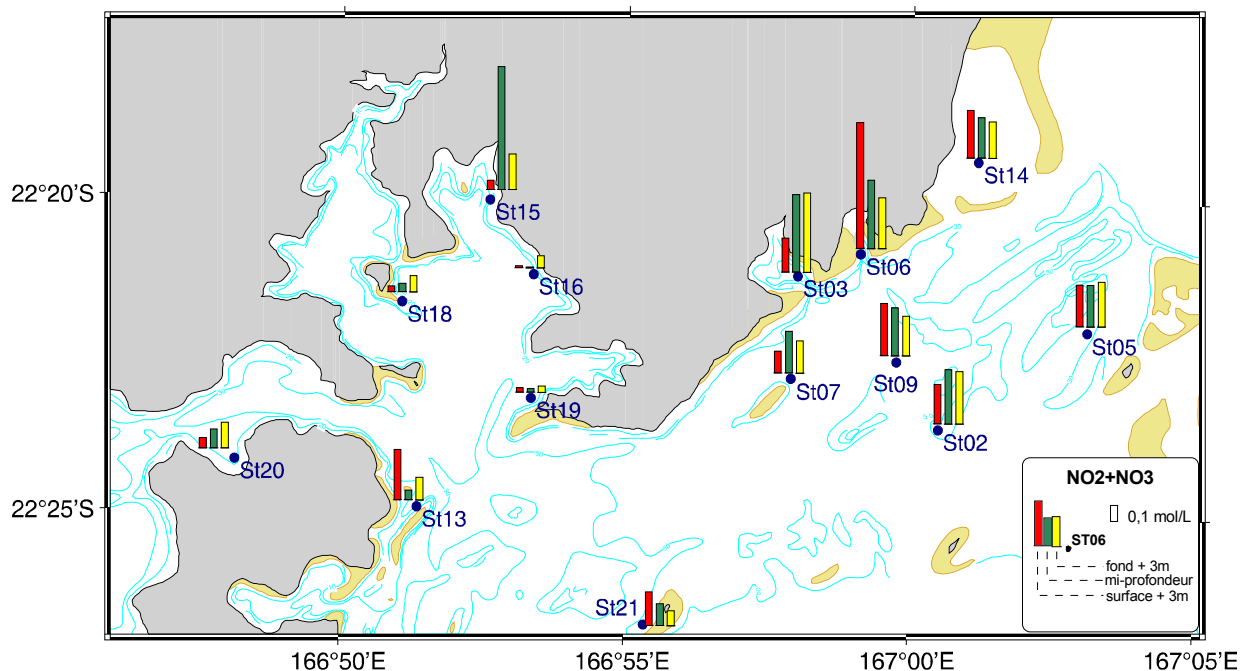
Concentrations en SiO_4 dissous dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	SiO_4 $\mu\text{mol/L}$	Ecart-type (n=3)
ST02	S	0,15	0,00
ST02	M	0,17	0,04
ST02	F	0,20	0,06
ST03	S	2,88	0,05
ST03	M	1,74	0,13
ST03	F	1,28	0,07
ST05	S	0,16	0,00
ST05	M	0,02	0,01
ST05	F	0,43	0,21
ST06	S	4,69	0,05
ST06	M	2,00	0,20
ST06	F	1,16	0,13
ST07	S	0,44	0,29
ST07	M	0,57	0,05
ST07	F	0,32	0,03
ST09	S	0,24	0,10
ST09	M	0,27	0,14
ST09	F	0,17	0,07
ST13	S	0,54	0,07
ST13	M	1,01	0,30
ST13	F	0,86	0,10
ST14	S	0,89	0,25
ST14	M	0,52	0,09
ST14	F	1,16	0,26
ST15	S	6,64	0,13
ST15	M	2,49	0,14
ST15	F	2,08	0,24
ST16	S	1,73	0,30
ST16	M	1,78	0,25
ST16	F	1,97	0,21
ST18	S	1,49	0,31
ST18	M	1,32	0,25
ST18	F	1,32	0,11
ST19	S	3,40	0,33
ST19	M	2,39	0,03
ST19	F	2,56	0,13

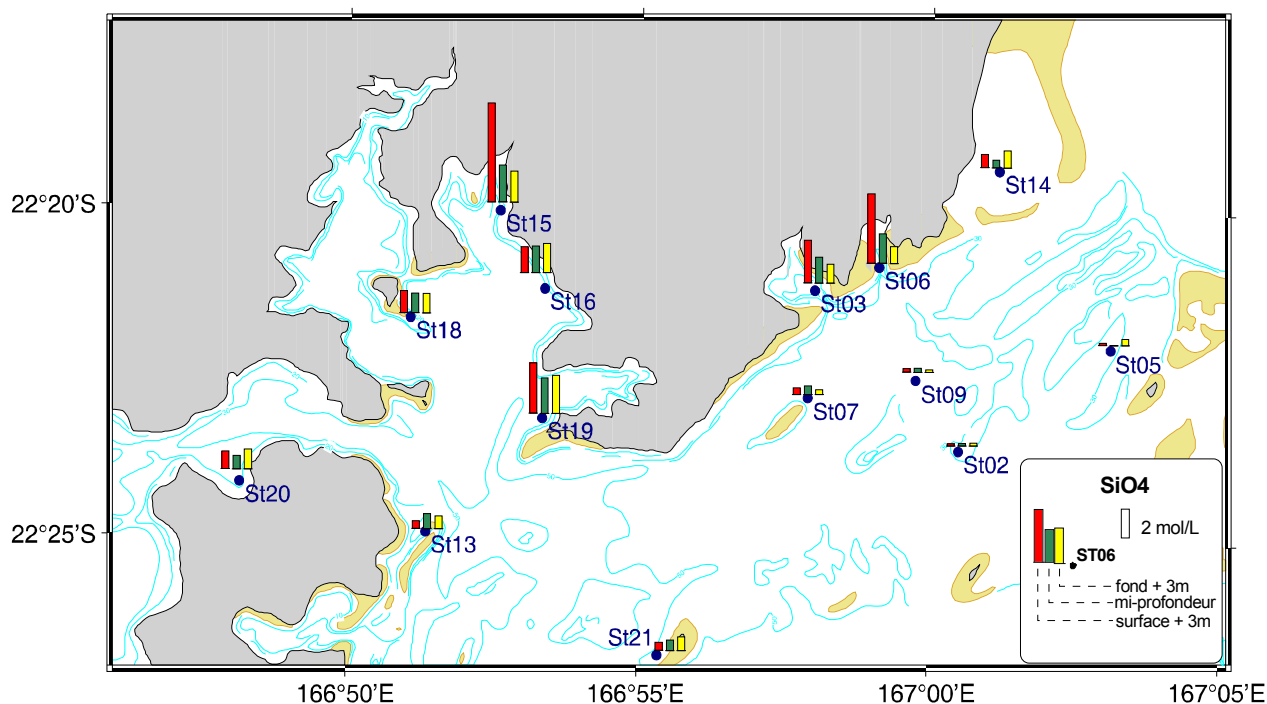
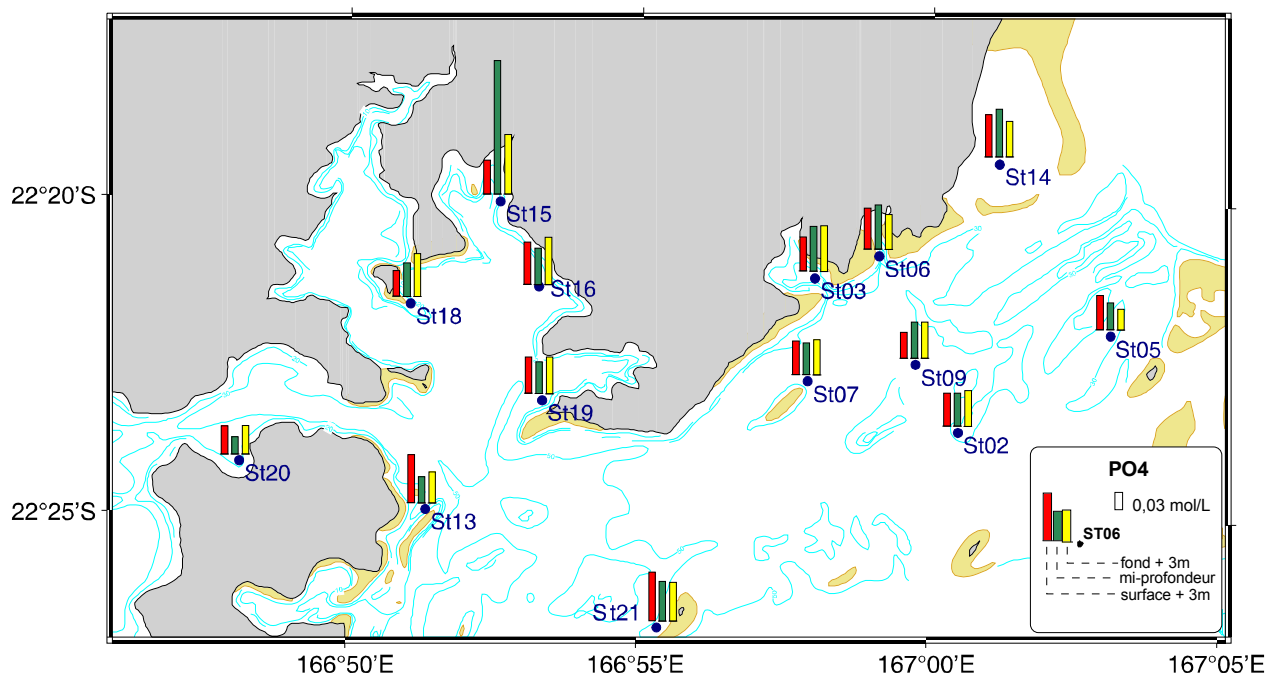
Station	Profondeur	SIO4 μmol/L	Ecart-type (n=3)
ST20	S	1,20	0,42
ST20	M	0,90	0,07
ST20	F	1,34	0,21
ST21	S	0,56	0,04
ST21	M	0,71	0,01
ST21	F	0,94	0,45

Cartes de distribution des sels nutritifs.

Concentrations de nitrates et nitrites et de l'ammonium dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond aux 6 stations de la zone étudiée.



Concentrations de phosphates et silicates dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond aux 6 stations de la zone étudiée.



ANNEXE 4

Concentrations en matière organique dissoute et particulaire

Concentrations en N et P organiques dissous (NOD et POD) dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.

Station	Profondeur	POD μmol/L	NOD μmol/L
ST02	S	0,931	0,38
ST02	M	0,672	2,12
ST02	F	0,815	3,12
ST03	S	0,888	1,79
ST03	M	0,850	2,08
ST03	F	0,793	1,84
ST05	S	0,820	1,00
ST05	M	0,883	1,85
ST05	F	0,844	1,49
ST06	S	0,897	3,05
ST06	M	0,880	3,32
ST06	F	0,842	2,62
ST07	S	0,858	1,68
ST07	M	0,671	6,83
ST07	F	0,744	6,73
ST09	S	0,953	2,14
ST09	M	0,870	0,92
ST09	F	0,851	3,51
ST13	S	0,879	-
ST13	M	0,856	-
ST13	F	0,814	0,83
ST14	S	0,841	1,94
ST14	M	0,708	0,87
ST14	F	0,920	1,64
ST15	S	0,882	2,66
ST15	M	0,596	1,22
ST15	F	0,842	1,07
ST16	S	0,687	2,90
ST16	M	0,764	1,52
ST16	F	0,942	2,29

Station	Profondeur	POD μmol/L	NOD μmol/L
ST18	S	0,785	1,79
ST18	M	0,776	2,76
ST18	F	0,812	1,90
ST19	S	0,842	2,86
ST19	M	0,778	2,50
ST19	F	0,600	1,38
ST20	S	1,050	1,33
ST20	M	0,792	1,66
ST20	F	0,857	3,08
ST21	S	0,950	1,44
ST21	M	0,917	1,31
ST21	F	0,948	1,88

Concentrations en N et P organiques particulières (NOP et POP) dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (-) = Echantillon non traité.

Station	Profondeur	COP μmol/L (n=1)	NOP μmol/L (n=1)	POP μmol/L (n=1)
ST02	S	8,69	2,70	0,053
ST02	M	7,46	1,05	0,060
ST02	F	7,23	1,70	0,060
ST03	S	8,51	1,25	0,141
ST03	M	5,39	0,96	0,065
ST03	F	5,31	0,85	0,066
ST05	S	8,57	2,23	0,053
ST05	M	6,76	1,56	0,050
ST05	F	6,95	1,48	0,107
ST06	S	5,37	0,78	0,064
ST06	M	5,60	1,01	0,124
ST06	F	5,16	1,39	0,088
ST07	S	12,11	3,11	0,050
ST07	M	6,68	1,13	0,067
ST07	F	7,76	2,64	0,084
ST09	S	9,34	1,21	0,056
ST09	M	8,12	2,55	0,076
ST09	F	6,37	0,92	0,074
ST13	S	17,08	6,25	0,072
ST13	M	27,89	6,19	0,064
ST13	F	11,44	3,35	0,065

Station	Profondeur	COP $\mu\text{mol/L}$ (n=1)	NOP $\mu\text{mol/L}$ (n=1)	POP $\mu\text{mol/L}$ (n=1)
ST14	S	8,11	1,35	0,069
ST14	M	11,50	3,01	0,034
ST14	F	7,25	1,59	0,073
ST15	S	10,86	1,49	0,068
ST15	M	9,31	1,18	0,081
ST15	F	7,28	2,53	0,074
ST16	S	6,04	0,86	0,042
ST16	M	8,21	2,10	0,090
ST16	F	5,66	0,83	0,030
ST18	S	8,90	1,28	0,021
ST18	M	10,26	1,89	0,053
ST18	F	8,93	1,55	0,043
ST19	S	9,01	1,39	0,046
ST19	M	7,83	1,25	0,066
ST19	F	8,78	1,55	0,031
ST20	S	7,17	1,62	0,020
ST20	M	6,69	1,37	0,052
ST20	F	11,59	1,59	0,053
ST21	S	8,16	1,12	0,002
ST21	M	10,21	2,61	0,091
ST21	F	7,80	2,62	0,016

Concentration en N et P totaux dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (*) = Echantillon unique, pas d'écart-type calculable ou absence de résultat.

Station	Profondeur	P (total) $\mu\text{mol/L}$	Ecart-type (n=3)	N (total) $\mu\text{mol/L}$	Ecart-type (n=3)
ST02	S	1,035	0,122	3,45	0,33
ST02	M	0,782	0,039	3,52	0,72
ST02	F	0,929	0,034	5,25	0,52
ST03	S	1,081	0,101	3,31	0,14
ST03	M	0,983	0,077	3,65	0,36
ST03	F	0,927	0,278	3,36	1,97
ST05	S	0,925	0,116	3,76	0,69
ST05	M	0,974	0,179	3,85	0,63
ST05	F	0,981	0,172	3,49	0,98
ST06	S	1,023	0,019	4,81	1,53
ST06	M	1,071	0,079	4,98	1,36
ST06	F	0,983	0,044	4,44	2,64

Station	Profondeur	P (total) μmol/L	Ecart-type (n=3)	N (total) μmol/L	Ecart-type (n=3)
ST07	S	0,959	0,224	4,97	1,96
ST07	M	0,786	0,647	8,25	*
ST07	F	0,882	0,988	9,71	*
ST09	S	1,048	0,006	3,69	0,35
ST09	M	1,001	0,115	3,78	0,40
ST09	F	0,980	0,006	4,77	1,63
ST13	S	1,023	0,092	3,30	0,06
ST13	M	0,959	0,055	4,88	0,87
ST13	F	0,927	0,169	4,45	1,06
ST14	S	0,974	0,124	3,67	0,52
ST14	M	0,814	0,008	4,21	1,18
ST14	F	1,047	0,276	3,64	0,53
ST15	S	1,002	0,156	4,25	1,24
ST15	M	0,879	0,122	3,26	0,09
ST15	F	1,005	0,019	4,05	1,07
ST16	S	0,793	0,130	3,86	1,18
ST16	M	0,909	0,112	3,65	0,49
ST16	F	1,044	0,151	3,44	0,61
ST18	S	0,943	0,106	4,32	2,14
ST18	M	0,892	0,139	3,83	1,27
ST18	F	0,685	0,065	3,03	0,43
ST19	S	0,845	0,051	3,20	0,49
ST19	M	0,880	0,039	4,85	1,29
ST19	F	0,921	0,056	3,66	0,50
ST20	S	1,112	0,202	3,06	0,17
ST20	M	0,870	0,102	3,24	1,05
ST20	F	0,952	0,050	5,02	2,15
ST21	S	1,026	0,167	3,01	0,44
ST21	M	1,068	0,165	4,27	1,21
ST21	F	1,022	0,053	4,68	2,09

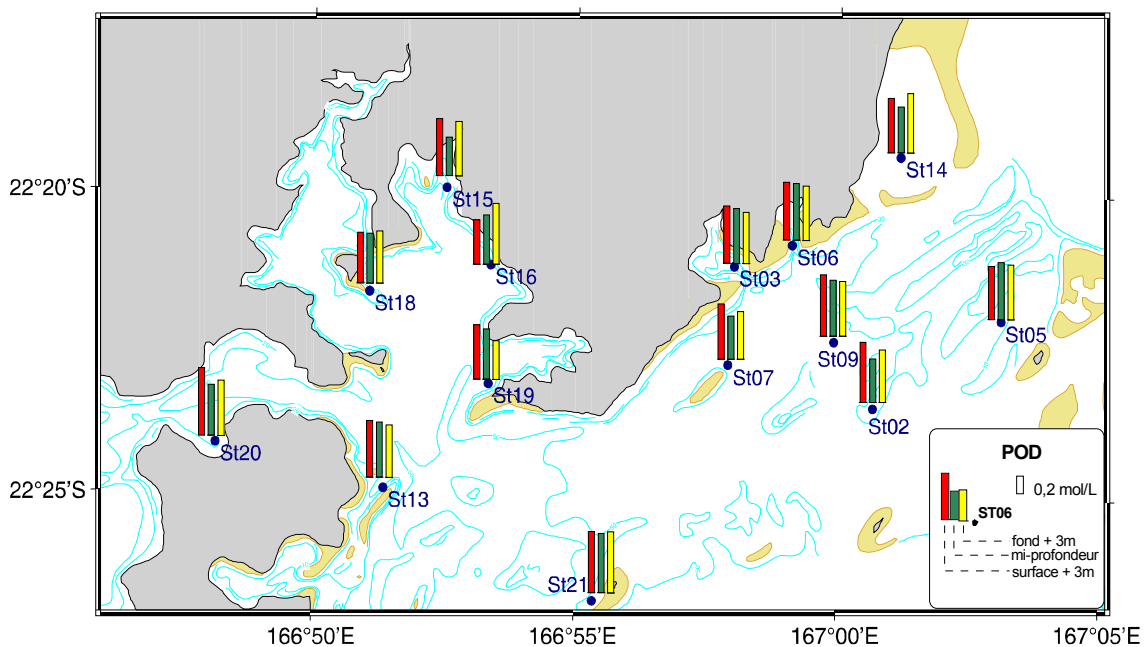
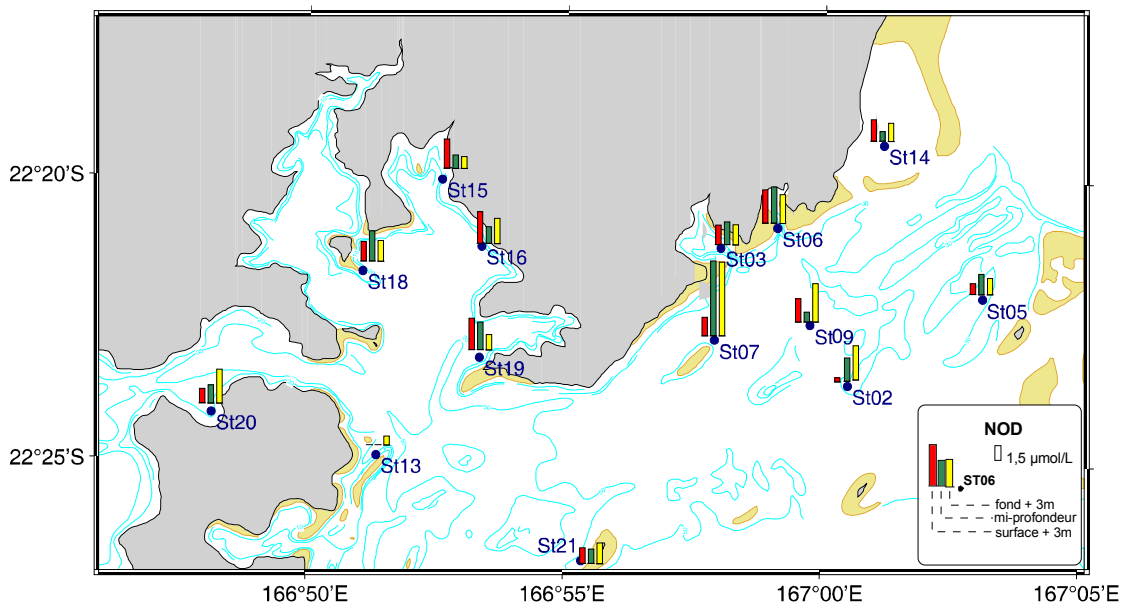
Concentration en Chlorophylle *a* et en Phéopigments dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	Chloro μg/L (n=1)	Pheo μg/L (n=1)	%Pheo
ST02	S	0,711	0,177	19,92
ST02	M	0,924	0,197	17,60
ST02	F	0,826	0,195	19,12

Station	Profondeur	Chloro µg/L (n=1)	Pheo µg/L (n=1)	%Pheo
ST03	S	0,801	0,233	22,50
ST03	M	0,473	0,242	33,80
ST03	F	0,362	0,191	34,58
ST05	S	1,120	0,000	0,00
ST05	M	1,008	0,178	15,04
ST05	F	0,968	0,254	20,82
ST06	S	0,322	0,209	39,32
ST06	M	0,353	0,163	31,59
ST06	F	0,659	0,190	22,40
ST07	S	1,088	0,222	16,93
ST07	M	0,984	0,226	18,69
ST07	F	0,991	0,228	18,73
ST09	S	0,908	0,193	17,53
ST09	M	0,859	0,193	18,35
ST09	F	0,933	0,155	14,23
ST13	S	0,630	0,199	23,98
ST13	M	0,743	0,175	19,02
ST13	F	0,923	0,186	16,80
ST14	S	0,949	0,221	18,90
ST14	M	0,937	0,343	26,80
ST14	F	0,661	0,234	26,17
ST15	S	0,707	0,183	20,57
ST15	M	1,054	0,309	22,64
ST15	F	0,590	0,262	30,78
ST16	S	0,726	0,155	17,58
ST16	M	0,737	0,226	23,51
ST16	F	0,881	0,110	11,08
ST18	S	0,521	0,130	20,02
ST18	M	0,655	0,184	21,93
ST18	F	0,811	0,101	11,08
ST19	S	0,832	0,187	18,33
ST19	M	0,796	0,204	20,39
ST19	F	0,839	0,238	22,10
ST20	S	0,832	0,202	19,57
ST20	M	0,716	0,205	22,25
ST20	F	0,755	0,213	22,03
ST21	S	0,501	0,164	24,69
ST21	M	0,876	0,214	19,63
ST21	F	0,970	0,244	20,11

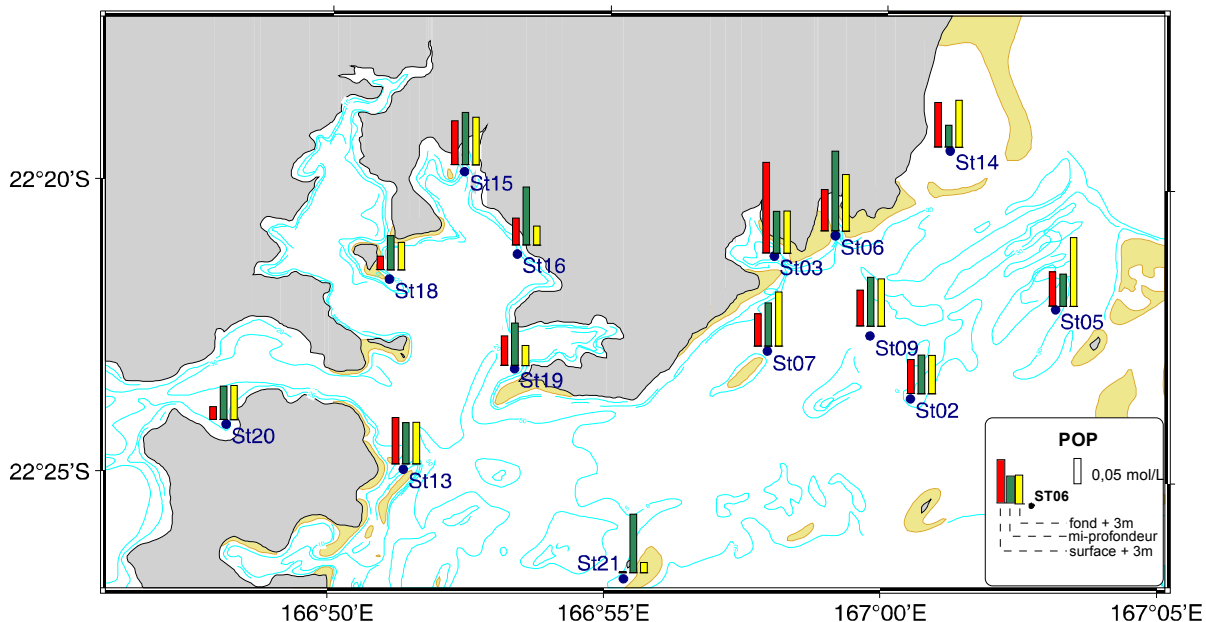
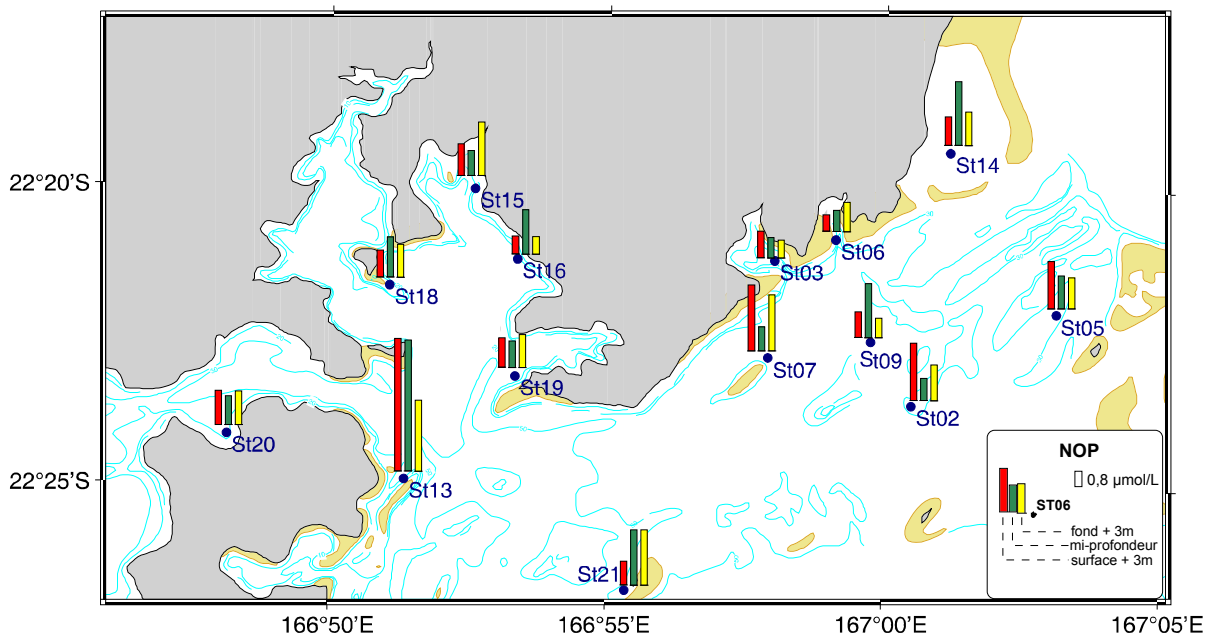
Cartes de distribution de l'azote et phosphore dissous.

Concentrations de l'azote et du phosphore dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



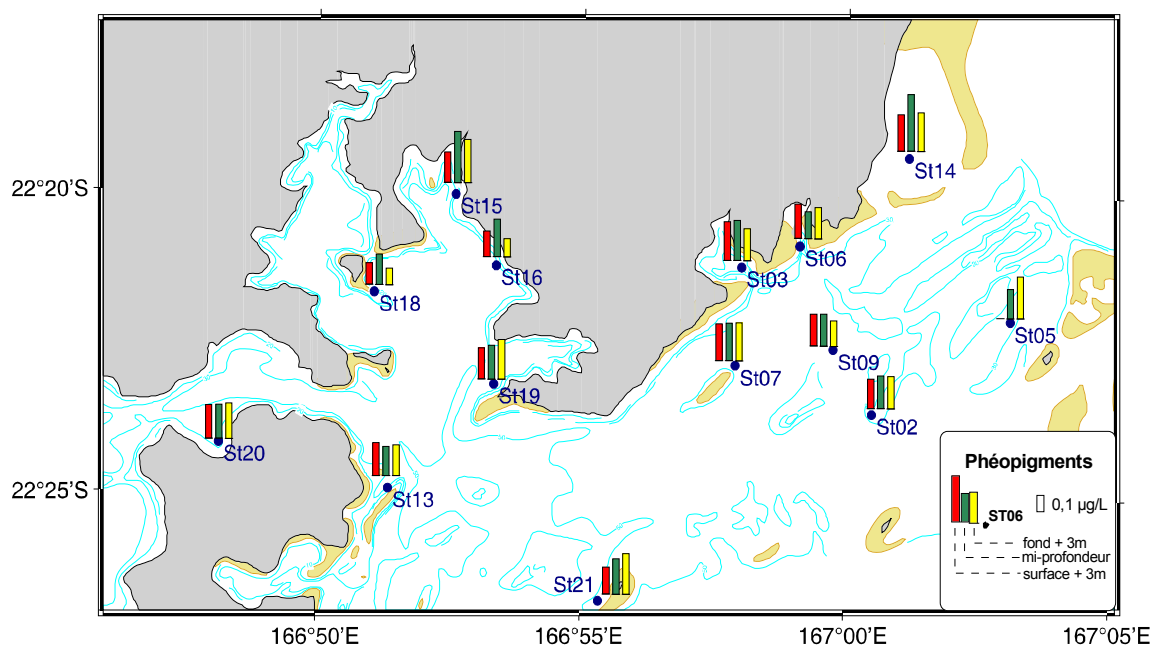
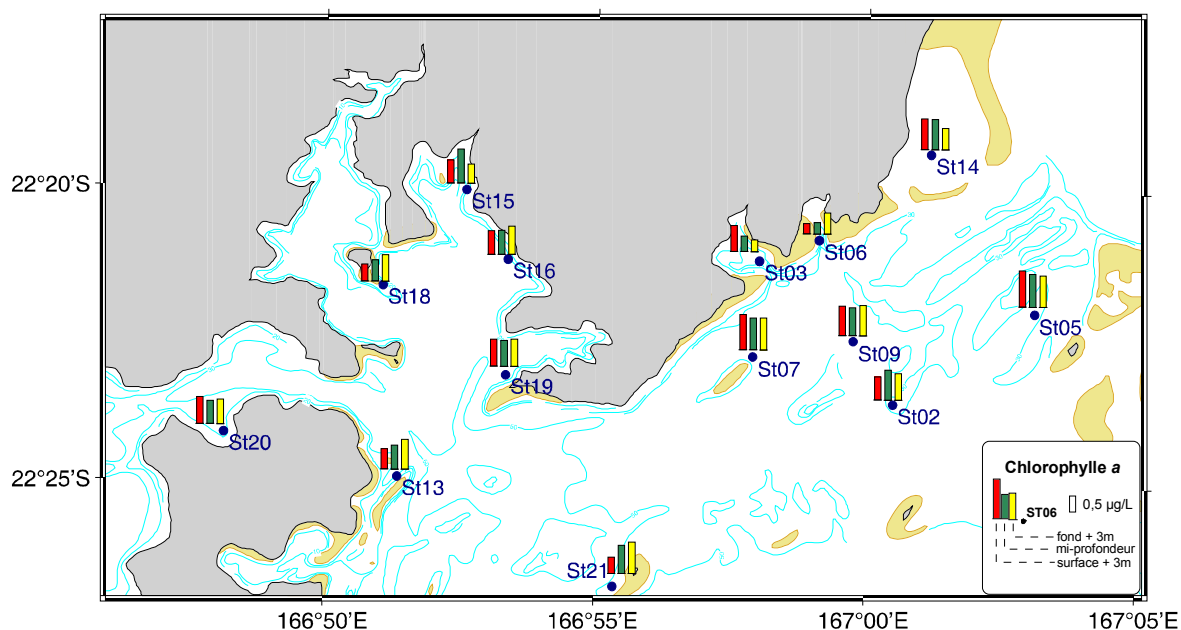
Cartes de distribution de l'azote et phosphore particuliers.

Concentrations de la l'azote et le phosphore particuliers dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Cartes de distribution de la chlorophylle *a* et des phéopigments.

Concentrations de la chlorophylle *a* dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie de Prony.



ANNEXE 5

Concentrations en hydrocarbures totaux

Concentrations en hydrocarbures totaux dans les eaux de la station St16 (Port industriel) de la Baie de Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m.

Station	Profondeur	Hydrocarbures mg/L (n=1)
ST16	S	< 0,1
ST16	M	< 0,1
ST16	F	< 0,1

ANNEXE 6

Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

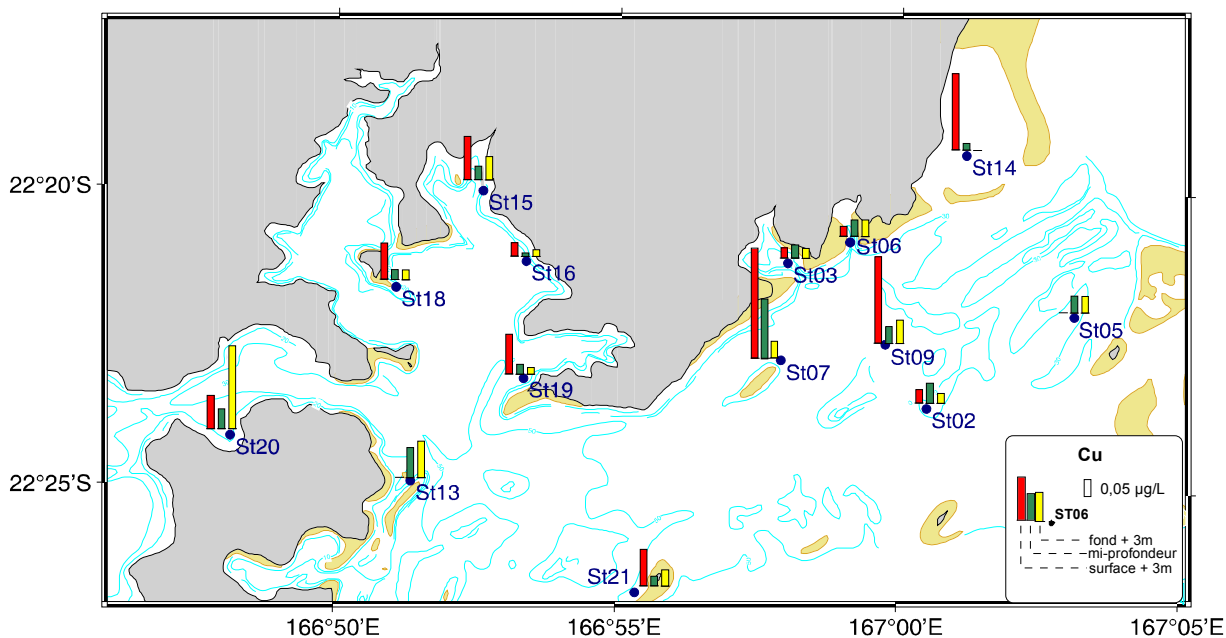
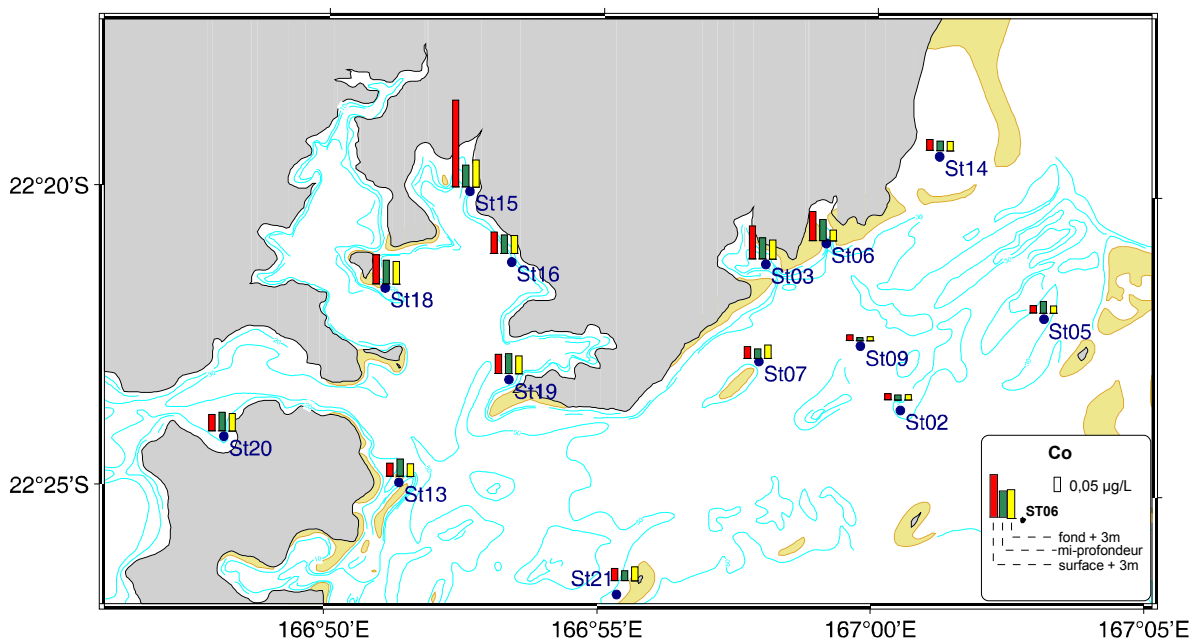
Concentrations des métaux dissous analysés dans la colonne d'eau à 3 profondeurs : S = surface -3m, M = mi-profondeur, F = fond + 3 m ; (<LD) = Valeur inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES ; (-) = Dosage non effectué. Campagne semestrielle « saison humide » (Mars 2010) ; (*) Problème d'échantillonnage.

Station	Profondeur	Cd (µg/l)	Co (µg/l)	Cu (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	Ni (µg/l)	Cr(VI) (µg/l)	Cr(tot) (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)
ST02	S	<LD	0,019	0,04	0,08	0,09	0,10	0,175	0,18	<LD	0,43
ST02	M	<LD	0,015	0,06	0,08	0,09	0,09	0,141	0,22	<LD	0,51
ST02	F	<LD	0,017	0,03	0,08	0,10	0,11	0,127	0,23	<LD	0,41
ST03	S	<LD	0,102	0,03	0,07	0,30	0,65	0,230	-	<LD	0,67
ST03	M	<LD	0,066	0,04	0,09	0,26	0,40	0,183	-	<LD	0,56
ST03	F	<LD	0,059	0,03	0,12	0,25	0,31	0,167	0,17	<LD	0,37
ST05	S	<LD	0,023	<LD	0,07	0,09	0,11	0,251	-	<LD	0,17
ST05	M	<LD	0,036	0,05	0,08	0,10	0,10	0,169	0,22	<LD	0,46
ST05	F	<LD	0,023	0,05	0,07	0,09	0,10	0,146	0,27	<LD	0,32
ST06	S	<LD	0,091	0,03	0,16	0,54	0,55	0,154	0,16	<LD	0,60
ST06	M	<LD	0,066	0,05	0,18	0,40	0,31	0,129	0,17	<LD	0,54
ST06	F	<LD	0,034	0,05	0,16	0,28	0,18	0,137	0,15	<LD	0,66
ST07	S	<LD	0,036	0,33	0,13	0,15	0,11	0,124	0,17	<LD	*
ST07	M	<LD	0,030	0,18	0,09	0,14	0,11	0,123	0,16	<LD	0,87
ST07	F	<LD	0,042	0,05	0,12	0,15	0,12	0,106	0,15	<LD	0,58
ST09	S	<LD	0,018	0,26	0,16	0,11	0,13	0,130	0,16	<LD	0,87
ST09	M	<LD	0,010	0,05	0,07	0,08	0,10	0,121	0,16	<LD	0,30
ST09	F	<LD	0,013	0,07	0,07	0,09	0,10	0,135	0,15	<LD	0,44
ST13	S	<LD	0,041	0,86	0,19	0,23	0,21	0,148	0,25	<LD	*
ST13	M	<LD	0,054	0,09	0,16	0,21	0,20	0,147	0,19	<LD	*
ST13	F	<LD	0,039	0,11	0,13	0,22	0,17	0,136	0,17	<LD	*
ST14	S	<LD	0,034	0,23	0,25	0,22	0,19	0,132	0,16	<LD	*
ST14	M	<LD	0,030	0,02	0,17	0,18	0,16	0,134	0,16	<LD	0,53
ST14	F	<LD	0,029	<LD	0,29	0,19	0,15	0,110	0,15	<LD	0,50
ST15	S	<LD	0,270	0,13	0,07	1,27	1,06	0,776	-	<LD	*
ST15	M	<LD	0,068	0,04	0,08	0,18	0,32	0,219	0,23	<LD	0,62
ST15	F	<LD	0,084	0,07	0,07	0,50	0,35	0,212	0,21	<LD	0,77
ST16	S	<LD	0,066	0,04	0,10	0,26	0,31	0,239	-	<LD	*
ST16	M	<LD	0,058	0,01	0,07	0,22	0,26	0,186	0,22	<LD	0,80
ST16	F	<LD	0,056	0,02	0,09	0,24	0,27	0,218	0,24	<LD	*

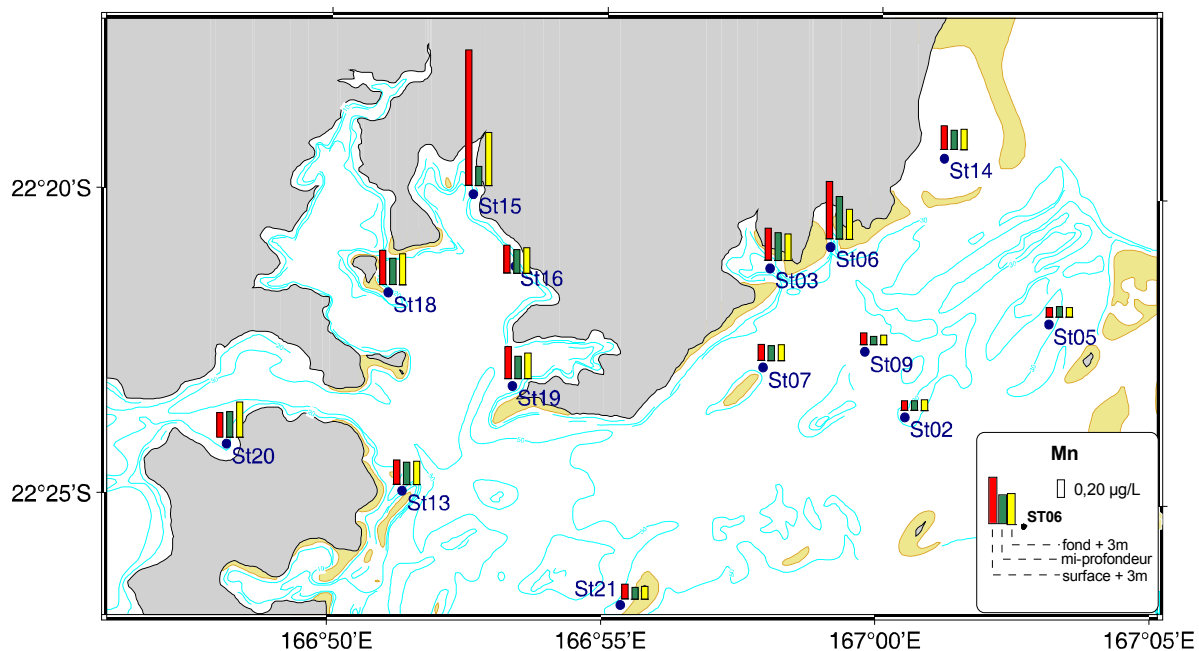
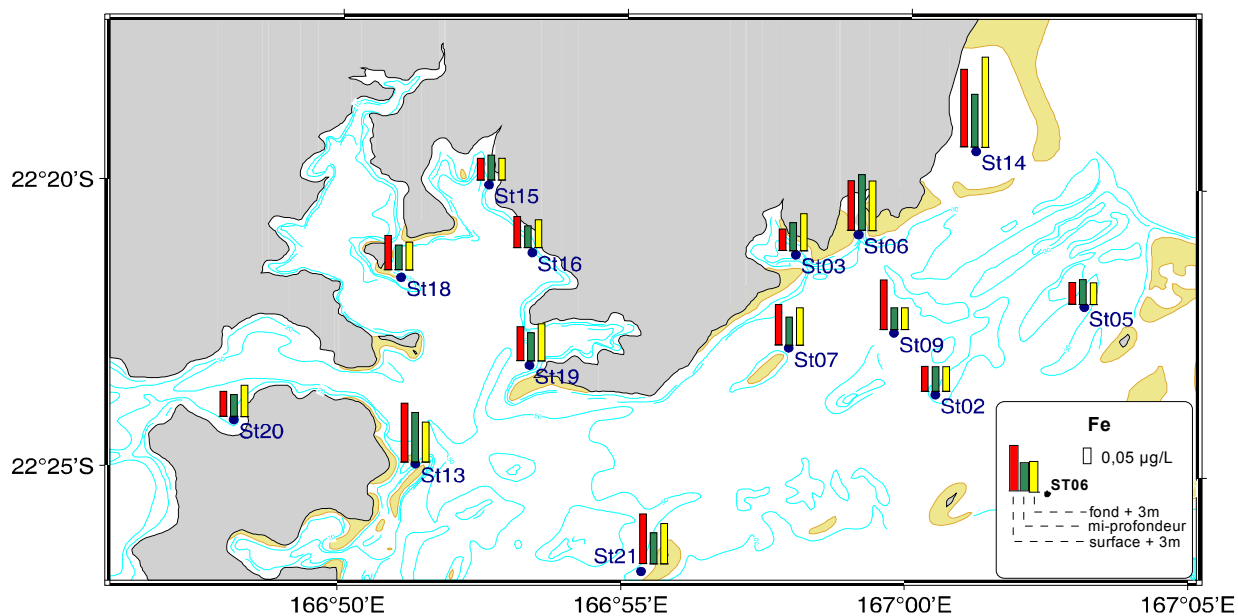
Station	Profondeur	Cd (µg/l)	Co (µg/l)	Cu (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	Ni (µg/l)	Cr(VI) (µg/l)	Cr(tot) (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)
ST18	S	<LD	0,091	0,11	0,11	0,32	0,52	0,400	0,45	<LD	*
ST18	M	<LD	0,074	0,03	0,08	0,25	0,35	0,292	0,32	<LD	*
ST18	F	<LD	0,071	0,03	0,09	0,29	0,37	0,258	0,29	<LD	0,82
ST19	S	<LD	0,060	0,12	0,11	0,30	0,28	0,182	0,20	<LD	*
ST19	M	<LD	0,062	0,03	0,09	0,21	0,24	0,190	0,21	<LD	0,78
ST19	F	<LD	0,055	0,02	0,12	0,24	0,26	0,191	0,21	<LD	*
ST20	S	<LD	0,051	0,10	0,08	0,23	0,23	0,160	0,18	<LD	*
ST20	M	<LD	0,058	0,06	0,07	0,24	0,23	0,150	0,19	<LD	*
ST20	F	<LD	0,055	0,25	0,10	0,33	0,28	0,153	0,19	<LD	*
ST21	S	<LD	0,038	0,11	0,16	0,14	0,11	0,124	0,15	<LD	*
ST21	M	<LD	0,031	0,03	0,10	0,11	0,11	0,137	0,16	<LD	*
ST21	F	<LD	0,044	0,05	0,13	0,12	0,10	0,141	0,16	<LD	*

Cartes de distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau.

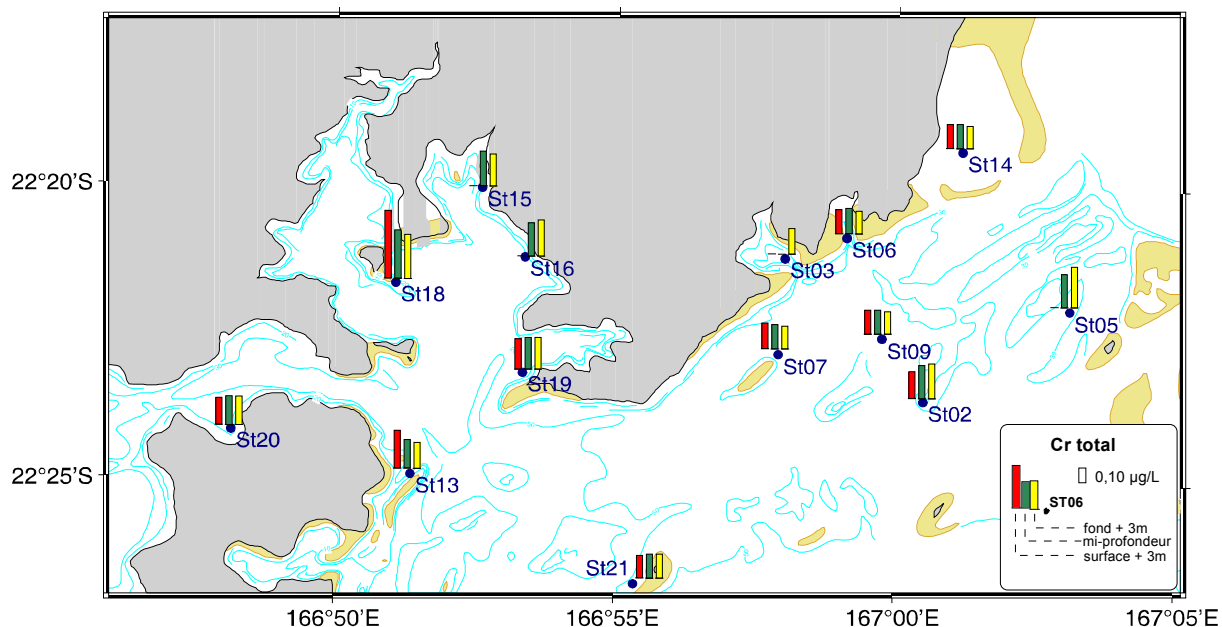
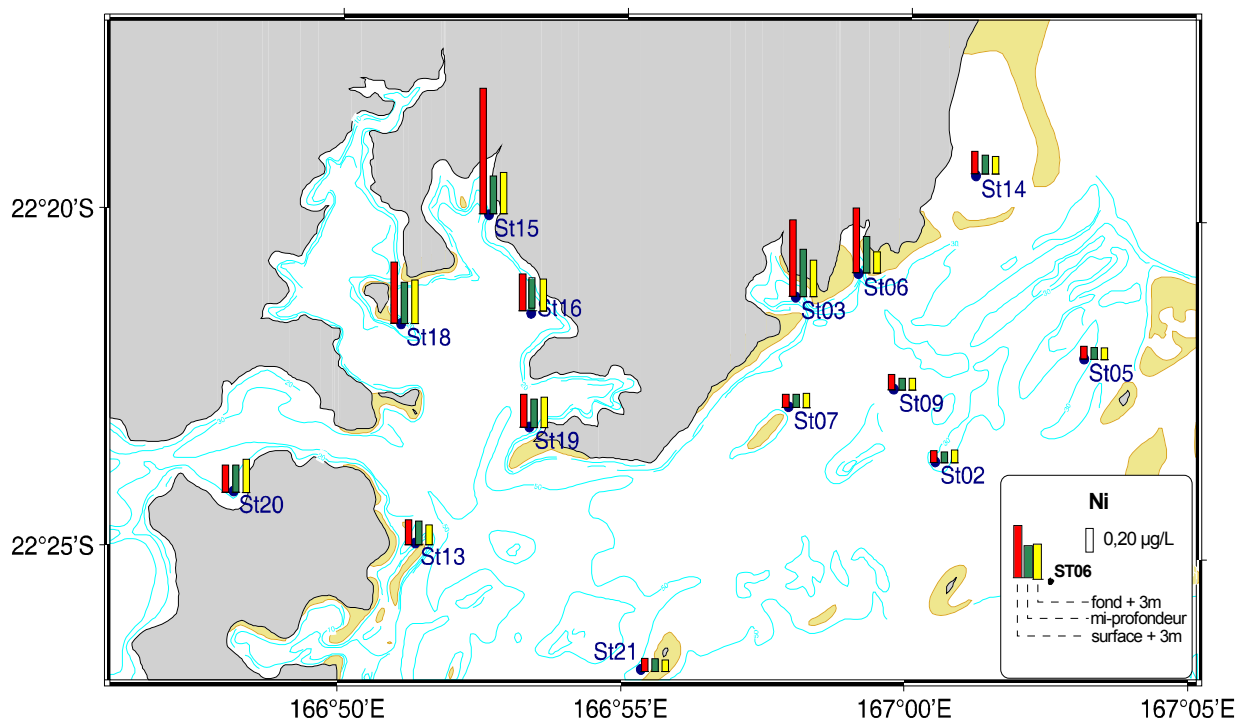
Concentrations en cobalt et cuivre dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



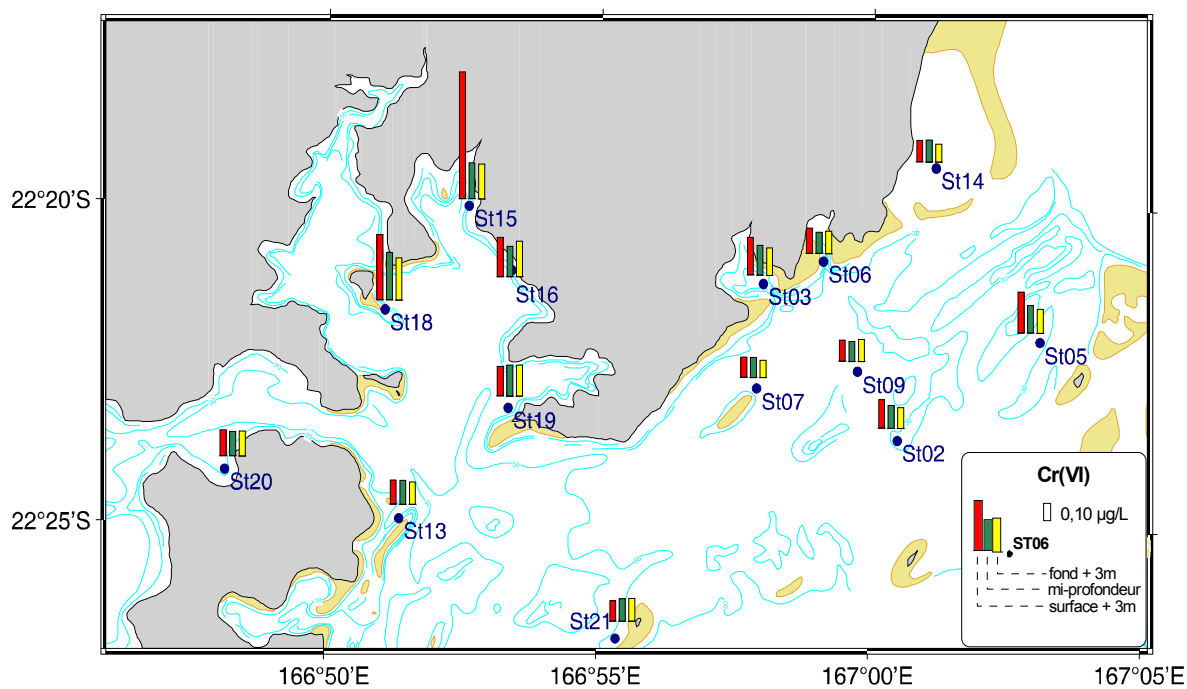
Concentrations en fer et manganèse dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Concentrations en nickel et chrome total dissous dans la colonne d'eau (Dosage non effectué pour les stations St03S, St03M, St05S et St15S); échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Concentrations en chrome (VI) dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



ANNEXE 7

Paramètres physico-chimiques et analyse

Profils verticaux

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées, a été obtenue par des profils verticaux réalisés à l'aide d'une sonde CTD SBE19 équipée de capteurs additionnels. La fréquence d'acquisition des données étant de 0,5 secondes et la vitesse de descente d'environ 0,5 m/s, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Les paramètres mesurés par la sonde CTD sont les suivants :

- La pression qui permet de calculer la profondeur ;
- La salinité déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélométrie exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1FTU $\simeq$ 1 mg L⁻¹ de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;
- La fluorescence *in-vivo* exprimée en unités arbitraires et permettant après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons collectés, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).

Eléments majeurs, pH et matière en suspension

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin a été effectué pour :

- Les dosages des ions Ca, Na, K et Mg. Après dilution, les concentrations ont été déterminées par analyse directe au spectromètre d'absorption atomique à flamme (Varian-SpectrAA-300/400).
- Le dosage des ions sulfate par gravimétrie. Les ions sulfate sont précipités en sulfate de baryum grâce à un ajout de chlorure de baryum en milieu acide. Le précipité est pesé, et par relation stœchiométrique, la concentration massique en ions sulfate est obtenue.
- Le dosage des ions chlorure selon la méthode de Mohr. Les chlorures ont été dosés par titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur.
- La mesure du pH (pHmètre WTW)
- L'évaluation de charge en MEST. Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu et la pesée du filtre (Nuclepore de 0,45 μ m de porosité).

Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4°C) jusqu'à leur analyse de retour au laboratoire.

Carbonates (Station St16)

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin a été effectué pour le dosage des carbonates.

La méthode utilisée est adaptée de celle Anderson and Robinson 1947 qui consiste à effectuer un dosage potentiométrique de l'alcalinité totale à partir d'une titration de l'eau de mer par un acide fort (HCl, 0,1N).

Le flaconnage utilisé est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4°C) jusqu'à leur analyse.

Sels nutritifs dissous

Les échantillons d'eau nécessaires aux différentes déterminations analytiques ont été directement conditionnés à bord dans du flaconnage soit en :

- PEHD pour être stockés à -20°C en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL/LEA. Ces dosages concernent les nitrates+nitrites (NO_3), les phosphates (PO_4), l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- Verre borosilicaté et addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 24 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium (NH_4). Compte tenu des faibles valeurs attendues, chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat.

Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour leur dosage est celle fondée sur le dosage des ions nitrites obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates par photométrie (Oudot and Montel 1988), les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces étant quasiment nulles. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,2 et 1 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ avec des limites de détection d'environ 0,002 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luebbe, modèle Autoanalyseur III.

Ammonium

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac NH_3 et d'ion ammonium NH_4^+ ce dernier étant prépondérant dans le milieu marin. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles et la méthode décrite par Holmes et al. 1999 est la plus adaptée. Il s'agit d'une méthode manuelle basée sur le principe d'une mesure fluorométrique qui permet de doser des quantités sub micromolaires d'ammonium. Les proportions de réactifs ont été déterminées pour des concentrations maximales d'ammonium de 3 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, la limite de détection de la méthode est de 1,5 nmol.L⁻¹.

Phosphates

Le dosage des orthophosphates a été effectué selon la méthode de Murphy and Riley 1962 basée sur la formation en milieu acide (pH<1) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Le domaine de concentrations mesurable s'étend de 0 à 28 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, la limite de détection étant de 0,01 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ avec un intervalle de confiance de 95% sur la gamme de 0 à 3 $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Silicates

La méthode qui sert de référence est celle de Mullin and Riley 1955, modifiée par Fanning and Pilson 1973. Le dosage colorimétrique est fondé sur la formation d'un complexe silicomolybdique qui, après réduction donne une coloration bleue intense. Le domaine de concentrations mesurables s'étend de 0 à $140\mu\text{mol.L}^{-1}$, la limite de détection est de $0,05\mu\text{mol.L}^{-1}$ et l'intervalle de confiance de 98,5% sur une gamme de 0 à $10\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Si.

Matière organique

Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) et les composés inorganiques qui sont produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. La méthode d'oxydation par voie humide utilisée (Raimbault et al. 1990) présente l'avantage d'être simple et rapide à mettre en œuvre et ne nécessite pas d'appareillage lourd ou sophistiqué. Pour l'azote, dans le domaine de concentrations $> 1\mu\text{mol.L}^{-1}$, la limite de détection est de $0,020\mu\text{mol.L}^{-1}$, pour le phosphore cette limite est $10\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Matière organique particulaire

La charge organique particulaire a été déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité $0,7\mu\text{m}$). Leur conservation a été assurée par congélation à -20°C jusqu'à dosage du contenu en :

- Carbone ;
- Azote ;
- Phosphore ;
- Pigments chlorophylliens (chlorophylle **a** et phéo-pigments).

Carbone et azote

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN (Perkin Elmer, modèle 2400) selon le principe de la combustion de la matière organique par l'oxygène, suivi d'un dosage du dioxyde de carbone et de l'azote formés. Avec cette technique, $20\mu\text{g}$ de C correspondent à la quantité limite au dessus de laquelle il est communément admis que l'erreur sur la mesure du carbone (COP) est négligeable. Pour l'azote (NOP) cette quantité limite est repoussée à $10\mu\text{g}$ de N dans l'échantillon.

Phosphore organique particulaire

Les filtres ont été soumis au même traitement que pour le dosage du phosphore organique dissous. Dans le domaine de concentrations étudié en mer, la limite de détection est de $0,010\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Pigments chlorophylliens

Les dosages ont été effectués par la méthode fluorométrique de Lorenzen 1966 qui présente une très grande sensibilité. Les pigments chlorophylliens sont extraits du filtre par un solvant organique, leur détection s'effectue, après excitation dans un faisceau lumineux à 450 nm , par mesure de la fluorescence émise à 670 nm (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamétrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de

chlorophylle a par rapport à la somme chlorophylle a + Phéophytine a. Etant donné les interférences dues aux chlorophylles b et c, la précision des mesures dépend de la nature même des communautés de producteurs primaires. La limite de détection pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de 10ng.L^{-1} .

Analyse des hydrocarbures totaux (Station St16)

Des sous-échantillons ont été collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®).

Les eaux ont été conditionnées dans des flacons en verre afin d'éviter tout contact prolongé avec des matières plastiques pouvant induire une contamination potentielle.

L'analyse des hydrocarbures totaux s'est effectuée soit par norme NF T90-203 ou bien DIN EN ISO 9377-2.

La définition de l'indice en hydrocarbure dissous revient au dosage des hydrocarbures des chaînes carbonées comprises entre C10 et C40 par chromatographie gazeuse (GC/FID). Cette méthode permet de doser 0,1 mg/l d'hydrocarbures (elle est cependant moins sensible que l'ancienne norme NF T90-114 utilisant la méthode au CCl_4 aujourd'hui interdite en raison de la très haute toxicité du solvant organique).

Les analyses ont été confiées au laboratoire : Micropolluants Technologie S.A., Thionville, France.

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Conditionnement et analyse

Pour chacune des 14 stations, les 3 profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en double :

- Les échantillons du premier lot de 42 flacons ont été destinés pour les analyses des éléments Cr/CrVI. Ces analyses ont été effectuées par électrochimie (Voltamétrie) de retour au laboratoire de AEL/LEA. Suite à un problème survenu en cours de mesure, l'analyse de l'Arsenic n'a pas permis de fournir des résultats probants, il n'ont donc pas été reportés pour cette campagne.
- Les 42 échantillons du deuxième lot ont été directement filtrés à $0,45\text{ }\mu\text{m}$ en ligne (filtres Millipore, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement.

De retour au laboratoire, les métaux ont été élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M) et analysés par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista). Les dosages ont été réalisés aux longueurs d'ondes suivantes : Cd 228.802 ; Co 230.786 ; Cu 324754 ; Fe 238.204 ; Mn 257.610 ; Ni 231.604 ; Pb 217.000 ; Zn 206.200.

Validation des analyses

Deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrées par la société *Environment Canada* ont été intercalés dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations. Les limites de quantification de 5 métaux analysés sont regroupées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26.3 et TMDA-61.

Elément	TM-26.3 ($\mu\text{g l}^{-1}$)		TMDA-61 ($\mu\text{g l}^{-1}$)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	8,5	$8,1 \pm 1$	60	$62,9 \pm 5,8$
Cu	14,7	$13,4 \pm 1,9$	71,2	$69,2 \pm 7,4$
Fe	18,4	$21 \pm 3,6$	78,8	$81,1 \pm 10,1$
Mn	17,1	$17 \pm 1,4$	76,8	$74,8 \pm 7,3$
Ni	9,3	$10,2 \pm 1,3$	55,9	$58,7 \pm 6,4$
Zn	37,4	39	73,2	$71,3 \pm 8,7$

Tableau 2 : Limite de quantification des métaux Co, Cu, Fe, Mn et Ni.

Elément	LQ ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Co	0,012
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage de deux échantillons certifiés : CASS-4 Nearshore Seawater et NASS-5 Open Ocean Seawater du National Research Council, du Canada (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats d'analyses des échantillons de référence NASS-5 et CASS-4.

Elément	NASS-5 ($\mu\text{g l}^{-1}$)		CASS-4 ($\mu\text{g l}^{-1}$)	
	Valeur déterminée (n=1)	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	ND	ND	$0,023 \pm 0,007$	$0,026 \pm 0,003$
Cu	0,324	$0,297 \pm 0,046$	$0,558 \pm 0,034$	$0,592 \pm 0,055$
Fe	0,281	$0,207 \pm 0,035$	$0,635 (n=1)$	$0,713 \pm 0,058$
Mn	1,010	$0,919 \pm 0,057$	$2,75 \pm 0,06$	$2,78 \pm 0,19$
Ni	0,273	$0,253 \pm 0,028$	$0,295 \pm 0,025$	$0,314 \pm 0,030$

(CASS-4 n=5) ND = Non déterminé