



SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012
**QUALITE PHYSICO-CHIQUE ET CONCENTRATIONS
EN METAUX DISSOUS DES EAUX**
(1^{er} semestre 2012)



Rapport final
AOUT 2012



Photos de couverture AEL : Irradiateur UV pour le dosage du Cr(VI) en voltammétrie

CONTRAT DE CONSULTANCE

Convention n° C2445

SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012

1er semestre 2012

**Le Grand H.
Roupsard F.
Creuzil J.
Moreton B.
Kumar Roiné S.
Fernandez JM.**

Nombre de pages : 86

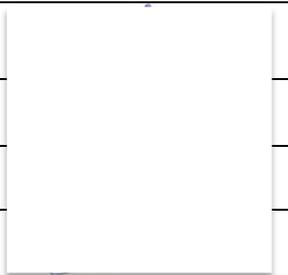
	N/Ref	V/Ref	
Identification	100216-VI-04	C2445	
Titre complet	SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012		
Auteurs	Le Grand H, Rounsard F, Creuzil J, Moreton B, Kumar Roiné S, Fernandez JM		
Résumé	<p>Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux. Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations localisées dans le Canal de la Havannah, la Baie du Prony et le Canal Woodin. Ce suivi est réalisé semestriellement ; une campagne ayant lieu en saison humide (mars) et une en saison sèche (août). Ce document présente les résultats obtenus lors de la campagne « saison humide » de mars 2012.</p> <p>Les conditions météorologiques observées durant la campagne semestrielle de 2012 sont les plus proches, depuis 2007, des caractéristiques climatiques des zones tropicales. Ces conditions ont contribué au développement de processus métabolique benthiques et à l'apparition de couches riches en nutriments (ammonium, nitrates+nitrites,..) en profondeur dans les zones de faible hydrodynamisme comme la baie du Prony ainsi que celle de Port Boisé et de la Kwé.</p> <p>En ce qui concerne les éléments métalliques, les concentrations sont revenues à des niveaux observés jusqu'en 2009. Cette constatation est particulièrement avérée aux stations sous influence terrigène (St15 et St06) et pour les éléments comme Co, Cr(VI), Mn et Ni. Les autres éléments (Cu et Zn) étant moins représentatifs car en bien moindre teneurs dans les sols latéritiques, la variabilité des concentrations dans l'eau de mer est plus grande. Ailleurs, sur les stations éloignées, les niveaux de concentrations des métaux traces des apports terrigènes ne montrent aucune tendance et demeurent du même ordre que ceux mesurés dans les aires lagonaires fortement influencées par les masses d'eaux océaniques.</p>		
APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		06/08/2012
Vérificateur 1	Jean-Michel Fernandez		07/08/2012
Vérificateur 2			
Approbateur(s)	Jean-Michel Fernandez		07/08/2012
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR		DATE
V1.0	Rapport final (1 ^{er} semestre 2012)		06/08/2012
COPIE - DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement		

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	6
II.	OBJECTIFS.....	7
III.	METHODOLOGIE	8
A.	SITE D'ETUDE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES	8
B.	ECHANTILLONNAGE.....	11
C.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSE	12
IV.	RESULTATS	13
A.	ELEMENTS MAJEURS ET PH.....	13
B.	MATIERE EN SUSPENSION TOTALE (MEST)	14
C.	CARBONATES : ST16	15
D.	HYDROCARBURES TOTAUX : ST15 ET ST16	15
E.	STRUCTURES DES MASSES D'EAU	16
1.	Campagne semestrielle : mars 2012.....	16
2.	Campagne trimestrielle : mai 2012.....	23
F.	SELS NUTRITIFS	26
1.	Ammonium	26
2.	Nitrates et nitrites.....	26
3.	Phosphates	27
G.	AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUES.....	27
1.	Azote et phosphore organiques dissous.....	28
2.	Azote ET phosphore organiques particuliers	28
H.	CHLOROPHYLLE A ET PHEOPIGMENTS.....	28
I.	METAUX DISSOUS	30
1.	Campagne semestrielle	30
2.	Campagne trimestrielle	31
V.	SYNTHESE	34
A.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS	34
1.	Distribution globale dans le domaine	34
2.	Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09.....	35
B.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE ET DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS.....	36
C.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS.....	38
1.	Distribution globale dans le domaine	38
2.	Distribution verticale aux stations st15, St06 et St09	40
VI.	CONCLUSION	43
	REFERENCES	44
	LISTE DES FIGURES	46
	LISTE DES TABLEAUX	47
	LISTE DES ANNEXES.....	48

I. 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-NC poursuit un programme de suivi des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau depuis mars 2007.

Ce document présente les résultats de la campagne de prélèvements du **1^{er} semestre 2012** (mars 2012) relative au suivi environnemental des impacts dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony ainsi que les résultats de la campagne de prélèvements trimestriels (mai 2012) se déroulant dans la Baie du Prony.

II. OBJECTIFS

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

Ce suivi consiste 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 de métaux dissous ainsi que les concentrations de sels nutritifs et de matière organique dissoute et particulaire.

Le programme de surveillance trimestriel du milieu marin est réalisé sur deux stations : la station St15 (Prony Creek Baie Nord) et la station St16 (Prony Wharf). Ce suivi consiste à déterminer les principaux paramètres physico-chimiques et les concentrations de certains métaux dissous.

Remarque 1 : La méthodologie proposée dans le cadre de cette étude a été spécifiquement développée pour les concentrations à l'état de traces dans les milieux lagunaires tropicaux. Ces techniques ont été validées par publications dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture. Les techniques analytiques des métaux ou des sels nutritifs estampillées NF ou ISO, ne sont pas entièrement applicables dans le contexte lagunaire de la Nouvelle-Calédonie et plus globalement dans les eaux marines. AEL Environnement s'en inspire néanmoins fortement tout en les ayant complétées, après approbation internationale, aux écosystèmes marins tropicaux.

Remarque 2 : Les paramètres choisis pour la réalisation de cette étude font tous partie intégrante de la liste des paramètres et des techniques préconisés par le « Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie (2011) ».

III. METHODOLOGIE

A. SITE D'ETUDE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les opérations de terrain ont été réalisées d'une part, au cours de la campagne semestrielle du 6 au 8 mars 2012 sur les 14 stations prédéfinies et d'autre part, au cours de la campagne trimestrielle du 10 mai 2012 sur les stations St15 et St16 (Figure 1 ; Tableau 1). Les deux campagnes se sont déroulées à bord du Slavko (*Casy Express*).

Les paramètres météorologiques ont une forte influence sur, d'une part la quantité de matière particulaire d'origine terrigène qui entre dans les systèmes lagunaires et en particulier dans le lagon de Nouvelle-Calédonie (Dugas, 1974 ; Bird et al., 1984 ; Ambatsian et al., 1997, Fernandez et al., 2006) et d'autre part, sur l'hydrodynamique des masses d'eau (Douillet et al., 2001, Ouillon et al, 2010).

Afin de resituer chaque prélèvement dans ce contexte, les principales données météorologiques ont donc été relevées (Prony pilot station) (Figure 2 ; Figure 4) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur des marégrammes (Figure 3 ; Figure 5).

Conditions météorologiques précédant la campagne semestrielle :

- Pluie : 34,1 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédents la campagne.

Conditions météorologiques pendant la campagne semestrielle :

- 6/03/2012 : Vent SE 16 Nœuds, rafales 20 Nœuds, averses, temps nuageux avec quelques éclaircies ;
- 7/03/2012 : Vent E 8 Nœud, averses, temps nuageux, mer calme avec légère houle de fond ;
- 8/03/2012 : Vent SE 5-10 Nœuds, beau temps, quelques nuages.
- Pluie : 56,6 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne.

Conditions météorologiques précédant la campagne trimestrielle :

- Pluie : 7,4 mm de pluie se sont accumulés 5 jours avant la campagne.

Conditions météorologiques pendant la campagne trimestrielle :

- 10/05/2012 : Vent SE 5 Nœuds, temps ensoleillé et mer calme.
- Pluie : 0,4 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne.

Tableau 1 : Liste et location des stations de prélèvement de la campagne semestrielle « colonne d'eau » (WGS-84).

Localisation	STATION AU REFERENTIEL WGS-84			
	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St02	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	St03	166° 58,010	22° 21,190	29
Ilot Kié	St05	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	St06	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif Ioro	St07	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	St09	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	44
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	36

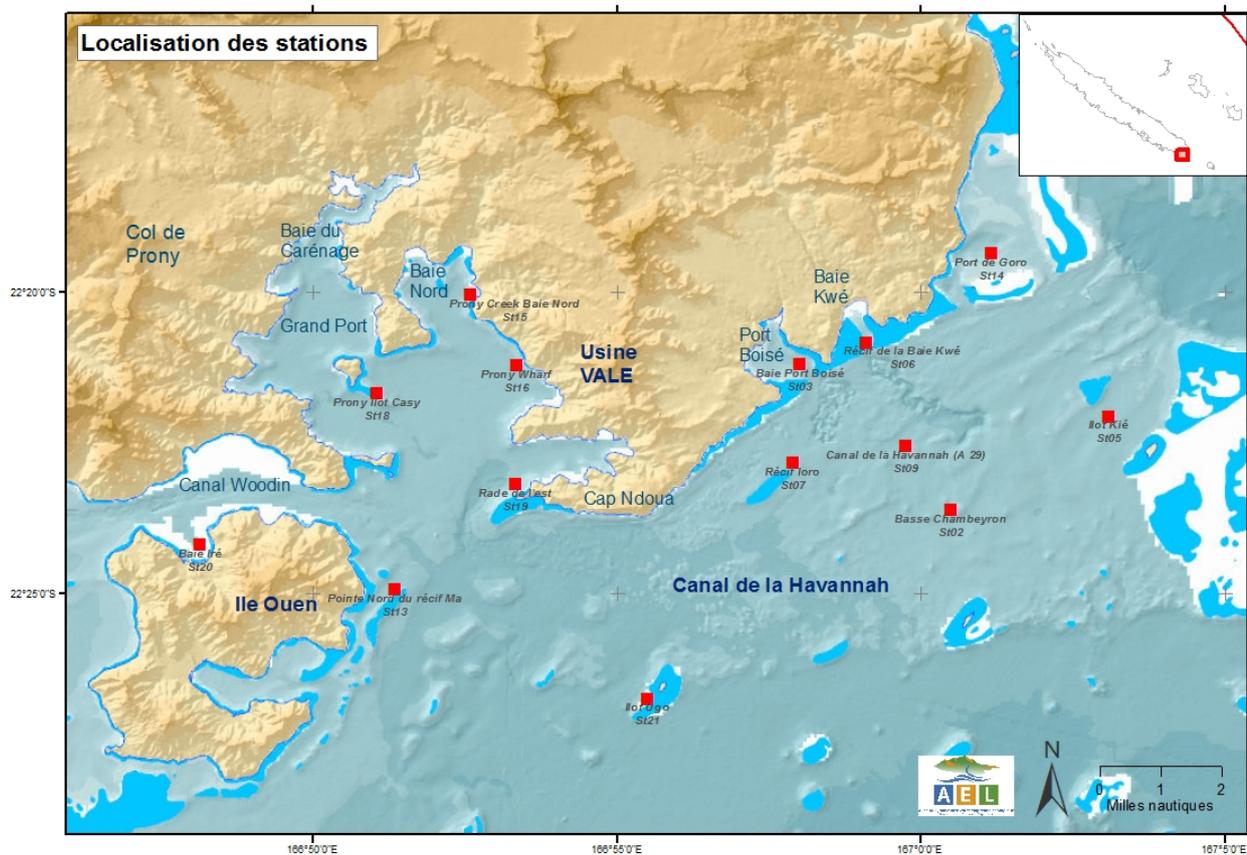


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement des campagnes semestrielles « colonne d'eau »

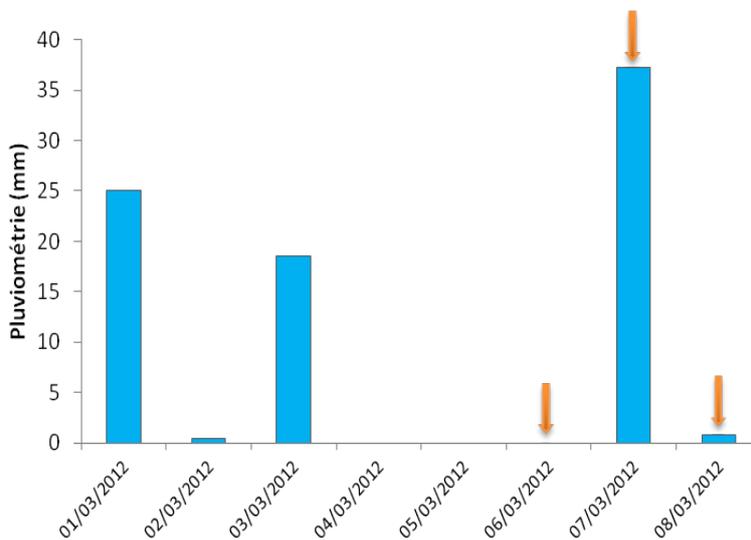


Figure 2 : Pluviométrie journalière du 1^{er} au 8 mars 2012 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; Station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches orange.

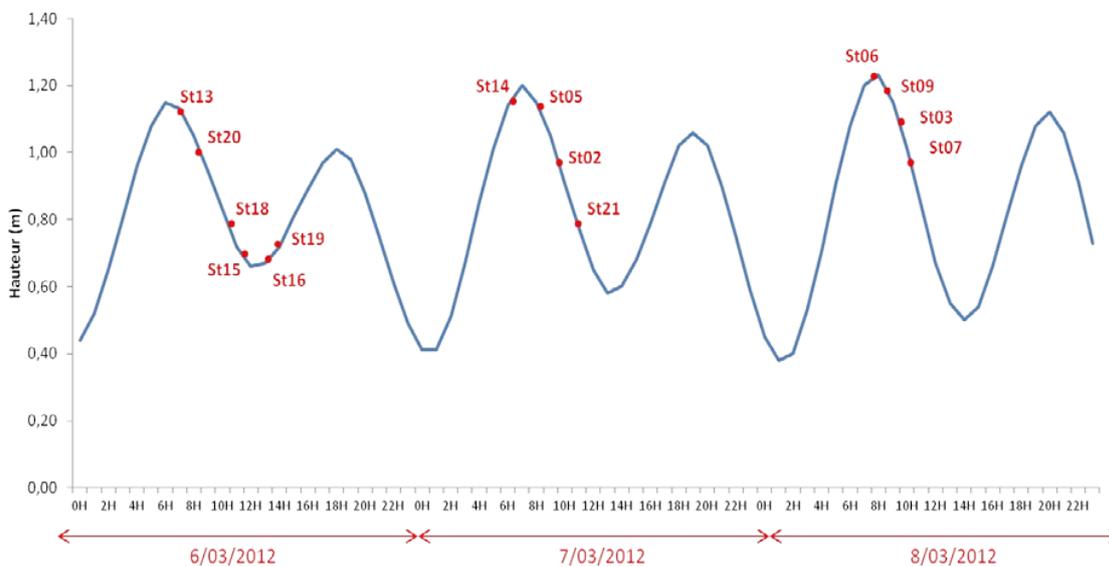


Figure 3 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle du 6 au 8 mars 2012.

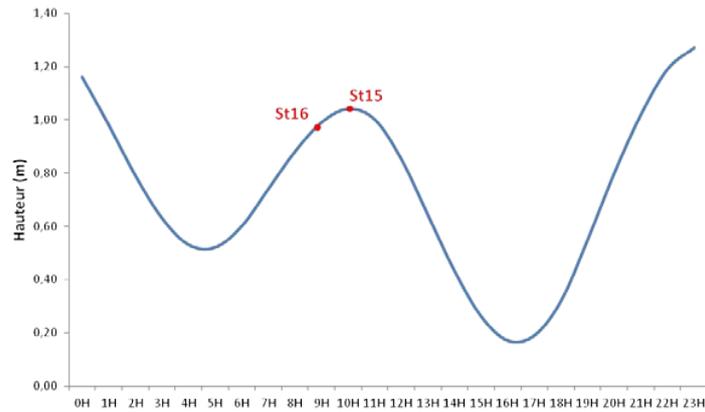


Figure 4 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne trimestrielle du 10 mai 2012.

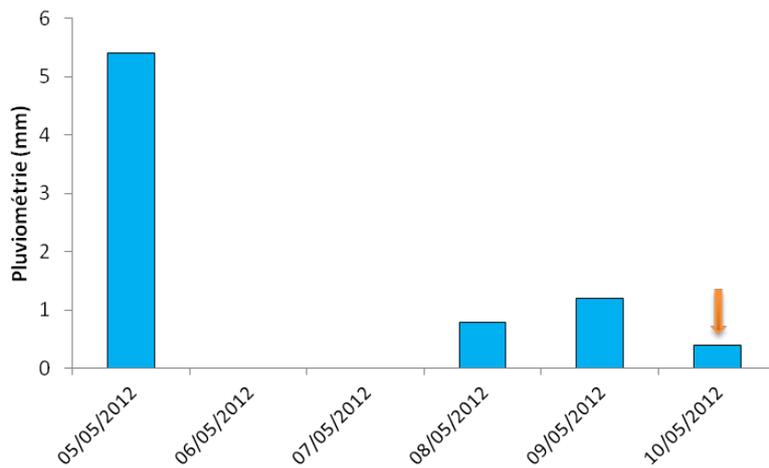


Figure 5 : Pluviométrie journalière du 5 au 10 mai 2012 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; Station B). La journée de prélèvement est indiquée par la flèche orange.

B. ECHANTILLONNAGE

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

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

Lors de la campagne de prélèvement semestrielle, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, 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, des MEST et des concentrations en ions SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} et Cl^- ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates), de la charge organique dissoute et particulaire (azote et phosphore organiques dissous, azote et phosphore organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par spectrométrie d'émission optique par torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn et par électrochimie (Voltampérométrie) pour les dosages de l'As et du couple Cr/Cr(VI).

Lors de la campagne de prélèvement trimestrielle, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, 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, des MEST et des concentrations en magnésium, sulfates et carbonates (St16 uniquement) ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux ;
- Prélèvements d'eau à des fins d'analyse des métaux dissous par torche à plasma (ICP-OES) pour Co, Cu, Mn, Ni et Zn et par électrochimie (Voltampérométrie) pour les dosages du couple Cr/Cr(VI).

C. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSE

Les méthodes sont décrites en Annexe 1.

IV. RESULTATS

A. ELEMENTS MAJEURS ET PH

Les mesures de pH et les concentrations des éléments majeurs mesurés lors des campagnes semestrielle (mars 2012) et trimestrielle (mai 2012) sont regroupés dans les Tableau 2 et Tableau 3 et en Annexe 2.

Les valeurs de pH et les concentrations des ions majeurs sont conformes aux valeurs attendues et similaires avec celles obtenues lors des campagnes précédentes (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445) (Tableau 2).

Les valeurs de pH des stations St15 et St16 mesurées lors de la campagne de mars 2012 sont légèrement inférieures à celles obtenues lors de la campagne de mai 2012. Les concentrations des ions magnésium et sulfates de ces deux stations sont relativement similaires d'une campagne à l'autre (Tableau 3).

Tableau 2 : PH et concentrations des éléments majeurs dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

		pH	Ca (µg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)
Domaine entier	Minimum	8,08	439	335	1292	11587	19813	2562
	Maximum	8,31	568	398	1714	13709	21487	2923
	Moyenne	8,26 ± 0,05	488 ± 38	352 ± 13	1432 ± 106	12382 ± 599	20449 ± 407	2713 ± 74
Canal de la Havannah	Minimum	8,28	439	335	1292	11704	19905	2562
	Maximum	8,31	568	398	1714	13709	21425	2923
	Moyenne	8,29 ± 0,01	510 ± 38	359 ± 17	1489 ± 116	12231 ± 679	20462 ± 455	2737 ± 88
Baie du Prony	Minimum	8,14	442	336	1308	12604	20312	2630
	Maximum	8,25	468	357	1399	13406	20826	2803
	Moyenne	8,23 ± 0,03	453 ± 9	345 ± 7	1343 ± 31	12845 ± 229	20617 ± 170	2702 ± 59

Tableau 3 : Valeur du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates mesurées lors des campagnes trimestrielles de mars et mai 2012.

Campagne	Station	Niveau	pH	Mg (mg/L)	SO4 (mg/L)
Mars 2012	St15	S	8,24	1328	2742
		M	8,24	1317	2652
		F	8,24	1370	2630
Mars 2012	St16	S	8,24	1325	2780
		M	8,24	1331	2774
		F	8,22	1394	2803
Mai 2012	St15	S	8,29	1384	Nd
		M	8,29	1386	Nd
		F	8,26	1412	Nd
Mai 2012	St16	S	8,31	1376	2650
		M	8,30	1405	2696
		F	8,29	1369	2666

Nd : Concentrations non déterminées (Les concentrations de sulfates de la station S15 seront fournies dans le rapport final de novembre 2012).

B. MATIERE EN SUSPENSION TOTALE (MEST)

Les concentrations moyennes de MEST dans l'ensemble de la zone d'étude et tous niveaux confondus s'élèvent à $0,46 \pm 0,13$ mg/L et sont comprises entre 0,21 (St05-S) et 0,81 (St06-S) mg/L. Les concentrations moyennes obtenues aux stations du Canal de la Havannah ($0,45 \pm 0,12$ mg/L) et en Baie du Prony ($0,43 \pm 0,12$ mg/L) sont relativement similaires. Les stations de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) ainsi que les stations St13 (Pointe du récif Ma) et St20 (Baie Iré) montrent des concentrations de MEST en profondeur plus élevées que les concentrations de mi-profondeur et de surface. Cette distribution n'est pas été observée au niveau des autres stations.

Note : Dans la couche de fond, les concentrations de MEST mesurées aux stations St06 (35,24 mg/L) et St07 (3,24 mg/L) sont très élevées ; Ces fortes concentrations ont probablement été causées par une remise en suspension du sédiment. Elles ont donc été écartées des interprétations.

Tableau 4 : Concentrations de MEST dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

		MEST (mg/L)
Domaine entier	Minimum	0,21
	Maximum	0,81
	Moyenne	$0,46 \pm 0,13$
Canal de la Havannah	Minimum	0,21
	Maximum	0,60
	Moyenne	$0,45 \pm 0,12$
Baie du Prony	Minimum	0,28
	Maximum	0,71
	Moyenne	$0,43 \pm 0,12$

Les concentrations de MEST de la couche de fond des stations St15 et St16 sont plus élevées que les celles de mi-profondeur et surface (Figure 6). Pour ces deux stations et l'ensemble de la colonne d'eau, les concentrations de MEST en mai 2012 sont légèrement plus élevées qu'en mars 2012, à l'exception de la concentration des eaux profondes de la station St16. En effet, cette dernière présente une concentration de fond 5 fois plus élevées en mai 2012 (2,39 mg/L) que celle mesurée en mars 2012 (0,48 mg/L). Cette différence se retrouve dans les profils de turbidités réalisés avec la sonde multiparamétrique.

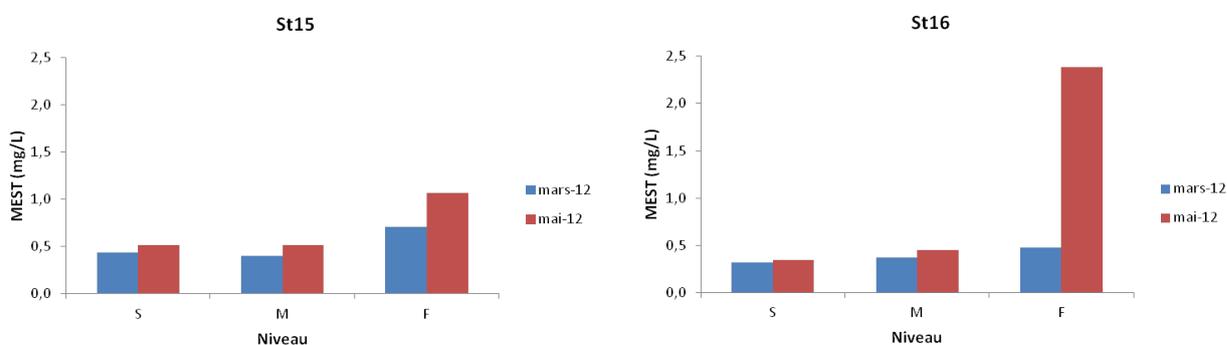


Figure 6 : Concentration de MEST obtenues aux stations St15 et St16 lors des campagnes trimestrielles de mars et mai 2012.

C. CARBONATES : ST16

Les résultats d'analyse des carbonates de la station St16 sont présentés dans le Tableau 5 et en Annexe 2. Les concentrations de carbonates sont traduites par les valeurs d'alcalinité totale exprimées en meq/L.

Les résultats d'analyse des carbonates des campagnes de mars et mai 2012 sont relativement similaires et conformes aux valeurs attendues (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445). Celles-ci ne varient que très légèrement entre 2,20 à 2,27 meq/L avec une moyenne de $2,24 \pm 0,03$ meq/L.

Tableau 5 : Concentrations en carbonates de la station St16 mesurées lors des campagnes trimestrielles de mars et mai 2012.

Campagne	Niveau	Carbonates (meq/L)
Mars 2012	S	2,22
	M	2,22
	F	2,25
Mai 2012	S	2,20
	M	2,27
	F	2,25

D. HYDROCARBURES TOTAUX : ST15 ET ST16

L'analyse des prélèvements des stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limites de détection de la méthode (LQ < 0,1 mg/L).

E. 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 pigments chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Kérouel 2004).

1. CAMPAGNE SEMESTRIELLE : MARS 2012

Les valeurs des variables « température, salinité, fluorescence et turbidité » obtenues lors de la campagne semestrielle de mars 2012 sont regroupées dans l'Annexe 3 et le Tableau 6 ainsi que la Figure 7, Figure 8, Figure 9 et Figure 10.

Les valeurs de température, salinité et de turbidité moyennes mesurées dans le Canal de la Havannah ($26,70 \pm 0,06$ °C ; $35,15 \pm 0,01$ ‰ ; $0,46 \pm 0,19$ NTU) sont plus faibles que celles mesurées dans la Baie du Prony ($26,81 \pm 0,15$ °C ; $35,25 \pm 0,04$ ‰ ; $0,69 \pm 0,56$ NTU). Les fluorescences moyennes mesurées dans les deux zones ainsi que celle du domaine entier sont similaires.

Tableau 6 : Synthèse des valeurs de température, salinité, turbidité et fluorescence dans le domaine entier, le Canal de la Havannah et la Baie du Prony lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Domaine entier	Minimum	26,06	0,02	0,13	34,74
	Maximum	27,25	0,97	8,26	35,33
	Moyenne	$26,74 \pm 0,1$	$0,39 \pm 0,09$	$0,51 \pm 0,32$	$35,17 \pm 0,09$
Canal de la Havannah	Minimum	26,38	0,23	0,15	35,13
	Maximum	26,80	0,80	4,10	35,22
	Moyenne	$26,70 \pm 0,06$	$0,41 \pm 0,06$	$0,46 \pm 0,19$	$35,15 \pm 0,01$
Baie du Prony	Minimum	26,06	0,02	0,13	35,03
	Maximum	27,25	0,97	8,26	35,33
	Moyenne	$26,81 \pm 0,15$	$0,38 \pm 0,15$	$0,69 \pm 0,56$	$35,25 \pm 0,04$

a) TEMPERATURE

Les valeurs des températures des stations du Canal de la Havannah St02 ($26,730 \pm 0,002$ °C), St05 ($26,783 \pm 0,008$ °C), St07 ($26,671 \pm 0,007$ °C) et St09 ($26,681 \pm 0,004$ °C) ainsi que des stations de la pointe nord du récif Ma St13 ($26,663 \pm 0,004$ °C), du port de Goro St14 ($26,869 \pm 0,039$ °C) et de la baie d'Iré St20 ($26,665 \pm 0,003$ °C) sont relativement constantes au sein de la colonne d'eau. Contrairement aux profils observés aux stations du Canal de la Havannah, celui de la station St21 (Ilot Ugo) présente des valeurs de températures diminuant progressivement avec la profondeur passant de $26,800$ en surface à $26,390$ °C en profondeur.

Les valeurs de température de la station St03 (Baie Port Boisé) sont variables de 0 à 15 m oscillant entre $26,652$ et $26,943$ °C puis restent relativement constantes jusqu'au fond ($26,740 \pm 0,020$ °C). Les valeurs de température de la

station St06 (Récif de la Baie Kwé) stagnent jusqu'à 22 m ($26,697 \pm 0,017$ °C) puis celles-ci diminuent rapidement de 22 à 24 m perdant environ $0,10$ °C et restent ensuite constante jusqu'au fond ($26,552 \pm 0,011$ °C).

Dans la Baie du Prony, les températures des 4 stations diminuent avec la profondeur de façon plus ou moins prononcées. Les valeurs de température des stations St18 (Prony Ilot Casy) et St19 (Rade de l'est) diminuent légèrement et progressivement avec la profondeur passant de $26,907$ à $26,750$ °C et de $26,795$ à $26,518$ °C, respectivement. Les valeurs de température de la station St15 (Prony Creek Baie Nord) diminuent fortement avec la profondeur passant de $27,249$ °C en surface en raison de la morphologie de la baie qui lui confère une faible circulation hydrodynamique, à $26,772$ °C au fond. Au niveau de la station St16, les valeurs des températures déclinent progressivement avec la profondeur de $26,906$ à $26,583$ °C puis la diminution s'accélèrent à partir de 38 m pour atteindre des températures de $26,067$ °C en profondeur.

b) SALINITE

Les stations du Canal de la Havannah St02 ($35,157 \pm 0,001$ ‰), St05 ($35,140 \pm 0,002$ ‰), St07 ($35,146 \pm 0,002$ ‰), St09 ($35,153 \pm 0,001$ ‰), les stations St16 ($35,276 \pm 0,018$ ‰) et St19 ($35,282 \pm 0,003$ ‰) de la Baie du Prony ainsi les stations St13 ($35,269 \pm 0,001$ ‰), St14 ($35,068 \pm 0,017$ ‰) et St20 ($35,263 \pm 0,002$ ‰) présentent des profils de salinité très stables dans la colonne d'eau.

Toutes les stations du Canal de la Havannah présentent le même profil, à l'exception de celui de la station St21 (Ilot Ugo) dont les valeurs, stables jusqu'à ~30 m ($35,161 \pm 0,008$ ‰), augmentent légèrement jusqu'au fond passant de $35,176$ à $35,219$ ‰. Le profil de la station St06 est également relativement stable au sein de la colonne d'eau avec des valeurs oscillant entre $35,033$ et $35,049$ ‰. Une masse d'eau de salinité plus faible se distingue à la station St03 en surface entre 0 et 5m avec un minimum de $34,740$ ‰. Cette couche de surface correspond à la couche de température plus faible présente à cette même station et doit être générée par les apports d'eaux douces de Port Boisé. A partir de 5 m, les valeurs de salinité de la station St03 augmentent plus progressivement avec la profondeur passant de $35,011$ à $35,152$ ‰.

Dans la Baie du Prony, la salinité est également plus faible en surface au niveau de la station St15 (min = $35,127$ ‰), probablement sous l'influence du Creek de Rade du Nord mais également à la station St18 (min = $35,025$ ‰), dessalure quelque peu inhabituelle. Toutefois, les valeurs de salinité de ces stations augmentent rapidement à partir de 3 et 10 m, respectivement, pour ensuite stagner dans le reste de la colonne d'eau.

c) TURBIDITE

Les profils de turbidité des stations St05 ($0,19 \pm 0,02$ NTU), St07 ($0,43 \pm 0,08$ NTU), St13 ($0,31 \pm 0,04$ NTU), St14 ($0,42 \pm 0,08$ NTU), St20 ($0,27 \pm 0,03$ NTU) et St18 ($0,27 \pm 0,12$ NTU) présentent des valeurs de turbidité relativement constantes au sein de la colonne d'eau.

Bien que localisées dans le Canal de la Havannah, les valeurs de turbidité des stations St02 (max = $1,41$ NTU), S09 (max = $4,10$ NTU) et St21 (max = $2,74$ NTU) sont très élevées en surface (0 à 10 m) puis diminuent rapidement pour stagner à partir de 10 m jusqu'au fond.

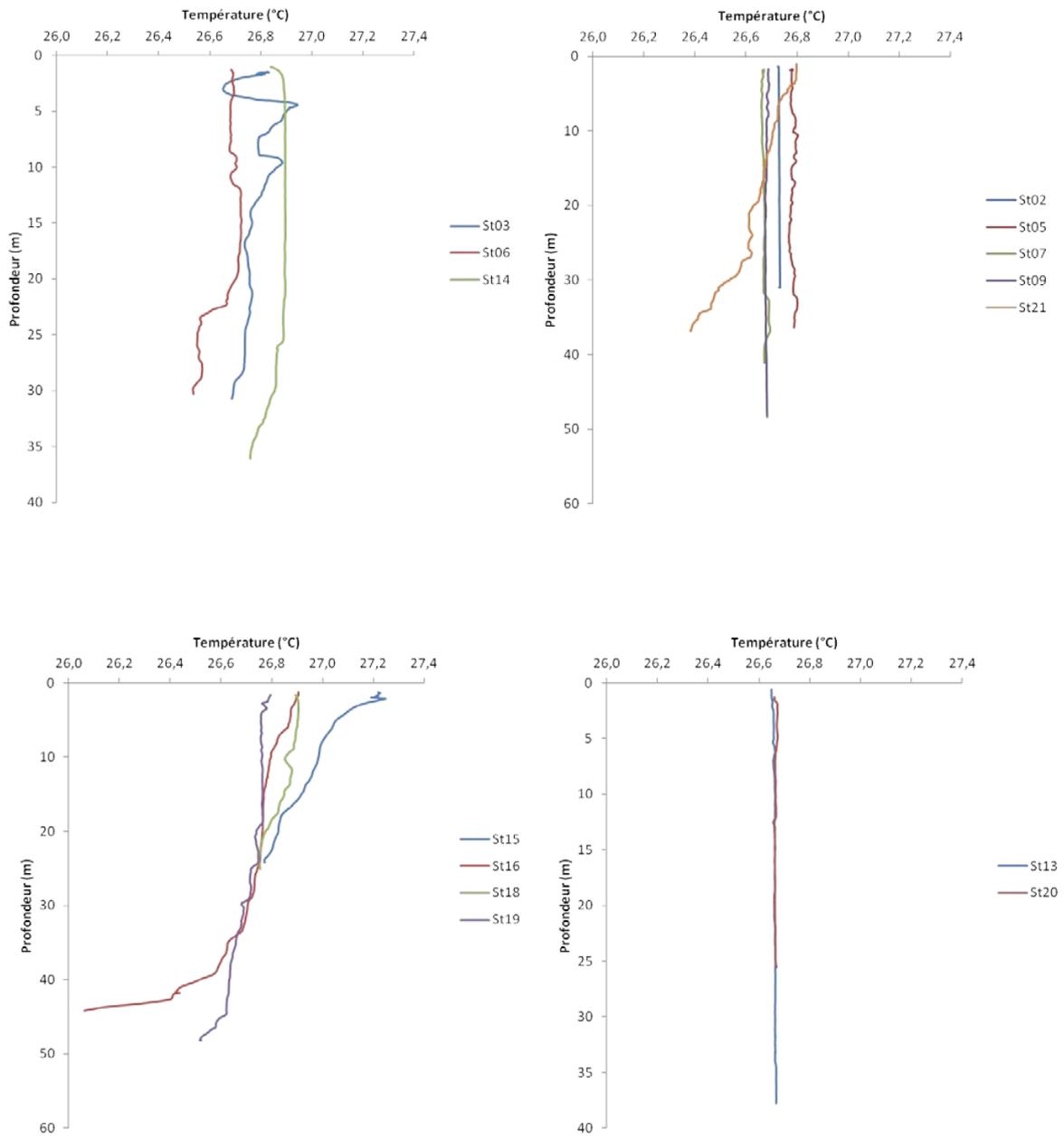


Figure 7 : Profils de température des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

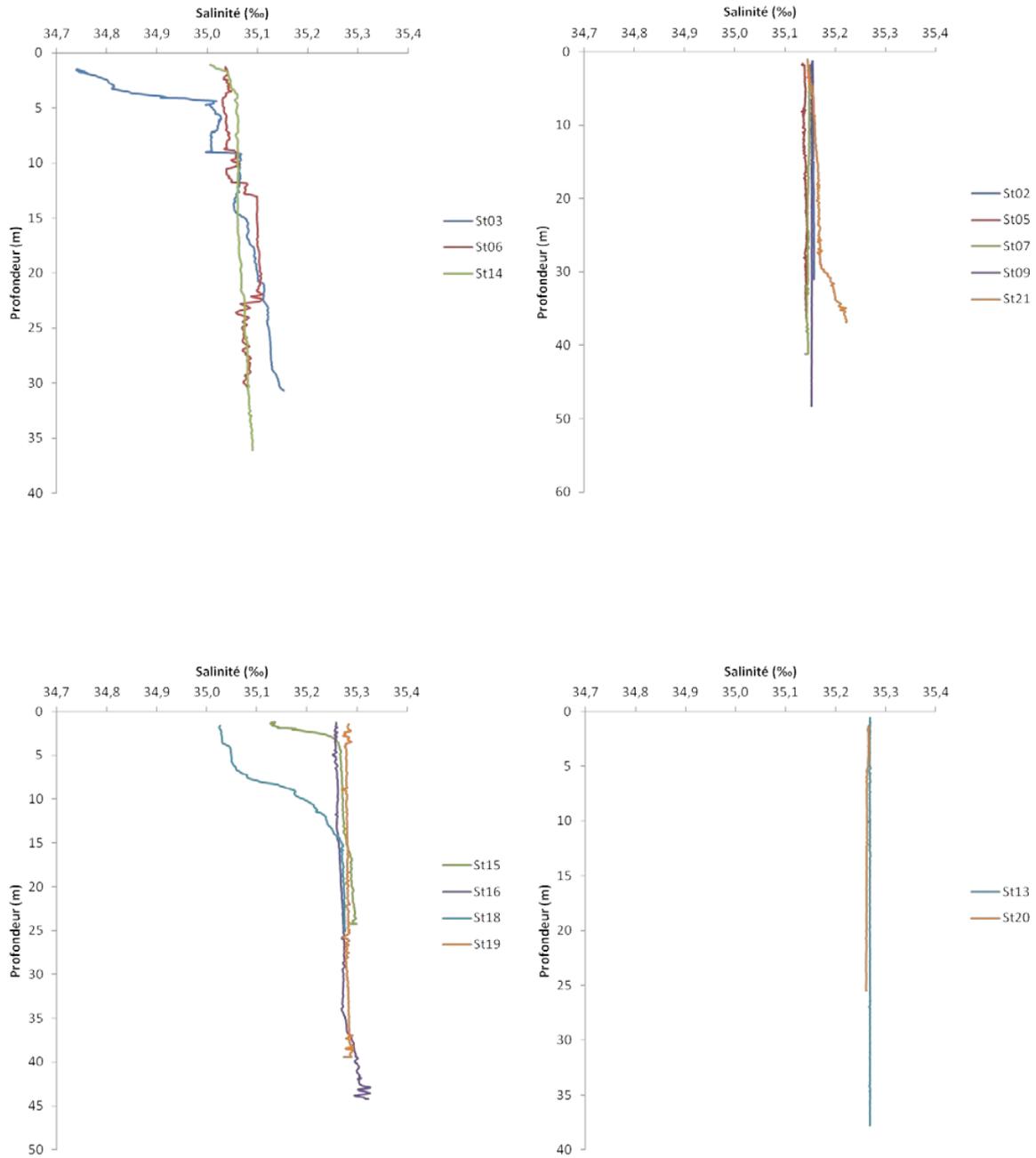


Figure 8 : Profils de salinité des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

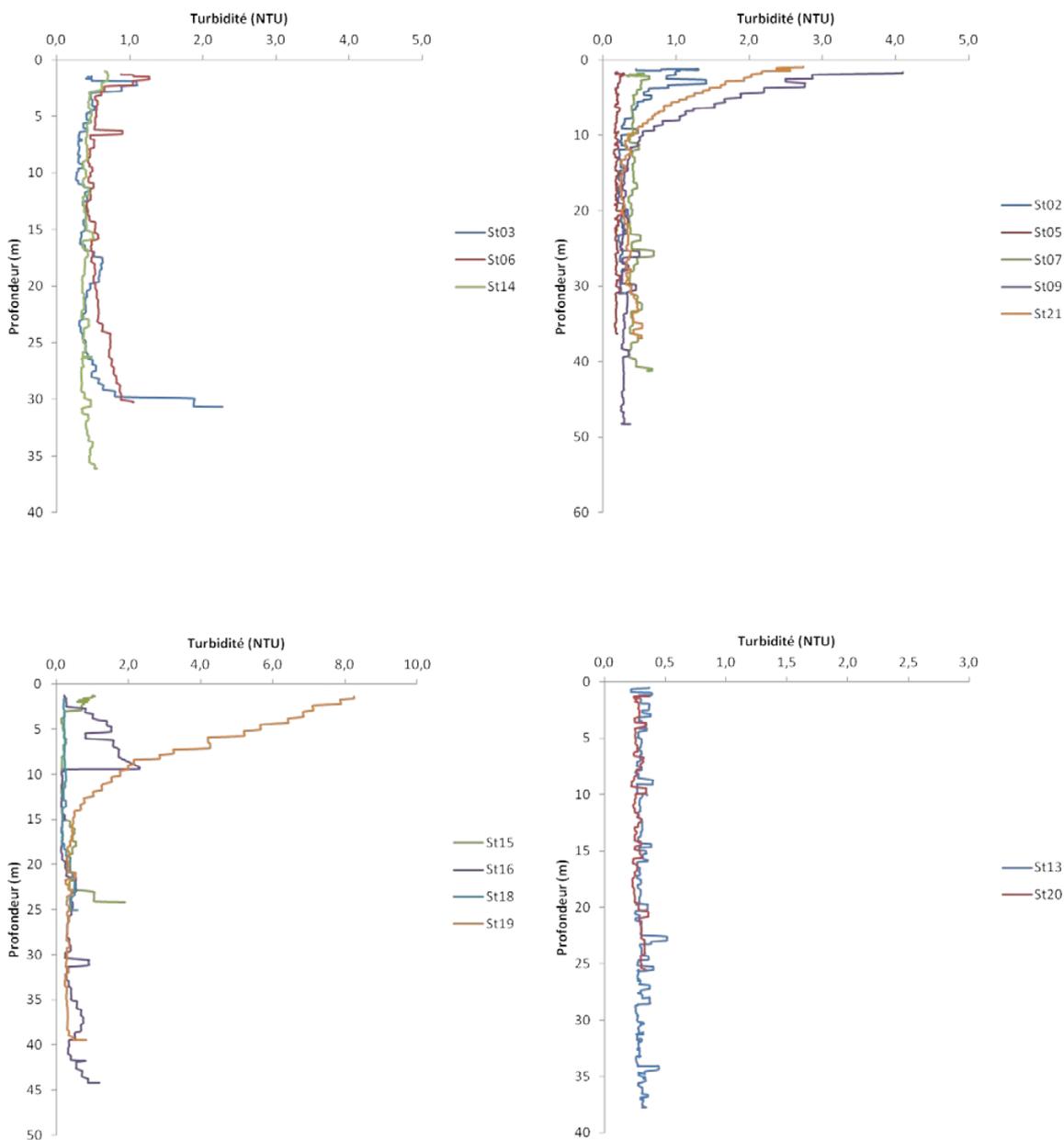


Figure 9 : Profils de turbidité des stations échantillonnées lors de la campagne de mars 2012.

Les profils des stations St03 et St06 mettent en évidence une fine couche de turbidité légèrement plus élevée en surface avec des maximums atteignant 1,10 et 1,27 NTU, respectivement. Les valeurs de turbidité sont ensuite relativement constantes à partir de 2,5 m puis augmentent à l’approche du fond. Cette augmentation est particulièrement prononcée au niveau de la station St03 dont la valeur maximale atteint 2,27 NTU.

Le profil de la station St15 de la Baie de Prony est quasiment identiques à ceux observés aux stations St03 et St06 avec des valeurs de turbidité un peu plus élevées en surface et profondeur. Celles-ci sont cependant plus faibles avec un maximum de 1,07 NTU en surface et un maximum de 1,91 NTU en profondeur. Le profil de la station St16 permet de distinguer une masse d'eau plus turbide en surface (0 à 10 m) que dans le reste de la colonne d'eau. Cette couche bien définies atteint un pic à 2,30 NTU ; les valeurs diminuent très brutalement à ~10 m puis oscillent entre 0,13 et 1,20 NTU dans le reste de la colonne d'eau.

Parmi toutes les stations, la valeur maximale de turbidité, a été mesurée en surface à la station St19 ; celle-ci atteint 8,26 NTU. De 0 à 15 m, la turbidité diminuent passant de 8,26 à 0,50 NTU puis les valeurs varient entre 0,23 et 0,82 NTU dans le reste de la colonne d'eau. La position de la station placée sous le vent du récif de Bonne Anse combinée aux conditions météorologiques fortes du 6 mars 2012 (20 nœuds de secteur S-E) peut fournir une explication à cette observation avec une remise en suspension de particules carbonatées.

d) FLUORESCENCE

Les valeurs de fluorescence des stations St05 ($0,19 \pm 0,02 \text{ mg/m}^3$), St14 ($0,42 \pm 0,08 \text{ mg/m}^3$), St13 ($0,31 \pm 0,03 \text{ mg/m}^3$), St20 ($0,27 \pm 0,03 \text{ mg/m}^3$) sont relativement homogènes au sein de la colonne d'eau. Les valeurs de fluorescence des stations St02, St09 et St06 varient légèrement dans la colonne d'eau. Ces dernières sont comprises entre 0,23 et $0,48 \text{ mg/m}^3$.

Les valeurs de fluorescence de la station St03 augmentent rapidement dans les 10 premiers mètres passant de $0,20$ à $0,71 \text{ mg/m}^3$; celles-ci diminuent ensuite progressivement avec la profondeur jusqu'à $0,51 \text{ mg/m}^3$. Le profil de la station St21 met en évidence deux masses d'eau bien individualisée avec deux pics de fluorescence opposés ; une couche de 0 à 20 m où la valeur maximale atteint un pic à 16 m ($0,61 \text{ mg/m}^3$) et une couche à partir de 20 m où la valeur minimale atteint un pic à 27 m (mg/m^3).

Les valeurs de fluorescence des stations de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) augmentent toutes progressivement avec la profondeur. Cette augmentation est particulièrement forte au niveau de la station St16 où les valeurs passent de $0,03$ à $0,91 \text{ mg/m}^3$. La valeur de fluorescence maximale a été mesurée à la station St19 en profondeur et s'élève à $0,97 \text{ mg/m}^3$.

Ce qu'il faut retenir :

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, voire St18), de la Kwé (St06) et de Port Boisé (St03). Les apports d'eaux douces sont décelés par des salinités plus faibles en surface (St03, St15 -et St18-). Ces apports sont également nettement mis en évidence par la formation de couches de forte turbidité en surface comme observé à la station St16 ou en profondeur (néphéloïdes benthiques des stations St03 et St15) ; la forte turbidité mesurées à la station St19 relève plus probablement de phénomènes de remise en suspension de particules carbonatées sous l'influence des conditions météorologiques particulières. L'augmentation des valeurs de fluorescence (St15, St16, St18 voire St03) permettent de mettre en évidence l'augmentation du métabolisme benthique en période chaude qui entraîne dans la colonne d'eau des éléments nutritifs minéralisés dans les sédiments (Fichez et al, 2005). Les profils des variables physico-chimiques permettent aussi de distinguer les stations influencées par les eaux

océaniques. Celles-ci sont soumises à d'importants mélanges verticaux liés à la turbulence des courants du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09). Ces stations sont généralement remarquables par les valeurs des variables physico-chimiques relativement constantes au sein de la colonne d'eau qui les caractérisent.

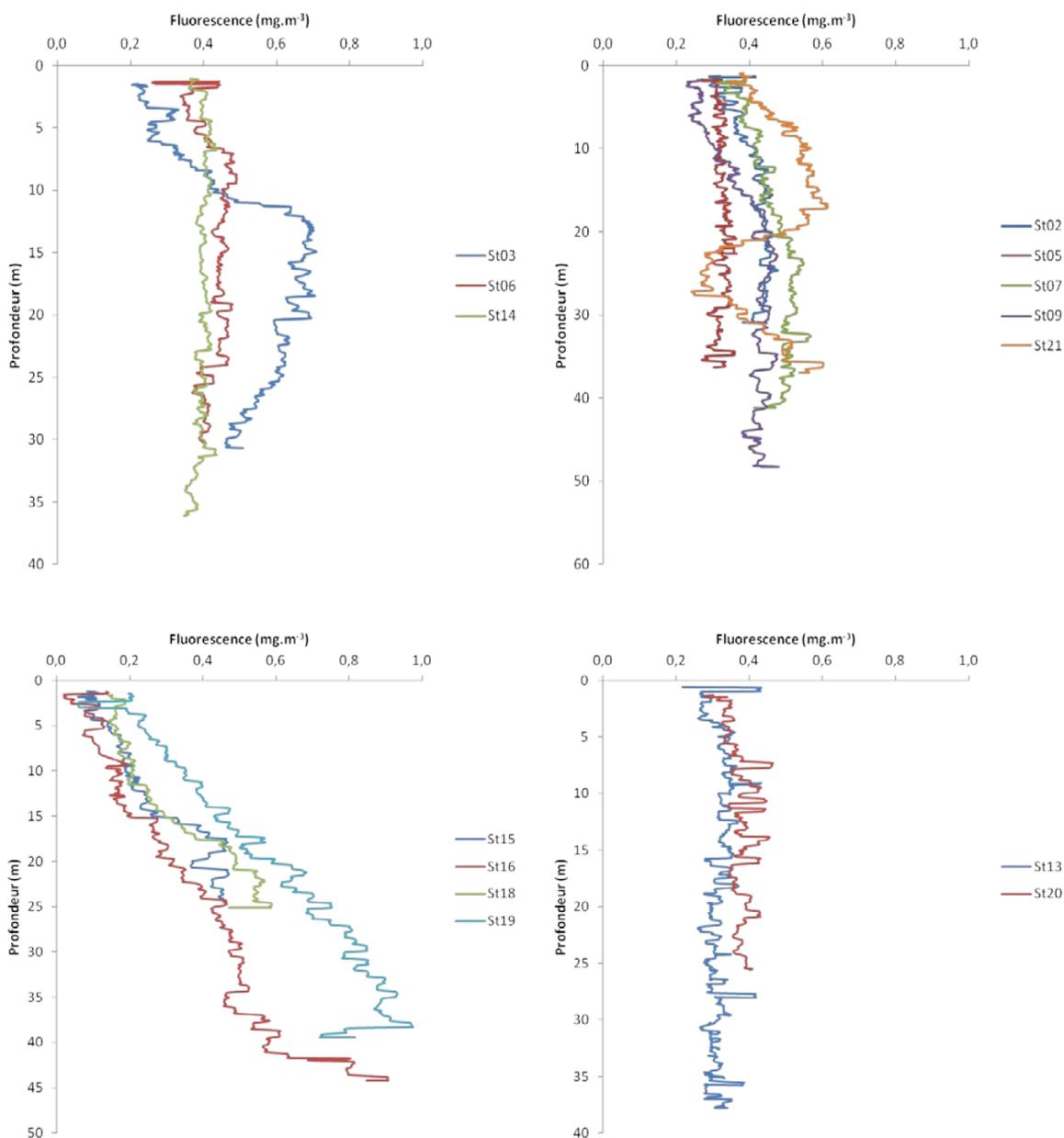


Figure 10 : Profils de fluorescence des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

2. CAMPAGNE TRIMESTRIELLE : MAI 2012

Les valeurs des variables température, salinité, fluorescence et turbidité des stations St15 et St16 obtenues lors de la campagne trimestrielle de mai 2012 sont regroupées dans le Tableau 7, la Figure 11 et Figure 12 et dans l'Annexe 3.

Les profils de température montrent que celle-ci a diminué d'environ 2°C entre les campagnes de mars et mai 2012 aux deux stations échantillonnées. Les profils de mai des stations St15 et St16 mettent en évidence la présence d'une masse d'eau plus froide en surface et présentent une thermocline avec des températures augmentant d'environ 0,6°C à 5 m, pour la station St15, et 15 m pour la station St16. A l'inverse, les profils de mars 2012 de ces deux stations diminuent progressivement avec la profondeur.

Les profils de fluorescence de mars 2012 des stations St15 et St16 mettent en évidence une baisse progressivement de la fluorescence avec la profondeur alors que ceux obtenus lors de la campagne de mai 2012 présentent un pic de fluorescence, attribué à l'augmentation du métabolisme (Ficher et al., 2005), à environ 13 m pour la station St15 (0,96 mg/m³) et 15-20 m pour la station St16 (1,01 mg/m³).

Les profils de turbidité obtenus à la St15 en mars et mai 2012 sont relativement similaires. Les valeurs montrent deux pics, l'un en surface et l'autre en profondeur. Alors que le profil de la station St16 de mai 2012 augmente avec la profondeur de 0,34 à 6,84 NTU, celui de mars 2012 met en évidence un pic de turbidité atteignant 2,30 NTU dans les 10 premiers mètres. Les fortes valeurs de turbidité mesurées à la station St16 en mai 2012 peuvent être corrélées à la forte concentration de MEST obtenue à cette même station en profondeur (2,39 mg/L).

Comme les profils de température, les profils de salinité de mai 2012 présentent une légère dessalure en surface avec une salinité passant de 34,26 à 35,08 ‰ à la station St15 et de 34,64 à 35,15 ‰ à la station St16. A l'inverse, les valeurs de salinité de ces stations mesurées en mars 2012 sont relativement constantes au sein de la colonne d'eau.

Tableau 7 : Minimum, maximum et moyennes des valeurs de température, fluorescence, turbidité et salinité mesurées aux stations St15 et St16 lors de mars et mai 2012.

Campagne	Station		Température (°C)	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
mars-12	St15	Minimum	26,77	0,06	0,15	35,13
		Maximum	27,25	0,47	1,91	35,30
		Moyenne	27,01 ± 0,15	0,23 ± 0,13	0,47 ± 0,34	35,24 ± 0,06
mars-12	St16	Minimum	26,06	0,02	0,13	35,252
		Maximum	26,91	0,91	2,30	35,328
		Moyenne	26,68 ± 0,19	0,39 ± 0,24	0,51 ± 0,42	35,28 ± 0,02
mai-12	St15	Minimum	24,35	0,03	0,35	34,26
		Maximum	25,01	0,96	2,32	35,08
		Moyenne	24,83 ± 0,16	0,54 ± 0,25	0,87 ± 0,51	34,93 ± 0,25
mai-12	St16	Minimum	24,29	0,18	0,34	34,64
		Maximum	24,92	1,01	6,84	35,15
		Moyenne	24,67 ± 0,26	0,48 ± 0,24	1,05 ± 1,41	34,93 ± 0,20

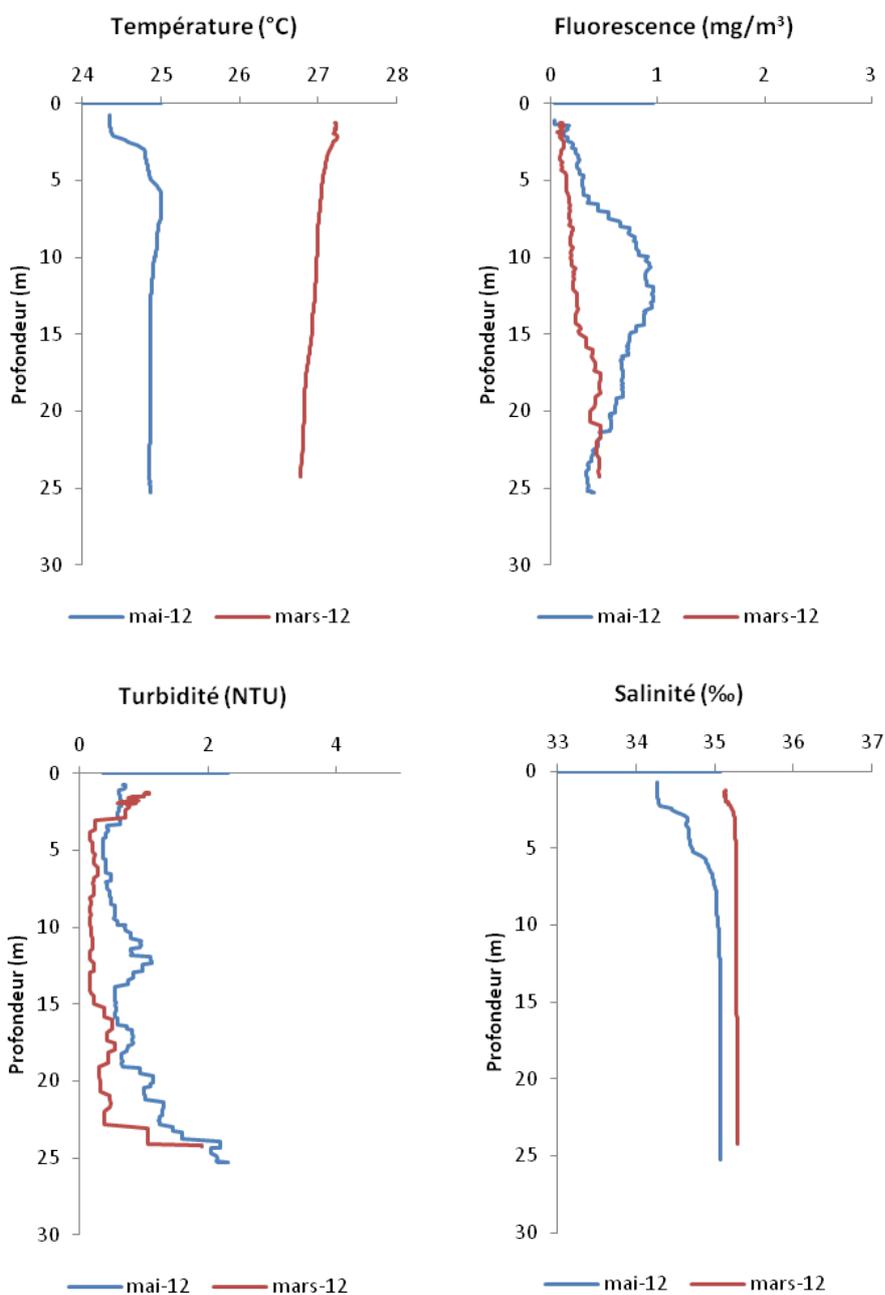


Figure 11 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité de la station St16 obtenus lors des campagnes de mars et mai 2012.

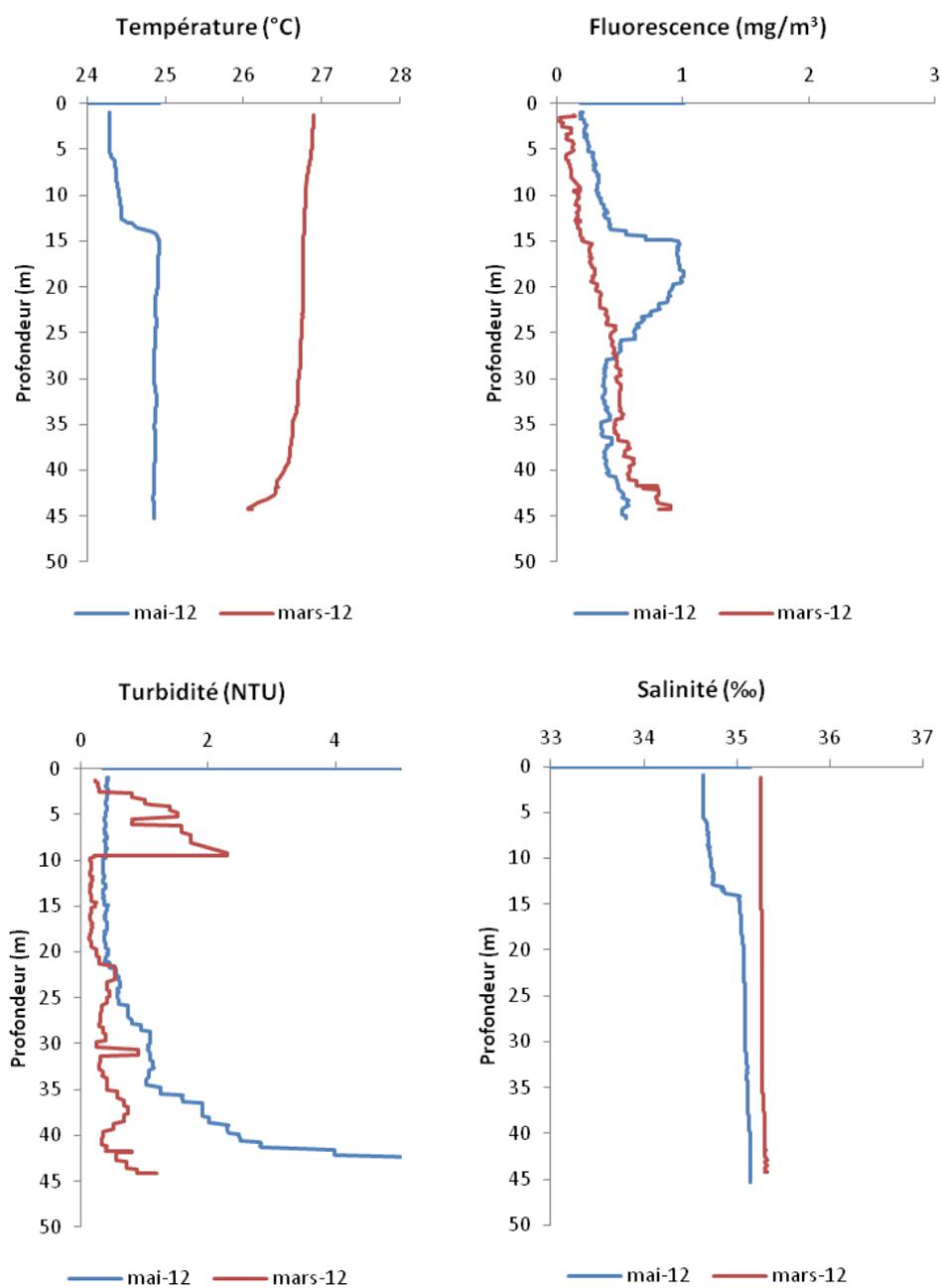


Figure 12 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité de la station St15 obtenus lors des campagnes de mars et mai 2012.

F. SELS NUTRITIFS

Les résultats d'analyse des sels nutritifs sont regroupés dans le Tableau 8 et en Annexe 4.

Note : Les analyses de silicates n'ont pas été réalisées en raison d'un problème technique qui a touché la chaîne de mesure en flux continu. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et seront fournis dans le prochain rapport annuel de novembre 2012.

1. 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 concentrations d'ammonium varient fortement dans l'ensemble de la zone d'étude ; celles-ci sont comprises entre 0,016 et 0,237 μM avec une concentration moyenne de $0,074 \pm 0,050 \mu\text{M}$.

Les concentrations d'ammonium des stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) ainsi que celles de la station St20 sont plus faibles comparées aux concentrations mesurées aux autres stations. Celles-ci sont quasiment similaires entre elles et ne montrent pas de distribution verticale particulière. A l'inverse les stations de la Baie du Prony ainsi que les stations St03 et St06 présentent des concentrations d'ammonium plus élevées en profondeur qu'à mi-profondeur et surface. Cette distribution est particulièrement prononcée à la station St16 dont la concentration de fond ($0,199 \pm 0,006 \mu\text{M}$) est 5 et 9 fois plus élevées que celles mesurées en mi-profondeur ($0,036 \pm 0,021 \mu\text{M}$) et surface ($0,020 \pm 0,001 \mu\text{M}$), respectivement. Cette distribution est conforme aux observations produites par les profils de fluorescence qui traduisent une tendance à l'augmentation des concentrations en éléments nutritifs minéralisés dans les sédiments (Fichez et al, 2005), résultat de l'accroissement du métabolisme benthique en période chaude.

La concentration de fond maximale a été mesurée à la station St06 (Récif de la Baie Kwé = $0,237 \pm 0,001 \mu\text{M}$). A l'inverse, les concentrations d'ammonium obtenues à la station St15 ne présentent pas cette distribution verticale et sont relativement faibles.

2. NITRATES ET 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.

La plupart des concentrations de nitrates et nitrites mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2012 sont très faibles voire pour certaines inférieures aux limites de détection ($0,02 \mu\text{M}$). Toutefois, des niveaux de concentration élevés ont été mesurés dans les eaux de fond et en particulier aux stations de la Baie du Prony (St16, St18 et St19), en Baie Kwé (St06) où les concentrations en ammonium et en chlorophylle sont élevées (à Port Boisé une seule valeur a été obtenue, mais celle-ci est également forte).

3. 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.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations de phosphate varient de 0,004 à 0,115 μM avec une moyenne de $0,055 \pm 0,029 \mu\text{M}$. Celles-ci sont plus élevées dans la Baie du Prony ($0,068 \pm 0,019 \mu\text{M}$) que dans le reste du domaine étudié. Toutefois, à la station St20 ($0,102 \pm 0,013 \mu\text{M}$), les concentrations en phosphates sont deux 2 fois plus élevées, à minima, que dans le Canal de la Havannah ($0,044 \pm 0,027 \mu\text{M}$). Les concentrations de phosphates ne montrent pas de distribution verticale très marquée.

Tableau 8 : Concentrations des sels nutritifs dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

		$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ (μM)	NH_4 (μM)	PO_4 (μM)
Domaine entier	Minimum	<LD	0,016	0,004
	Maximum	0,32	0,237	0,115
	Moyenne	$0,14 \pm 0,10$	$0,074 \pm 0,050$	$0,055 \pm 0,029$
Canal de la Havannah	Minimum	<LD	0,018	0,008
	Maximum	0,32	0,088	0,093
	Moyenne	n=2	$0,052 \pm 0,019$	$0,044 \pm 0,027$
Baie du Prony	Minimum	0,04	0,016	0,034
	Maximum	0,27	0,199	0,094
	Moyenne	$0,13 \pm 0,10$	$0,058 \pm 0,057$	$0,068 \pm 0,019$

<LD : Valeurs inférieures à la limite de détection.

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations d'ammonium des stations de la Baie du Prony ainsi que des stations St03 et St06 mettent en évidence un gradient vertical avec des concentrations de fond nettement supérieures aux concentrations de mi-profondeur et surface ; cette distribution est accord avec les observations effectuées en fluorescence (chlorophylle) et les concentrations en ammonium.

Les concentrations de phosphates sont plus élevées au niveau des stations de la Baie du Prony et de la station St20. Bien que souvent plus marquées dans la couche de fond, les concentrations ne présentent pas de gradient très précis.

G. 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 est de 0,45 μm (Strickland & Parsons, 1972).

Les concentrations d'azote et de phosphore organiques sont reportées dans le Tableau 9 et dans l'Annexe 5.

1. AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUES 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 d'azote et de phosphore organiques dissous ne montrent pas de distributions horizontale et verticale particulières dans l'ensemble de la zone d'étude. Toutefois pour le POD, il semble que les valeurs soient plus élevées dans le Canal de la Havannah que dans la Baie du Prony.

2. AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUES PARTICULAIRES

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 et de phosphore organiques particulaires ne mettent pas en évidence de gradient horizontal ni vertical, les concentrations sont distribuées de façon homogène dans l'ensemble de la zone d'étude.

Tableau 9 : Concentrations d'azote et phosphore dissous, particulaires et totales dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

		NOD (µM)	POD (µM)	NOP (µM)	POP (µM)	N Total (µM)	P Total (µM)
Domaine entier	Minimum	1,09	0,07	0,75	0,04	3,15	0,3
	Maximum	4,94	0,29	1,35	0,09	6,71	0,47
	Moyenne	3,57 ± 0,70	0,18 ± 0,06	1,03 ± 0,17	0,06 ± 0,01	4,76 ± 0,68	0,40 ± 0,04
Canal de la Havannah	Minimum	2,81	0,11	0,75	0,04	3,55	0,31
	Maximum	4,72	0,29	1,23	0,09	5,62	0,46
	Moyenne	3,57 ± 0,54	0,20 ± 0,05	0,92 ± 0,13	0,06 ± 0,02	4,44 ± 0,58	0,41 ± 0,05
Baie du Prony	Minimum	1,78	0,08	0,87	0,05	3,15	0,3
	Maximum	4,45	0,24	1,35	0,07	5,59	0,47
	Moyenne	3,54 ± 0,69	0,16 ± 0,05	1,05 ± 0,16	0,06 ± 0,01	4,69 ± 0,63	0,39 ± 0,05

Ce qu'il faut retenir :

Aucun des indicateurs mesurés ici (NOD, POD, NOP, POP) ne montre de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude ainsi qu'au sein de la colonne d'eau.

H. CHLOROPHYLLE A ET PHEOPIGMENTS

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* et de phéopigments sont répertoriées dans le Tableau 10 et dans l'Annexe 6.

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments ne présentent pas de distribution verticale et horizontale particulière. Les concentrations sont comprises entre 0,01 et 0,66 µg/L avec une valeur moyenne de $0,30 \pm 0,13$ µg/L. Les concentrations maximales ont été mesurées à la station St19 à mi-profondeur (0,66 µg/L) et au fond (0,65 µg/L). Ces concentrations peuvent être rapprochées du profil de fluorescence de cette même station dont les valeurs augmentent avec la profondeur ; une corrélation est peut-être à trouver avec la localisation particulière de la station (sous le vent du récif de Bonne Anse : 20 nœuds de S-E).

Les concentrations de phéopigments sont comprises entre 0,09 et 0,61 µg/L avec une valeur moyenne de $0,22 \pm 0,11$ µg/L ; les valeurs maximales ont été mesurées aux stations St03-M (0,61 µg/L) et St06-F (0,59 µg/L) ; ces stations sont amplement influencées par les apports terrigènes de la Baie de Port Boisé et de la Baie Kwé.

Tableau 10 : Concentrations et pourcentages des pigments chlorophylliens dans la zone d'étude lors de la campagne de mars 2012.

		Chlorophylle <i>a</i> (µg/l)	Phéopigment (µg/l)	% Phéopigment
Domaine entier	Minimum	0,01	0,09	30,3
	Maximum	0,66	0,61	97,5
	Moyenne	$0,30 \pm 0,13$	$0,22 \pm 0,11$	$43,0 \pm 14,6$
Canal de la Havannah	Minimum	0,01	0,14	33,9
	Maximum	0,43	0,41	96,6
	Moyenne	$0,28 \pm 0,11$	$0,23 \pm 0,07$	$45,9 \pm 15,1$
Baie du Prony	Minimum	0,17	0,09	30,3
	Maximum	0,66	0,35	40,6
	Moyenne	$0,35 \pm 0,17$	$0,18 \pm 0,09$	$35,3 \pm 30,3$

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de chlorophylle *a* et phéopigment ne mettent pas en évidence de gradient horizontal ni vertical dans le domaine d'étude.

I. METAUX DISSOUS

Note : Les analyses de l'arsenic et de chrome total n'ont pas été réalisées en raison d'un problème d'appareillage. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et feront l'objet d'un addendum.

1. CAMPAGNE SEMESTRIELLE

Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle de mars 2012 sont regroupés dans le Tableau 11 et dans l'Annexe 7.

Comme observé dans les précédents rapports (Convention IRD/Vale-Inco N°C2284/E13517 ; Convention AEL/LEA/Vale-NC N°C2445), les concentrations des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé. On distingue clairement les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09, St21) influencées par les masses d'eaux océaniques dont les concentrations sont beaucoup plus faibles que celles mesurées aux stations proches des côtes et influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St15, St16, St18, St19). Cette distribution est plus marquée pour les éléments comme Co, Mn et Ni dont les concentrations moyennes en Baie du Prony (Co : <LQ ; Mn : $0,44 \pm 0,25$ µg/L ; Ni : $0,26 \pm 0,04$ µg/L) sont jusqu'à 5 fois plus élevées que les concentrations moyennes mesurées dans le Canal de la Havannah (Co : $0,013$ (n=1) ; Mn : $0,09 \pm 0,04$ µg/L ; Ni : $0,09 \pm 0,03$ µg/L).

Les concentrations de Co ($0,092$ µg/L), Mn ($1,13$ µg/L) et Ni ($0,37$ µg/L) maximales ont été mesurées à la station St15 en profondeur. En effet, cette station est directement influencée par les apports terrigènes de la Baie du Prony ; ceux-ci ont probablement du être accentués par les précipitations ayant eu lieu avant ($34,1$ mm) et pendant la campagne ($56,6$ mm).

A l'inverse, les concentrations de Cu, Fe et Zn ne mettent pas en évidence de gradient vertical ni horizontale. Leurs distributions dans le domaine d'étude sont relativement hétérogènes. Aux stations telles que st02, St03, St07 ou St21, les concentrations de Cu sont très faibles ou inférieures aux limites de quantification alors qu'à d'autres telles que St15-S et St20-S, celles-ci s'élèvent à $0,48$ et $0,63$ µg/L. Les concentrations de Zn varient de $0,04$ à $1,64$ µg/L avec une moyenne de $0,40 \pm 0,30$ µg/L. La concentration maximale de Zn a été mesurée à la station St14 en surface et atteint $1,64$ µg/L.

Les concentrations de Cd et Pb sont en dessous des limites de quantification fixées, compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du sud calédonien (Atlas de la Nouvelle-Calédonie, 1981).

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cr total, Mn, Ni se distribuent selon un gradient côte large bien défini. Celles-ci permettent de mettre en évidence les stations influencées par les apports terrigènes (concentrations plus élevées) des rivières et celles influencées par les masses d'eaux océaniques. Les concentrations maximales des métaux dissous Co, Mn et Ni ont toutes été mesurées à la station St15 en profondeur. Cette station est fortement influencée par les apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony.

Tableau 11 : Concentrations des métaux dissous dans la zone d'étude lors de la campagne semestrielle de mars 2012.

		Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,09	<LQ	<LQ	0,03	0,05	0,04
	Maximum	0,092	0,26	0,63	0,23	1,13	0,37	1,64
	Moyenne	0,037 ± 0,017	0,12 ± 0,04	0,17 ± 0,13	0,07 ± 0,04	0,24 ± 0,21	0,18 ± 0,08	0,40 ± 0,30
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,09	<LQ	<LQ	0,03	0,05	<LQ
	Maximum	0,013	0,12	0,25	0,20	0,15	0,13	1,03
	Moyenne	n=1	0,09 ± 0,01	0,13 ± 0,11	0,06 ± 0,05	0,09 ± 0,04	0,09 ± 0,03	0,38 ± 0,24
Baie du Prony	Minimum	0,032	0,11	<LQ	0,01	0,21	0,22	0,04
	Maximum	0,092	0,22	0,48	0,14	1,13	0,37	1,14
	Moyenne	0,048 ± 0,017	0,15 ± 0,03	0,18 ± 0,13	0,06 ± 0,04	0,44 ± 0,25	0,26 ± 0,04	0,39 ± 0,31

<LQ : Concentrations inférieures à la limite de quantification.

2. CAMPAGNE TRIMESTRIELLE

Les résultats d'analyse des métaux dissous des campagnes de mars et mai 2012 sont regroupés dans les Figure 13, Figure 14, Figure 15, Figure 16, Figure 17 et Figure 18.

Les concentrations de Cr(VI) et Ni mesurées en mai 2012 sont toutes plus élevées que celles mesurées en mars 2012 aux deux stations échantillonnées. Les concentrations de ces métaux présentent la même distribution verticale. En effet, lors de la campagne de mai 2012, les concentrations de surface sont plus élevées que celles mesurées en mi-profondeur et profondeur.

Les concentrations de Cr(VI) et Ni mesurées en mars 2012 ne montrent pas de distribution verticale particulière.

Les concentrations de Co et Mn sont quasiment identiques entre les campagnes de mars et mai 2012 pour la station St16 mais diffèrent pour la station St15. Les concentrations de Co sont plus élevées en profondeur en mars 2012 alors que celles-ci sont plus élevées en surface en mai 2012. La concentration de profondeur de Mn mesurées en mars est plus de 5 fois plus élevées en mars 2012 qu'en mai 2012.

Alors que les concentrations de Cu de mars 2012 sont nettement supérieures à celles mesurées en mai 2012 aux stations St15 et St16, les concentrations de Zn de la station St16 mesurées en mai 2012 sont toutes supérieures à celles de mars 2012. Cette différence n'est pas notée pour la station St15.

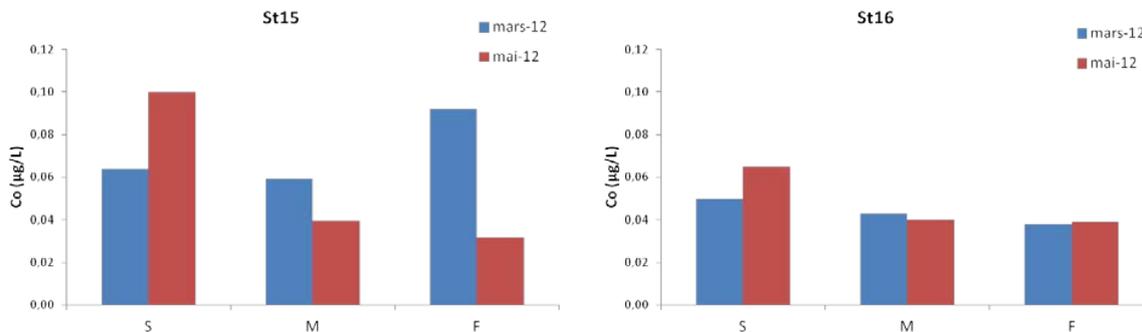


Figure 13 : Concentrations de Co aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

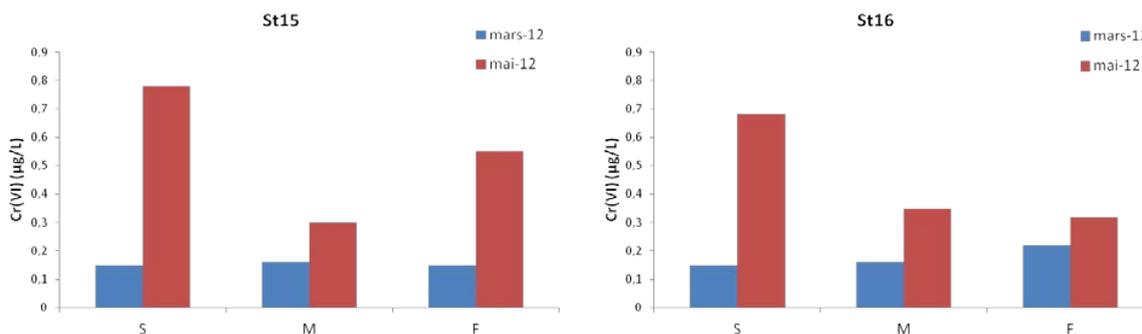


Figure 14 : Concentrations de Cr(VI) aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

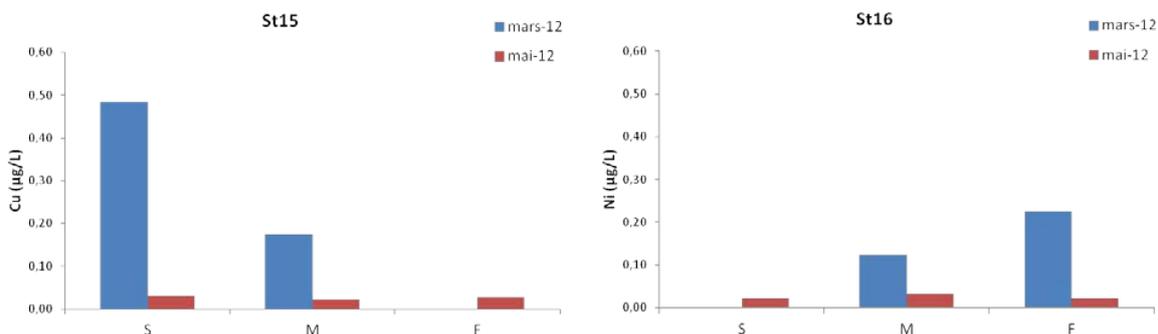


Figure 15 : Concentrations de Cu aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

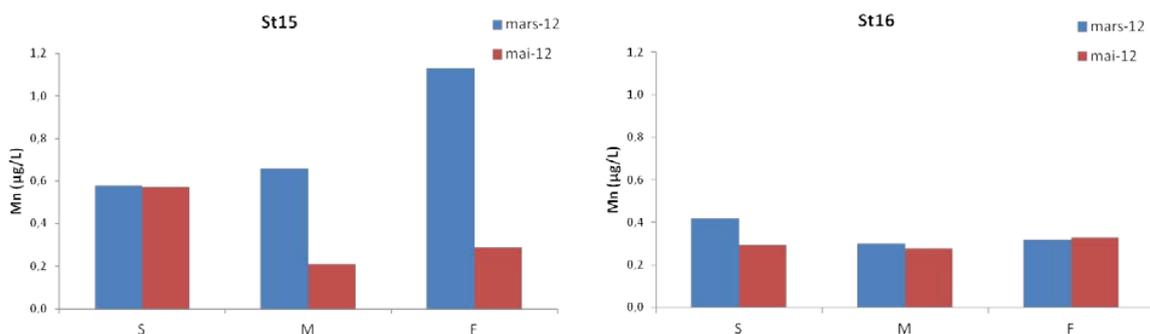


Figure 16 : Concentrations de Mn aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

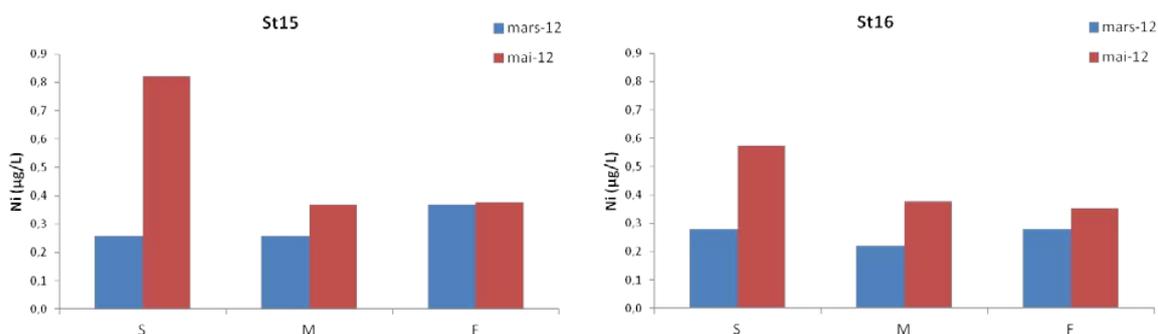


Figure 17 : Concentrations de Ni aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

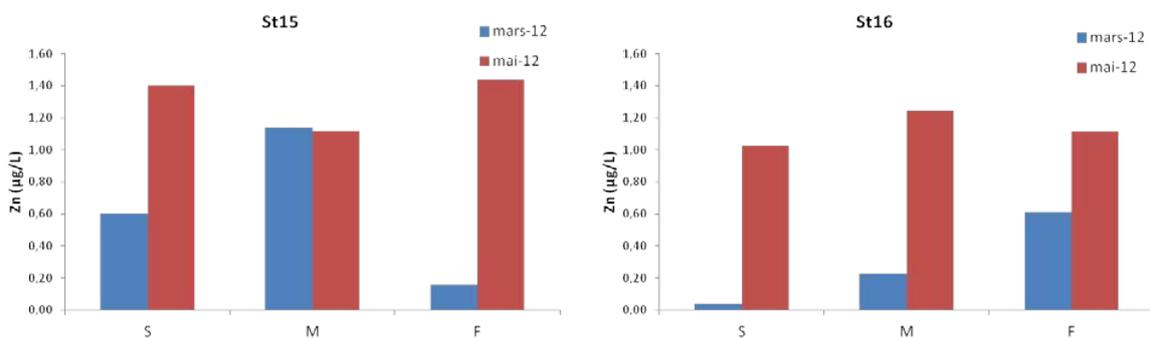


Figure 18 : Concentrations de Zn aux stations St15 et St16 mesurées lors des campagnes de mars et mai 2012.

V. SYNTHÈSE

Cette synthèse regroupe les valeurs moyennes des concentrations des sels nutritifs, des matières organiques dissoutes et particulaires, des pigments chlorophylliens et des métaux dissous dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivis « **saison humide** » réalisées depuis mars 2007. Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ayant une influence sur la physico-chimie des eaux et la concentration en métaux, le cumul des précipitations avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes a été reporté dans la Figure 19.

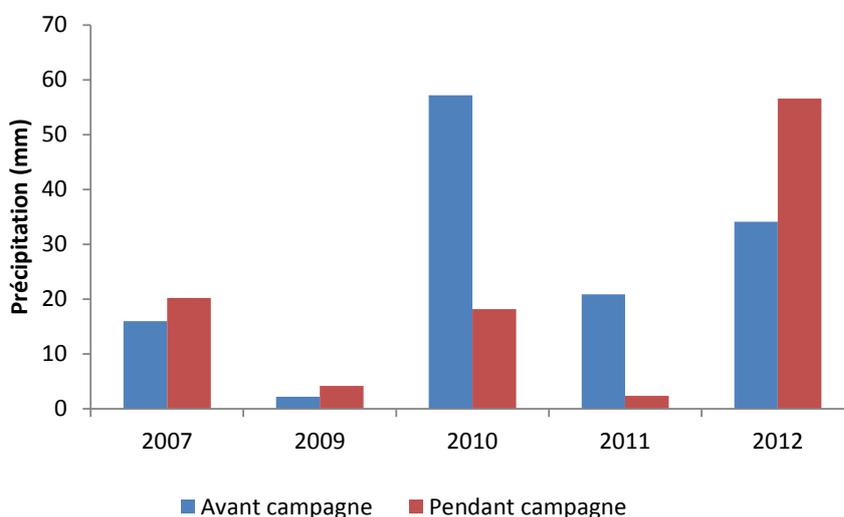


Figure 19 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant) et pendant les campagnes de prélèvement « saison humide » de 2007 à 2012 ; Station d'observation : « Prony pilot station ».

A. COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS DISTRIBUTION GLOBALE DANS LE DOMAINE

Globalement pour l'ensemble du domaine d'étude, les concentrations moyennes en sels nutritifs mesurées lors des campagnes semestrielles « saison humide » ne montrent pas de tendance particulière entre 2007 et 2012. Les concentrations d'ammonium et de phosphates sont similaires entre les campagnes ainsi que dans les deux zones d'étude.

Les concentrations de nitrates et nitrites ne montrent pas de différence entre les campagnes de 2007 et 2011 mais celles-ci sont nettement plus faibles en 2012.

Tableau 12 : Concentrations de nitrites + nitrates et d'ammonium mesurées lors des campagnes de mars 2007 à 2012.

Année	NO ₂ +NO ₃ (µM)					NH ₄ (µM)					
	2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012	
Domaine entier	Min	<LQ	0,02	0,01	0,06	<LD	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,02
	Max	4,92	1,74	0,72	1,86	0,32	0,41	0,16	0,39	0,29	0,24
	Moyenne	0,27 ± 0,70	0,46 ± 0,39	0,20 ± 0,16	0,42 ± 0,34	0,14 ± 0,10	0,09 ± 0,09	0,05 ± 0,04	0,14 ± 0,09	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,10	0,09	0,17	<LD	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02
	Max	4,92	1,05	0,31	1,04	0,32	0,41	0,13	0,39	0,26	0,09
	Moyenne	0,42 ± 0,85	0,42 ± 0,30	0,22 ± 0,07	0,50 ± 0,23	n=2	0,40 ± 0,10	0,06 ± 0,03	0,13 ± 0,09	0,09 ± 0,07	0,05 ± 0,02
Baie du Prony	Min	0,02	0,02	0,01	0,06	0,04	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,020
	Max	1,21	1,74	0,70	1,86	0,27	0,17	0,11	0,25	0,29	0,20
	Moyenne	0,26 ± 0,44	0,38 ± 0,53	0,11 ± 0,19	0,40 ± 0,53	0,13 ± 0,10	0,04 ± 0,05	0,04 ± 0,03	0,11 ± 0,08	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,06

Tableau 13 : Concentrations de phosphates mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année	PO ₄ (µM)					
	2007	2009	2010	2011	2012	
Domaine entier	Min	<LQ	0,01	0,03	<LQ	0,004
	Max	0,13	0,17	0,20	0,19	0,115
	Moyenne	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,04 ± 0,04	0,06 ± 0,03
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,02	0,03	<LQ	0,008
	Max	0,13	0,06	0,07	0,12	0,093
	Moyenne	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,01	0,02	0,04	<LQ	0,034
	Max	0,06	0,17	0,20	0,19	0,094
	Moyenne	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,05	0,07 ±	0,05 ±	0,07 ± 0,02

2. DISTRIBUTION VERTICALE AUX STATIONS ST15, ST06 ET ST09

Les concentrations en NH₄ et NO₂+NO₃ mesurées aux trois stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) reflètent les deux différents types d'influences dénombrés dans 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). La comparaison entre les quatre campagnes « saison humide » (2007 à 2012) est représentée dans les Figure 20 et Figure 21.

Les concentrations de NH₄ et de NO₂+NO₃ des trois stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de « saison humide » :

- A la station **St06**, les concentrations en NH₄ ne montrent pas de tendance particulière entre les campagnes. On peut cependant remarquer deux concentrations légèrement plus élevées que les autres mesurées en mi-profondeur en 2010 (0,27 µM) et au fond en 2012 (0,24 µM). Les concentrations en NO₂+NO₃ sont relativement stables et ne dépassent pas 0,7 µM entre les campagnes. Celles-ci sont particulièrement faibles en surface et mi-profondeur en mars 2012 ;
- A la station **St09**, les concentrations en NH₄ varient peu entre les campagnes. En 2009, les concentrations de NO₂+NO₃ ont atteint un maximum à 1 µM, hormis cet épisode, celles-ci ne présentent pas d'évolution

particulière entre les campagnes des saisons humides ; les concentrations ne dépassant pas 0,3 μM . Les concentrations de mars 2012 sont cependant particulièrement faibles ;

- A la station **St15**, deux concentrations de NH_4 se démarquent par leurs valeurs plus élevées que les autres ; celles-ci ont été mesurées en profondeur lors des campagnes de 2010 (0,25 μM) et 2011 (0,29 μM). Les concentrations de NO_2+NO_3 de cette station diffèrent entre les campagnes ; cette évolution ne semble pas être liée à la pluviométrie mesurée avant et pendant les campagnes.

B. COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE ET DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS

Les concentrations moyennes de POD de l'ensemble du domaine étudié ont été multipliées par 4 entre 2007 (0,21 \pm 0,02 μM) et 2010 (0,83 \pm 0,10 μM) puis ont diminuées de 2010 à 2012 (0,18 \pm 0,02 μM). Celles-ci sont retombées sur des niveaux quasiment identiques à ceux mesurés en 2007 (Tableau 14). Les concentrations de NOD diffèrent peu entre les campagnes de « saison humide ». Les concentrations de POP et NOP sont relativement stables entre des différentes campagnes de « saison humide » (Tableau 15).

Tableau 14 : Concentrations de phosphore et azote dissous mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		POD (μM)					NOD (μM)				
		2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,16	0,06	0,6	0,34	0,07	3,97	0,68	0,38	2,85	1,09
	Max	0,28	0,37	1,05	0,62	0,29	9,89	4,46	6,83	5,78	4,94
	Moyenne	0,21 \pm 0,02	0,19 \pm 0,08	0,83 \pm 0,10	0,52 \pm 0,06	0,18 \pm 0,06	5,23 \pm 0,79	2,67 \pm 0,81	2,18 \pm 1,31	4,66 \pm 0,66	3,57 \pm 0,70
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,13	0,67	0,34	0,11	4,50	0,68	0,38	2,92	2,81
	Max	0,28	0,32	0,95	0,60	0,29	9,89	3,51	6,83	5,54	4,72
Baie du Prony	Moyenne	0,35 \pm 0,03	0,20 \pm 0,08	0,84 \pm 0,10	0,51 \pm 0,07	0,20 \pm 0,05	5,19 \pm 0,91	2,46 \pm 0,85	2,17 \pm 1,81	4,55 \pm 0,63	3,57 \pm 0,54
	Min	0,17	0,12	0,60	0,45	0,08	4,48	1,51	1,07	3,79	1,78
	Max	0,23	0,37	0,94	0,62	0,24	6,32	4,46	2,90	5,78	4,45
	Moyenne	0,20 \pm 0,02	0,23 \pm 0,08	0,78 \pm 0,10	0,52 \pm 0,05	0,16 \pm 0,05	5,11 \pm 0,54	2,68 \pm 0,80	2,07 \pm 0,67	4,73 \pm 0,62	3,54 \pm 0,69

Tableau 15 : Concentrations de phosphore et azote particulaires mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		POP (μM)					NOP (μM)				
		2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,01	0,05	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	0,96	0,78	0,78	0,75
	Max	0,11	0,12	0,14	0,11	0,09	1,75	5,01	6,25	3,53	1,35
	Moyenne	0,05 \pm 0,02	0,08 \pm 0,02	0,06 \pm 0,03	0,02 \pm 0,02	0,06 \pm 0,01	0,51 \pm 0,49	1,75 \pm 0,86	1,88 \pm 1,20	1,16 \pm 0,43	1,03 \pm 0,17
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,05	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	1,12	0,92	0,78	0,75
	Max	0,10	0,08	0,11	0,08	0,09	1,70	3,54	3,11	1,69	1,23
Baie du Prony	Moyenne	0,05 \pm 0,01	0,06 \pm 0,02	0,06 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02	0,06 \pm 0,02	0,66 \pm 0,41	1,84 \pm 1,11	1,87 \pm 0,76	1,08 \pm 0,21	0,92 \pm 0,13
	Min	0,01	0,06	0,02	<LQ	0,05	<LQ	1,02	0,83	0,83	0,87
	Max	0,06	0,11	0,09	0,04	0,07	0,01	3,82	2,53	1,52	1,35
	Moyenne	0,04 \pm 0,02	0,08 \pm 0,02	0,05 \pm 0,02	0,02 \pm 0,02	0,06 \pm 0,01	0,01 \pm 0,004	1,65 \pm 0,78	1,49 \pm 0,49	1,07 \pm 0,19	1,05 \pm 0,16

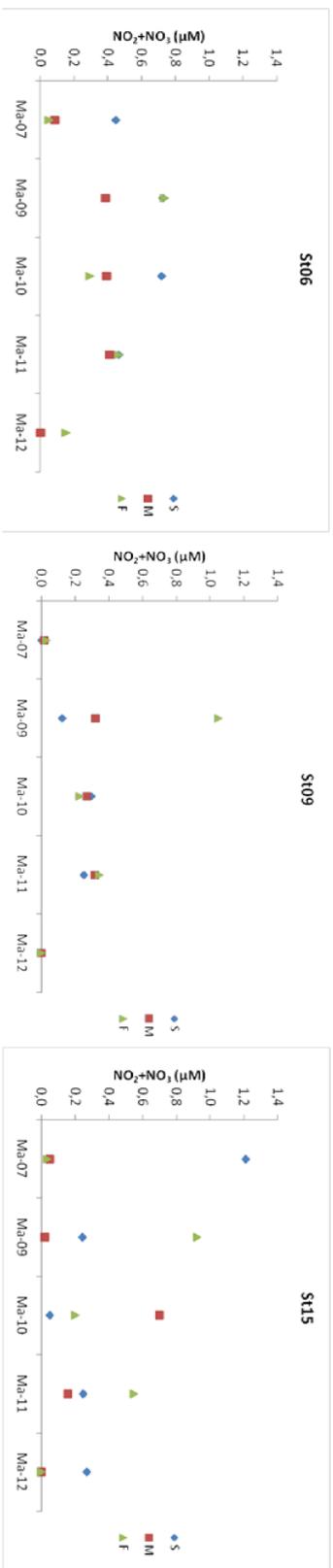


Figure 20 : Concentrations de nitrates + nitrites mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

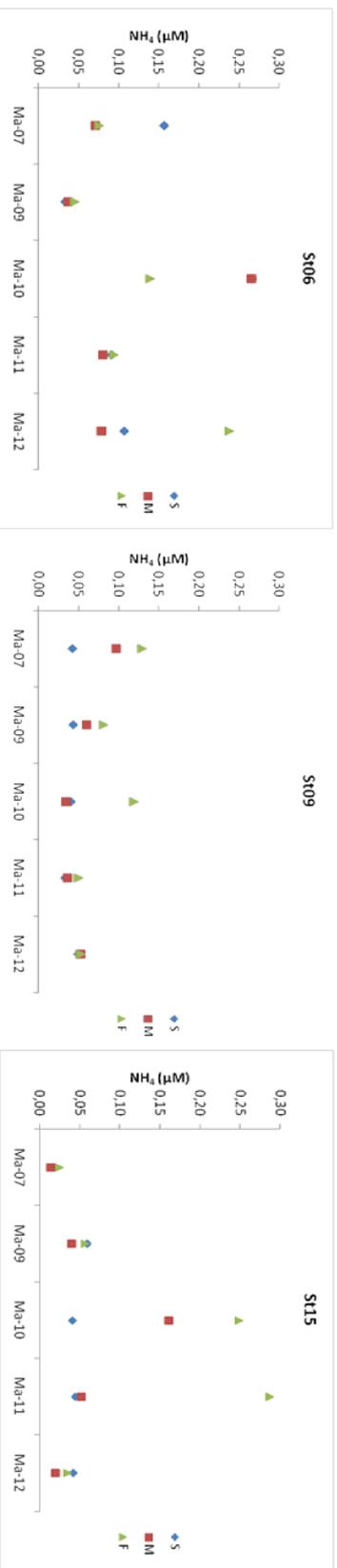


Figure 21 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

Les concentrations de chlorophylle *a* ont presque doublé entre 2007 ($0,43 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$) et 2010 ($0,78 \pm 0,20 \mu\text{g/L}$) et sont ensuite revenues aux valeurs initialement mesurées entre 2010 et 2012 ($0,30 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$; Tableau 16). Cette diminution est plus prononcée dans le Canal de La Havannah où les concentrations moyennes de chlorophylle *a* ont été divisée par 3 de 2010 ($0,88 \pm 0,17 \mu\text{g/L}$) à 2012 ($0,28 \pm 0,11 \mu\text{g/L}$).

Pour les stations de la Baie du Prony, les concentrations de chlorophylle *a* ne diffèrent pas entre les campagnes de 2009 à 2011 mais celles-ci sont particulièrement dispersées en 2011 ($0,82 \pm 0,97 \mu\text{g/L}$).

Les concentrations moyennes de phéopigments sont stables entre les campagnes de «saison humide» dans l'ensemble du domaine étudié (Tableau 16).

Tableau 16 : Concentration de chlorophylle *a* et de phéopigments mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année	Chlorophylle <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)					Phéopigments ($\mu\text{g/L}$)					
	2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012	
Domaine entier	Min	0,2	0,27	0,32	0,24	0,01	0,04	0,06	<LQ	0,07	0,09
	Max	0,97	1,2	1,12	3,34	0,66	0,3	0,47	0,34	0,46	0,61
	Moyenne	$0,43 \pm ,13$	$0,60 \pm 0,23$	$0,78 \pm 0,20$	$0,69 \pm 0,55$	$0,30 \pm 0,13$	$0,15 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,08$	$0,20 \pm 0,05$	$0,19 \pm 0,09$	$0,22 \pm 0,11$
Canal de la Havannah	Min	0,2	0,38	0,5	0,26	0,01	0,04	0,14	<LQ	0,09	0,14
	Max	0,59	0,77	1,12	1,17	0,43	0,28	0,34	0,34	0,34	0,41
	Moyenne	$0,40 \pm 0,10$	$0,54 \pm 0,13$	$0,88 \pm 0,17$	$0,64 \pm 0,23$	$0,28 \pm 0,11$	$0,15 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,07$	$0,19 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,07$
Baie du Prony	Min	0,27	0,27	0,52	0,24	0,17	0,07	0,08	0,1	0,07	0,09
	Max	0,59	1,2	1,05	3,34	0,66	0,23	0,47	0,31	0,46	0,35
	Moyenne	$0,43 \pm 0,11$	$0,61 \pm 0,34$	$0,76 \pm 0,14$	$0,82 \pm 0,97$	$0,35 \pm 0,17$	$0,13 \pm 0,05$	$0,22 \pm 0,13$	$0,19 \pm 0,06$	$0,17 \pm 0,13$	$0,18 \pm 0,09$

C. COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS

1. DISTRIBUTION GLOBALE DANS LE DOMAINE

Pour le domaine d'étude entier, les concentrations moyennes en Co, Mn et Ni sont stables entre les différentes campagnes menées depuis 2007 (Tableau 17 ; Tableau 19). Cependant, dans la Baie du Prony, les concentrations de Ni sont plus faibles et moins dispersées en 2012 ($0,50 \pm 0,51 \mu\text{g/L}$) qu'en 2011 ($0,26 \pm 0,04 \mu\text{g/L}$).

Les concentrations de Cr(VI) du Canal de la Havannah sont stables entre les différentes campagnes (Tableau 17). Celles-ci sont beaucoup plus dispersées en Baie du Prony et diffèrent entre les campagnes ; elles augmentent entre 2009 ($0,22 \pm 0,08 \mu\text{g/L}$) et 2011 ($0,43 \pm 0,42 \mu\text{g/L}$) puis diminuent entre 2011 et 2012 ($0,15 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$). Cependant, au vue des importants écart-types de ces concentrations, cette tendance doit être interprétée avec précaution.

Les concentrations moyennes de Fe, Zn et Cu varient entre les différentes campagnes (Tableau 18 ; Tableau 20). Les écart-types montrent une importante dispersion des concentrations de ces trois métaux, aucune tendance ne peut donc être déterminée entre les différentes campagnes. On peut cependant noter une augmentation des concentrations de Cu dans la Baie du Prony en 2012. En effet, celle-ci s'élève à $0,18 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$ avec un maximum de $0,48 \mu\text{g/L}$.

Tableau 17 : Concentrations du Co et Cr(VI) mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		Co (µg/L)					Cr(VI) (µg/L)				
		2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	<LQ	0,01	0,01	<LQ	<LQ	-	0,09	0,11	0,10	0,09
	Max	0,08	0,10	0,27	0,25	0,09	-	0,41	0,78	1,22	0,26
	Moyenne	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,04 ± 0,02	-	0,16 ± 0,06	0,19 ± 0,11	0,22 ± 0,26	0,12 ± 0,04
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,01	0,01	<LQ	<LQ	-	0,11	0,11	0,1	0,09
	Max	0,06	0,20	0,10	0,04	0,01	-	0,15	0,25	0,23	0,12
	Moyenne	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	n=1	-	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,09 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03	-	0,16	0,18	0,11	0,11
	Max	0,08	0,10	0,27	0,25	0,09	-	0,41	0,78	1,22	0,22
	Moyenne	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,08 ± 0,06	0,08 ± 0,08	0,05 ± 0,02	-	0,22 ± 0,08	0,28 ± 0,17	0,43 ± 0,42	0,15 ± 0,03

(<LQ : Valeurs inférieures à la limite de quantification)

Tableau 18 : Concentrations de Cu et Fe mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		Cu (µg/L)					Fe (µg/L)				
		2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,03	0,07	0,01	<LQ	<LQ	0,03	0,07	0,07	<LQ	<LQ
	Max	0,15	0,16	0,86	0,18	0,63	0,41	1,02	0,29	0,18	0,23
	Moyenne	0,08 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,10 ± 0,14	0,05 ± 0,04	0,17 ± 0,13	0,11 ± 0,06	0,17 ± 0,18	0,11 ± 0,05	0,03 ± 0,03	0,07 ± 0,04
Canal de la Havannah	Min	0,03	0,10	0,02	<LQ	<LQ	0,05	0,07	0,07	<LQ	<LQ
	Max	0,15	0,10	0,33	0,18	0,25	0,41	1,02	0,29	0,18	0,2
	Moyenne	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,09	0,06 ± 0,05	0,13 ± 0,11	0,13 ± 0,06	0,18 ± 0,24	0,12 ± 0,06	0,04 ± 0,06	0,06 ± 0,05
Baie du Prony	Min	0,07	<LQ	0,01	0,01	<LQ	0,03	0,10	0,07	<LQ	0,01
	Max	0,09	<LQ	0,13	0,05	0,48	0,10	0,14	0,12	0,06	0,14
	Moyenne	0,08 ± 0,01	<LQ	0,05 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,18 ± 0,13	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,06 ± 0,04

(<LQ : Valeurs inférieures à la limite de quantification)

Tableau 19 : Concentrations de Mn et Ni mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		Mn (µg/L)					Ni (µg/L)				
		2007	2009	2010	2011	2012	2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,03	0,09	0,08	0,01	0,03	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05
	Max	0,43	0,66	1,27	4,16	1,13	0,54	0,82	1,06	1,44	0,37
	Moyenne	0,18 ± 0,08	0,24 ± 0,14	0,24 ± 0,19	0,25 ± 0,65	0,24 ± 0,21	0,20 ± 0,11	0,26 ± 0,15	0,25 ± 0,19	0,23 ± 0,32	0,18 ± 0,08
Canal de la Havannah	Min	0,03	0,09	0,08	0,01	0,03	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05
	Max	0,25	0,14	0,22	0,36	0,15	0,26	0,20	0,19	0,29	0,13
	Moyenne	0,20 ± 0,06	0,13 ± 0,01	0,12 ± 0,04	0,07 ± 0,08	0,09 ± 0,04	0,18 ± 0,06	0,15 ± 0,02	0,12 ± 0,03	0,09 ± 0,07	0,09 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,17	0,19	0,18	0,01	0,21	0,21	0,23	0,24	0,06	0,22
	Max	0,43	0,57	1,27	4,16	1,13	0,54	0,63	1,06	1,44	0,37
	Moyenne	0,24 ± 0,07	0,34 ± 0,13	0,36 ± 0,30	0,62 ± 1,16	0,44 ± 0,25	0,35 ± 0,12	0,35 ± 0,13	0,38 ± 0,23	0,50 ± 0,51	0,26 ± 0,04

Tableau 20 : Concentrations de Zn mesurées lors des campagnes semestrielles de mars de 2007 à 2012.

Année		Zn (µg/L)				
		2007	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,16	0,10	0,17	<LQ	0,04
	Max	2,27	0,47	0,87	1,75	1,64
	Moyenne	0,58 ± 0,40	0,30 ± 0,07	0,57 ± 0,19	0,34 ± 0,34	0,40 ± 0,30
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,20	0,17	0,07	<LQ
	Max	2,27	0,31	0,87	1,75	1,03
	Moyenne	0,41 ± 0,39	0,26 ± 0,09	0,47 ± 0,21	0,39 ± 0,41	0,38 ± 0,24
Baie du Prony	Min	0,60	0,19	0,62	<LQ	0,04
	Max	1,29	0,36	0,82	0,67	1,14
	Moyenne	0,88 ± 0,22	0,28 ± 0,04	0,76 ± 0,08	0,27 ± 0,20	0,39 ± 0,31

(<LQ : Valeurs inférieures à la limite de quantification)

2. DISTRIBUTION VERTICALE AUX STATIONS ST15, ST06 ET ST09

Les concentrations en Co, Cr(VI), Mn et Ni mesurées aux trois stations St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) reflètent parfaitement les deux différents types d'influences dénombrés dans 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). La comparaison entre les quatre campagnes « saison humide » (2007 à 2010) est représentée dans la Figure 22, Figure 23, Figure 24 et Figure 25.

Les concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni des trois stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de saison humide :

- A la station **St06**, les concentrations en Co, Cr(VI), Mn et Ni ne montrent pas de tendance particulière entre les différentes campagnes « saison humide », mais montrent une variabilité interannuelle ; une valeur de Ni exceptionnellement élevée a été mesurée en 2009. Les concentrations de Co, Mn et Ni sont majoritairement plus élevées en surface qu'en profondeur.
- A la station **St09**, la distribution temporelle des concentrations des métaux est très homogène d'une campagne à l'autre ainsi que dans toute la colonne d'eau. Les concentrations mesurées sont les plus faibles parmi les 3 stations sentinelles ;
- A la station **St15**, alors que les concentrations des métaux dans les eaux de mi-profondeur sont relativement stables, les concentrations en surface et au fond sont assez variables entre les campagnes. Toutefois, les concentrations de Cr(VI) mesurées en profondeur sont quasiment similaires entre chaque campagne. En ce qui concerne les concentrations en Co et Ni dans les eaux de fond, celles-ci ne diffèrent pas ou très légèrement entre les campagnes de 2007, 2009, 2010 et 2012 ; inversement, les concentrations de Mn en 2011 sont particulièrement élevées puisque les valeurs sont multipliées par 4 à 12 par rapport aux de surface et de mi-profondeur, respectivement. En 2011, la présence d'un néphéloïde benthique bien développé sur les derniers mètres (2-3 FTU) explique l'augmentation de la concentration en particulier du manganèse mais aussi de deux autres métaux. En surface, les concentrations de ces 4 métaux (Co, Cr(VI), Mn et Ni) sont généralement plus élevées que celles mesurées à mi-profondeur et fond. Les campagnes de 2010 et 2011 présentent des concentrations de surface plus élevées que celles mesurées lors des campagnes de 2007, 2009 et 2012.

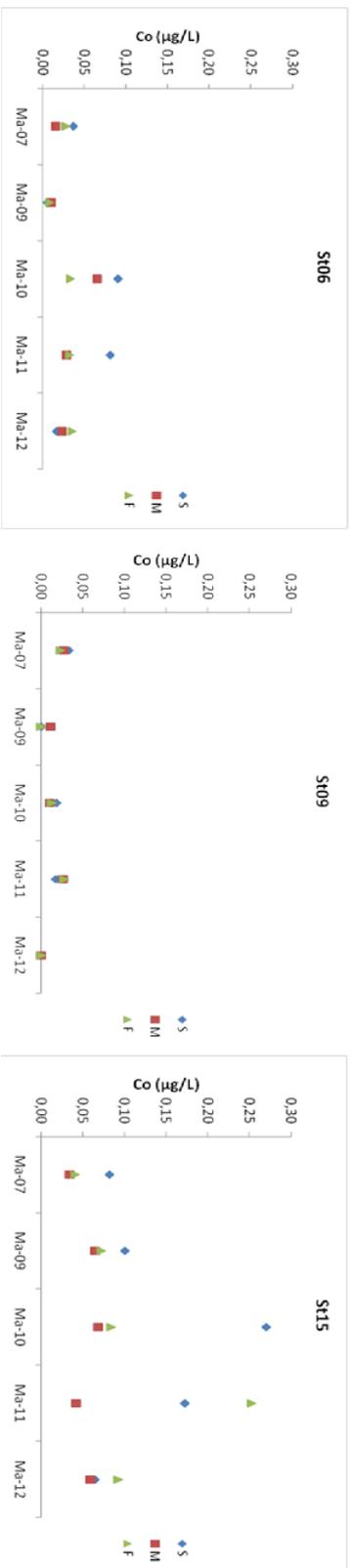


Figure 22 : Concentrations de Co mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

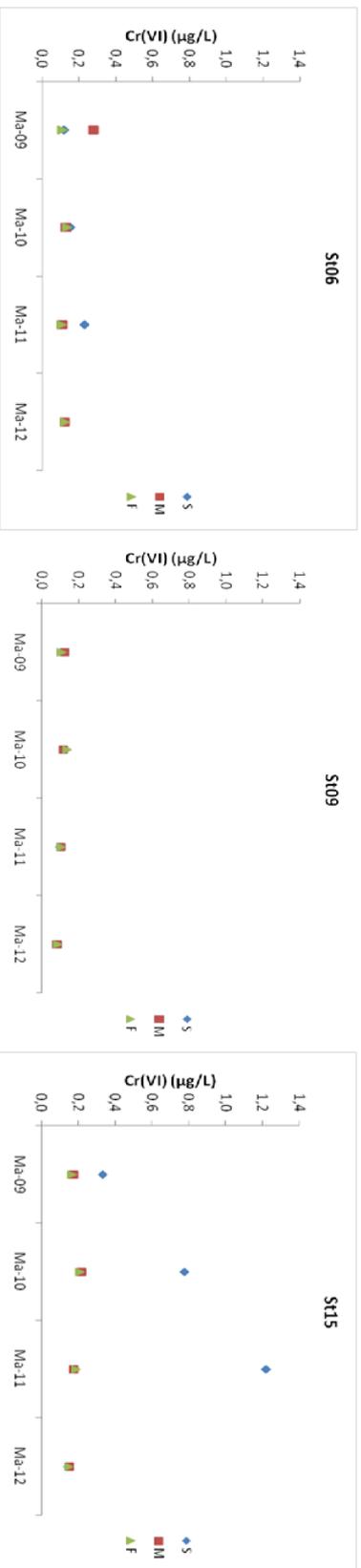


Figure 23 : Concentrations de Cr(VI) mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations St06, St09 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

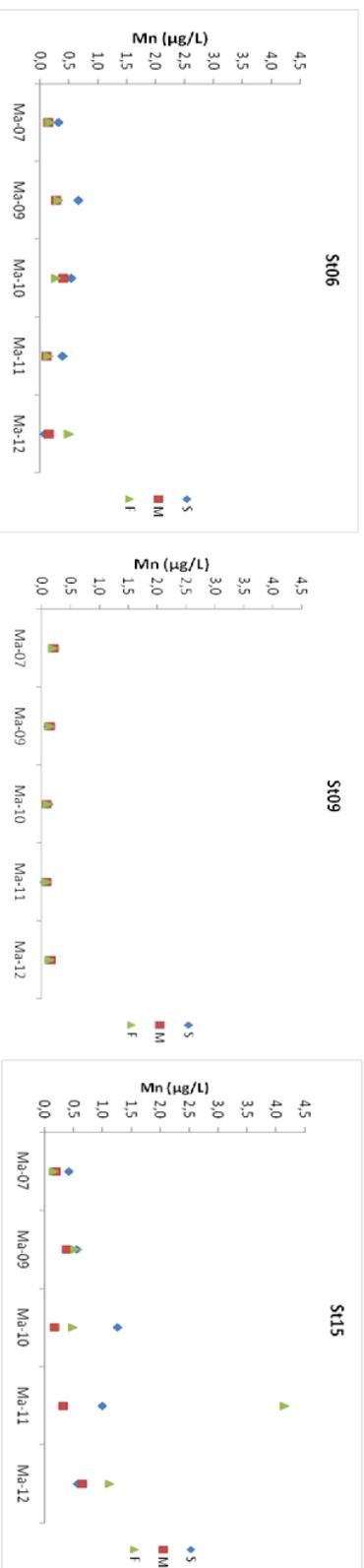


Figure 24 : Concentrations de Mn mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations S106, S109 et S115 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

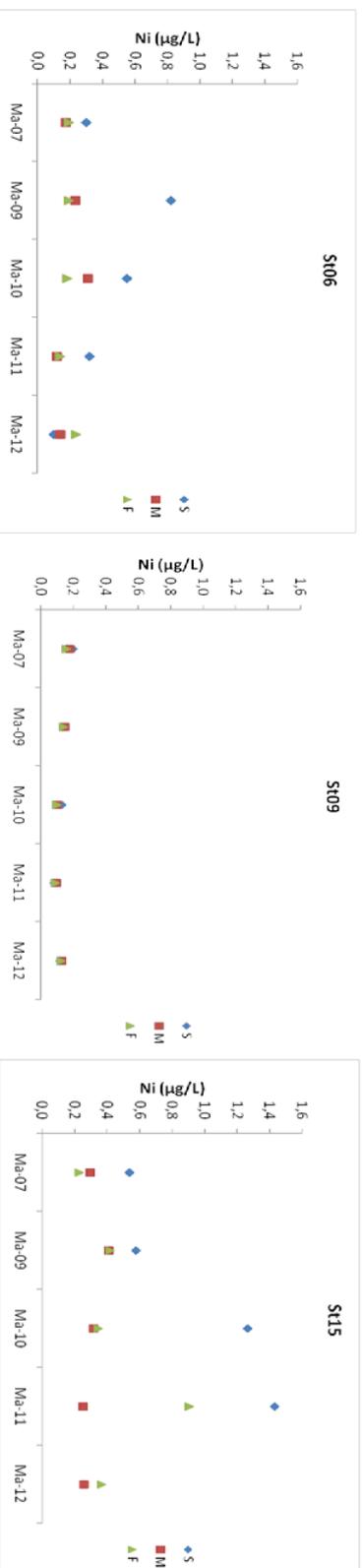


Figure 25 : Concentrations de Ni mesurées en surface, mi-profondeur et fond aux stations S106, S109 et S115 lors des campagnes « saison humide » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012).

VI. CONCLUSION

Les conditions météorologiques observées durant la campagne semestrielle de 2012 sont les plus proches, depuis 2007, des caractéristiques climatiques des zones tropicales. En effet, de fortes pluies ont marqué les jours précédant la mission ainsi que les jours de mesure et de collecte des échantillons. Ces conditions combinées à des températures élevées ont contribué au développement de phénomènes de minéralisation des sels nutritifs par augmentation des processus métabolique au niveau des interfaces « eau-sédiments ».

Ces processus ont conduit à l'apparition de couches d'eau riches en nutriments (ammonium, nitrates+nitrites, ..) en profondeur dans les zones de faible hydrodynamisme comme la baie du Prony ainsi que celle de Port Boisé et de la Kwé.

En ce qui concerne les éléments métalliques, les concentrations sont revenues à des niveaux observés jusqu'en 2009. Cette constatation est particulièrement avérée aux stations sous influence terrigène (St15 et St06) et pour les éléments comme Co, Cr(VI), Mn et Ni. Les autres éléments (Cu et Zn) étant moins représentatifs car en bien moindre teneurs dans les sols latéritiques, la variabilité des concentrations dans l'eau de mer est plus grande. Ailleurs, sur les stations éloignées, les niveaux de concentrations des métaux traces des apports terrigènes ne montrent aucune tendance et demeurent du même ordre que ceux mesurés dans les aires lagunaires fortement influencées par les masses d'eaux océaniques.

REFERENCES

- Ambatsian, P., Fernex, F., Bernant, M., Parron, C., Lecolle, J., 1997. High metal inputs to close seas : the New-Caledonia Lagoon. *Journal of Geochemical Exploration*. 59, 59-74.
- Atlas de Nouvelle-Calédonie et dépendances (1981). Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 53p.
- Aminot A, Kérouel (2004). *Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses*. Ed. Ifremer, 336 p.
- Bird, E.C.F., Dubois, J.P., Iltis, J.A., 1984. The impact of opencast mining on the rivers and coasts of New Caledonia. The United Nation University, NRTS-25/UNUP-505.
- Breau L, Senia A, Pangrani K, Garcia JP et Debenay JP (2009). Développement de méthodes d'évaluation de la toxicité et analyse du risque chimique de l'effluent pour l'environnement marin. Convention IRD/Goro-Ni, n°1124, « Ecotoxicologie », 117p.
- Douillet, P., Ouillon, S., Cordier, E., 2001. A numerical model for fine suspended sediment transport in the south-west lagoon of new Caledonia. *Coral Reefs*. 20, 361–372.
- Douillet P et Fernandez JM (2009). Modélisation et simulation du transport des formes particulières d'origine naturelle : Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRD/Goro-Ni, n°1124, « Modélisation hydrodynamique », 55p.
- Dugas, F., 1974. La sédimentation en baie de St Vincent (Côte ouest de la Nouvelle-Calédonie). *Cah. ORSTOM, ser.Géol.* VI, 1, 41-62.
- Fanning GO, Pilson MEQ, 1973. On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters, *Analytical Chemistry*, 45 : 136-140.
- Fernandez, J-M., 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). *Marine Pollution Bulletin*. 52, 320-331.
- Fernandez JM, Dolbecq M, Damien P et Le Grand H (2009). Validation du modèle de transport en phase dissoute par traçage à la rhodamine-WT. Convention IRD/Vale-Inco, N° 2131, 2009, 152p.
- 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.
- Fichez R, Moreton B, Pringault O et Viret H, 2005. Fiche : Caractéristiques physicochimiques des eaux. Convention IRD/Goro-Nickel n° 9104, 56p.
- Fichez R, Adjeroud 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. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 56 : 1801-1808.

Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n°C2445.

Le Grand H, Dolbecq M, Kerbrat AS, Goyaud A, Haddad L, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. (St15 et St16 : mars, avril, août et novembre 2011). Convention n°C2445.

Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Haddad L, Roupsard F, Douchin C, Dubuc A, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. (1^{er} semestre 2011). Convention n°C2445.

Lorenzen CJ (1966). A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Research*, 13 : 223-227.

Mullin JB, Riley JP (1955). The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters, *Analytica Chimica Acta*, 12: 162-176.

Murphy J, Riley JP, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Analytica Chimica 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, *Marine Chemistry*, 24: 239-252.

Ouillon, S, Douillet, P, Lefebvre, JP, Le Gendre, R, Jouon, A, Bonneton, P, Fernandez, JM, Chevillon, C., Magand, O., Lefèvre, J., Le Hir, P., Laganier, R., Dumas, F., Marchesiello, P., Bel Madani, A., Andrefouët, S., Panché, J.Y., Fichez, R., 2010. Circulation and suspended sediment transport in a coral reef lagoon: the southwest lagoon of New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*, Special issue PNEC New-Caledonia.

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

Strickland JDH, Parsons TR (1972). A practical handbook of sea water analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 167:207-211.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS DE PRELEVEMENT DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES « COLONNE D'EAU »	9
FIGURE 2 : PLUVIOMETRIE JOURNALIERE DU 1 ^{ER} AU 8 MARS 2012 DANS LA ZONE D'ETUDE (PRONY PILOT PLANT ; STATION B). LES JOURNEES DE PRELEVEMENT SONT INDIQUEES PAR LES FLECHES ORANGE.	10
FIGURE 3 : CHRONOLOGIE DES PRELEVEMENTS REPORTEE SUR LE MAREGRAMME DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DU 6 AU 8 MARS 2012.....	10
FIGURE 4 : CHRONOLOGIE DES PRELEVEMENTS REPORTEE SUR LE MAREGRAMME DE LA CAMPAGNE TRIMESTRIELLE DU 10 MAI 2012.	11
FIGURE 5 : PLUVIOMETRIE JOURNALIERE DU 5 AU 10 MAI 2012 DANS LA ZONE D'ETUDE (PRONY PILOT PLANT ; STATION B). LA JOURNEE DE PRELEVEMENT EST INDIQUEE PAR LA FLECHE ORANGE.	11
FIGURE 6 : CONCENTRATION DE MEST OBTENUES AUX STATIONS St15 ET St16 LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE MARS ET MAI 2012.	15
FIGURE 7 : PROFILS DE TEMPERATURE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DE MARS 2012.	18
FIGURE 8 : PROFILS DE SALINITE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DE MARS 2012.....	19
FIGURE 9 : PROFILS DE TURBIDITE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.	20
FIGURE 10 : PROFILS DE FLUORESCENCE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DE MARS 2012.	22
FIGURE 11 : PROFILS DE TEMPERATURE, FLUORESCENCE, TURBIDITE ET SALINITE DE LA STATION St15 OBTENUS LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.	25
FIGURE 12 : PROFILS DE TEMPERATURE, FLUORESCENCE, TURBIDITE ET SALINITE DE LA STATION St16 OBTENUS LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.	24
FIGURE 13 : CONCENTRATIONS DE CO AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.....	32
FIGURE 14 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.	32
FIGURE 15 : CONCENTRATIONS DE CU AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.....	32
FIGURE 16 : CONCENTRATIONS DE MN AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.	33
FIGURE 17 : CONCENTRATIONS DE NI AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.	33
FIGURE 18 : CONCENTRATIONS DE ZN AUX STATIONS St15 ET St16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS ET MAI 2012.....	33
FIGURE 19 : CUMULS DES PRECIPITATIONS AVANT (5 JOURS AVANT) ET PENDANT LES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2012 ; STATION D'OBSERVATION : « PRONY PILOT STATION ».....	34
FIGURE 20 : CONCENTRATIONS DE NITRATES + NITRITES MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).	37
FIGURE 21 : CONCENTRATIONS D'AMMONIUM MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).....	37
FIGURE 22 : CONCENTRATIONS DE CO MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).....	41
FIGURE 23 ; CONCENTRATIONS DE Cr(VI) MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).....	41
FIGURE 24 : CONCENTRATIONS DE MN MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).....	42
FIGURE 25 : CONCENTRATIONS DE NI MESUREES EN SURFACE, MI-PROFONDEUR ET FOND AUX STATIONS St06, St09 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » (2007, 2009, 2010, 2011 ET 2012).....	42

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE ET LOCATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE « COLONNE D'EAU » (WGS-84)	9
TABLEAU 2 : PH ET CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.	13
TABLEAU 3 : VALEUR DU PH ET CONCENTRATIONS DES IONS MAGNESIUM ET SULFATES MESUREES LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE MARS ET MAI 2012.	13
TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS DE MEST DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.	14
TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS EN CARBONATES DE LA STATION ST16 MESUREES LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE MARS ET MAI 2012.....	15
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES VALEURS DE TEMPERATURE, SALINITE, TURBIDITE ET FLUORESCENCE DANS LE DOMAINE ENTIER, LE CANAL DE LA HAVANNAH ET LA BAIE DU PRONY LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DE MARS 2012.	16
TABLEAU 7 : MINIMUM, MAXIMUM ET MOYENNES DES VALEURS DE TEMPERATURE, FLUORESCENCE, TURBIDITE ET SALINITE MESUREES AUX STATIONS ST15 ET ST16 LORS DE MARS ET MAI 2012.	23
TABLEAU 8 : CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.....	27
TABLEAU 9 : CONCENTRATIONS D'AZOTE ET PHOSPHORE DISSOUS, PARTICULAIRES ET TOTALES DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.	28
TABLEAU 10 : CONCENTRATIONS ET POURCENTAGES DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE DE MARS 2012.....	29
TABLEAU 11 : CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE DE MARS 2012.	31
TABLEAU 12 : CONCENTRATIONS DE NITRITES + NITRATES ET D'AMMONIUM MESUREES LORS DES CAMPAGNES DE MARS 2007 A 2012.	35
TABLEAU 13 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHATES MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.....	35
TABLEAU 14 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHORE ET AZOTE DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.....	36
TABLEAU 15 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHORE ET AZOTE PARTICULAIRES MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.....	36
TABLEAU 16 : CONCENTRATION DE CHLOROPHYLLE A ET DE PHEOPIGMENTS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.	38
TABLEAU 17 : CONCENTRATIONS DU CO ET Cr(VI) MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.	39
TABLEAU 18 : CONCENTRATIONS DE CU ET Fe MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.....	39
TABLEAU 19 : CONCENTRATIONS DE MN ET NI MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.	39
TABLEAU 20 : CONCENTRATIONS DE ZN MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES DE MARS DE 2007 A 2012.....	40

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie

Annexe 2 : Concentrations des éléments majeurs, de la MES et pH

Annexe 3 : Principales caractéristiques physico-chimiques

Annexe 4 : Concentrations des sels nutritifs

Annexe 5 : Concentrations de la matière organique dissoute, particulaire et totale

Annexe 6 : Concentrations de la chlorophylle a et de phéopigments

Annexe 7 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

ANNEXE 1

METHODOLOGIE

Structures des masses d'eau

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées a été obtenue grâce aux 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⁻¹, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Les paramètres de la sonde CTD et leurs spécifications (Tableau 1) 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 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- La fluorescence *in-vivo*, exprimée en mg/m³, permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens (capteurs Wet labs).

Tableau 1 : Spécifications des paramètres de la sonde.

Paramètres	Gamme	Précision initiale	Résolution
Conductivité (S.m ⁻¹)	0 - 9	0,0005	0,0007
Température (°C)	-5 à +35	0,005	0,0001
Pression (db)	0 - 350	0,35	0,007
Turbidité (NTU)	0 - 25	NA*	0,01
Fluorescence (mg/m ³)	0 - 50	NA*	0,025

Eléments majeurs, MES et pH

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

- Les dosages des ions calcium (Ca²⁺), sodium (Na⁺), (K⁺) et (Mg²⁺) : Après dilution, les concentrations ont été déterminées par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'émission optique par torche plasma, marque Varian, modèle Vista) ;
- Les dosages des chlorures (Cl⁻) et des sulfates (SO₄²⁻) ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- La mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- L'évaluation de charge en MES (Matière en Suspension). Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et la pesée du filtre (Nucleopore[®] de 0,45 µm de porosité).

Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD et les échantillons sont conservés à 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 & Robinson (1946). Elle 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, 0,1 N). Le flaconnage utilisé est en PEHD et les échantillons ont été conservés au froid (4°C) jusqu'à leur analyse.

Analyse des hydrocarbures totaux

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 CCl₄ 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.

Sels nutritifs

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

- Verre borosilicaté et addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 24 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium (NH₄). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD et stockage en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL/LEA. Les échantillons destinés aux dosages de nitrates+nitrites (NO₃ + NO₂) et de phosphates (PO₄) sont traités au chlorure de mercure dès retour à la terre et conservés à la température ambiante jusqu'à l'analyse. Les échantillons destinés aux dosages de l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD) sont congelés à -20°C. Chaque niveau de profondeur échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD ambrés et sont filtré sur des filtres Whatman® GF/F (porosité 0,7 µm) le jour même.
La conservation de ces filtres a été assurée par congélation à -20 °C jusqu'à dosage ultérieur au laboratoire de AEL/LEA. Ces dosages concernent l'azote organique particulaire et le phosphore organique particulaire.

Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate (NO₃) 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 le dosage des nitrates est celle

fondée sur le dosage des ions nitrites (NO_2) obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) par photométrie (Oudot & Montel, 1988), le dosage des ions nitrites est obtenu directement. Cependant, les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces restent très faibles. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,025 et 1 μM avec des limites de détection d'environ 0,02 μM .

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 μM , la limite de détection de la méthode est de 1,5 nM.

Phosphates

Le dosage des orthophosphates (PO_4) a été effectué selon la méthode de Murphy & Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide ($\text{pH} < 1$) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,025 et 0,75 μM avec des limites de détection d'environ 0,01 μM .

Azote et phosphore organiques particuliers

Le dosage de la matière organique particulaire ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation 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) est simple et rapide à mettre en œuvre. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 1 et 40 μM avec des limites de détection de 0,130 μM pour l'azote organique particulaire et entre 0,75 et 7 μM avec des limites de détection de 0,010 μM pour le phosphore organique particulaire.

Les valeurs de la matière organique particulaire sont alors calculées de la façon suivante :

$$[\text{NOP}] = [\text{NO}_3 + \text{NO}_2]_t \times V_1/V_2$$

$$[\text{POP}] = [\text{PO}_4]_t \times V_1/V_2$$

Soit [NOP] et [POP], les concentrations respectives en azote et phosphate particuliers ; $[\text{NO}_3 + \text{NO}_2]_t$ et $[\text{PO}_4]_t$ les concentrations respectives en nitrates+nitrites et phosphates mesurées après oxydation au persulfate ; V_1 le volume d'eau milli-Q utilisé lors de l'oxydation au persulfate (mL) ; V_2 le volume d'eau de mer filtré (mL).

Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation et les composés inorganiques produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. Pour l'azote organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieur à 40 μM et la limite de détection est de 0,130 μM . Pour le phosphore organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieure à 7 μM et la limite de détection est de 0,010 μM . Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luebbe, modèle Autoanalyseur III.

Les valeurs brutes obtenues correspondent à la concentration de matière organique totale. Les valeurs de la matière organique dissoute sont alors calculées par la différence entre les valeurs de matière organique totale et celles de forme minérale et particulaire.

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 données 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 10 ng/L.

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Pour chacune des 14 stations de la campagne semestrielle (« saison humide »), les trois 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(total)/Cr(VI). Ces analyses ont été effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire de AEL ;
- Les 42 échantillons du deuxième lot ont été directement filtrés à 0,45 μm 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).

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 (Tableau 2). Les limites de quantification de six métaux analysés sont regroupées dans le Tableau 3.

Tableau 2 : Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26,3 et TMDA-61.

Elément	TM-26,3 (µg/L)		TMDA-61 (µg/L)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co		8,1 ± 1,0		62,9 ± 5,8
Cu		13,4 ± 1,9		69,2 ± 7,4
Fe		21 ± 3,6		81,1 ± 10,1
Mn		17 ± 1,4		74,8 ± 7,3
Ni		10,2 ± 1,3		58,7 ± 6,4
Zn		39		71,3 ± 8,7

Tableau 3 : Limite de quantification des métaux

Co, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn.

Elément	LQ (µg/L)
Co	0,012
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012
Zn	0,015

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié d'eau d'estuaire : SLEW-3 (Tableau 4).

Tableau 4 : Résultats d'analyses de l'échantillon de référence SLEW-3 (30/01/2012).

Elément	SLEW-3 (µg/L)	
	Valeur déterminée (n=1)	Valeur certifiée
Co	0,044	0,042 ± 0,01
Cu	1,54	1,55 ± 0,12
Fe	0,32	0,57 ± 0,06
Mn	1,92	1,61 ± 0,22
Ni	1,17	1,23 ± 0,07
Zn	0,29	0,20 ± 0,04

ANNEXE 2

CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS, DE LA MEST ET PH

Concentrations des éléments majeurs (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-}), de la MES et pH des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle de mars 2012 et des stations St15 et St16 lors de la campagne trimestrielle de mai 2012 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface + 3 m, M = mi-profondeur, F = fond – 3 m. (*) Valeur douteuse.

Campagne semestrielle (mars 2012)

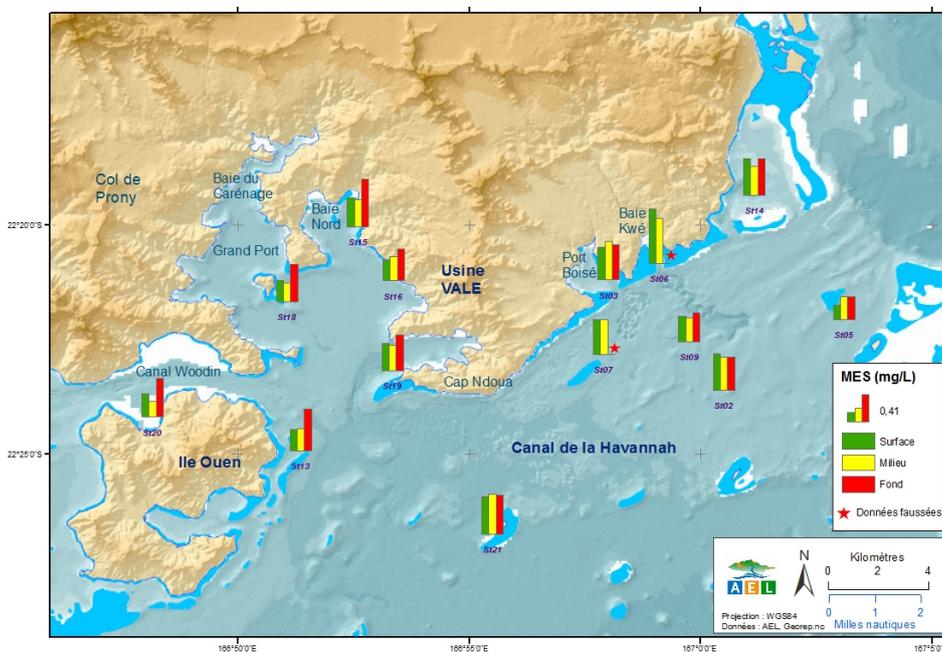
Station	Niveau	Ca^{2+} (mg/L)	K^+ (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	MEST (mg/L)	pH	Carbonates (meq/L)
St 02	S	524	358	1492	11704	19905	2562	0,54	8,30	Nd
St 02	M	520	359	1493	11798	20193	2705	0,49	8,30	Nd
St 02	F	526	362	1507	11954	20269	2755	0,49	8,30	Nd
St 03	S	511	351	1473	11651	20132	2638	0,49	8,26	Nd
St 03	M	517	358	1496	11587	19892	2720	0,58	8,27	Nd
St 03	F	519	359	1500	11884	20129	2704	0,53	8,27	Nd
St 05	S	517	357	1494	11802	19951	2633	0,21	8,30	Nd
St 05	M	515	354	1489	11889	20096	2626	0,33	8,30	Nd
St 05	F	518	359	1502	11784	20129	2733	0,33	8,30	Nd
St 06	S	524	361	1533	11902	19846	2616	0,81	8,27	Nd
St 06	M	511	352	1484	11766	19890	2679	0,67	8,27	Nd
St 06	F	503	349	1462	11725	20021	2712	35,24(*)	8,23	Nd
St 07	S	516	357	1508	11786	20085	2755	0,52	8,29	Nd
St 07	M	557	388	1655	13186	20830	2818	0,52	8,28	Nd
St 07	F	515	358	1513	11744	20914	2923	3,24(*)	8,28	Nd
St 09	S	531	368	1560	11931	20762	2773	0,38	8,29	Nd
St 09	M	512	354	1492	11775	20405	2781	0,35	8,29	Nd
St 09	F	568	398	1714	12341	20399	2765	0,43	8,28	Nd
St 13	S	524	364	1548	11940	21487	2771	0,32	8,19	Nd
St 13	M	510	354	1499	11887	20670	2831	0,33	8,08	Nd
St 13	F	507	353	1486	11891	20573	2687	0,62	8,22	Nd
St 14	S	531	370	1565	11939	20083	2753	0,55	8,30	Nd
St 14	M	457	347	1351	12950	19813	2617	0,44	8,30	Nd
St 14	F	447	340	1312	12657	20424	2770	0,54	8,29	Nd
St 15	S	449	343	1328	12691	20603	2742	0,43	8,24	Nd
St 15	M	447	340	1317	12821	20467	2652	0,40	8,24	Nd
St 15	F	460	350	1370	12806	20312	2630	0,71	8,24	Nd
St 16	S	448	339	1325	12783	20708	2780	0,31	8,24	2,22
St 16	M	451	341	1331	12819	20419	2774	0,37	8,24	2,22
St 16	F	467	357	1394	13406	20640	2803	0,48	8,22	2,25
St 18	S	444	336	1312	12710	20530	2705	0,32	8,24	Nd
St 18	M	455	347	1348	12730	20771	2697	0,28	8,25	Nd
St 18	F	442	336	1308	12642	20818	2673	0,56	8,24	Nd
St 19	S	459	351	1362	13114	20789	2684	0,41	8,24	Nd
St 19	M	448	341	1327	12604	20524	2652	0,38	8,14	Nd
St 19	F	468	356	1399	13018	20826	2638	0,54	8,23	Nd

Station	Niveau	Ca ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	MEST (mg/L)	pH	Carbonates (meq/L)
St 20	S	447	343	1320	13325	20544	2668	0,35	8,25	Nd
St 20	M	448	341	1322	12645	20215	2581	0,23	8,26	Nd
St 20	F	447	342	1327	12674	20787	2689	0,58	8,25	Nd
St 21	S	443	338	1310	12638	20417	2675	0,55	8,30	Nd
St 21	M	439	335	1292	13419	21425	2798	0,60	8,30	Nd
St 21	F	444	339	1312	13709	21146	2759	0,59	8,31	Nd

Campagne trimestrielle (mai 2012)

Station	Niveau	Mg ²⁺ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	MEST (mg/L)	pH	Carbonates (meq/L)
St 15	S	1384	Nd	0,51	8,29	Nd
St 15	M	1386	Nd	0,52	8,29	Nd
St 15	F	1412	Nd	1,07	8,26	Nd
St 16	S	1376	2650	0,34	8,31	2,20
St 16	M	1405	2696	0,45	8,3	2,27
St 16	F	1369	2666	2,39	8,29	2,25

Concentration de MES (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



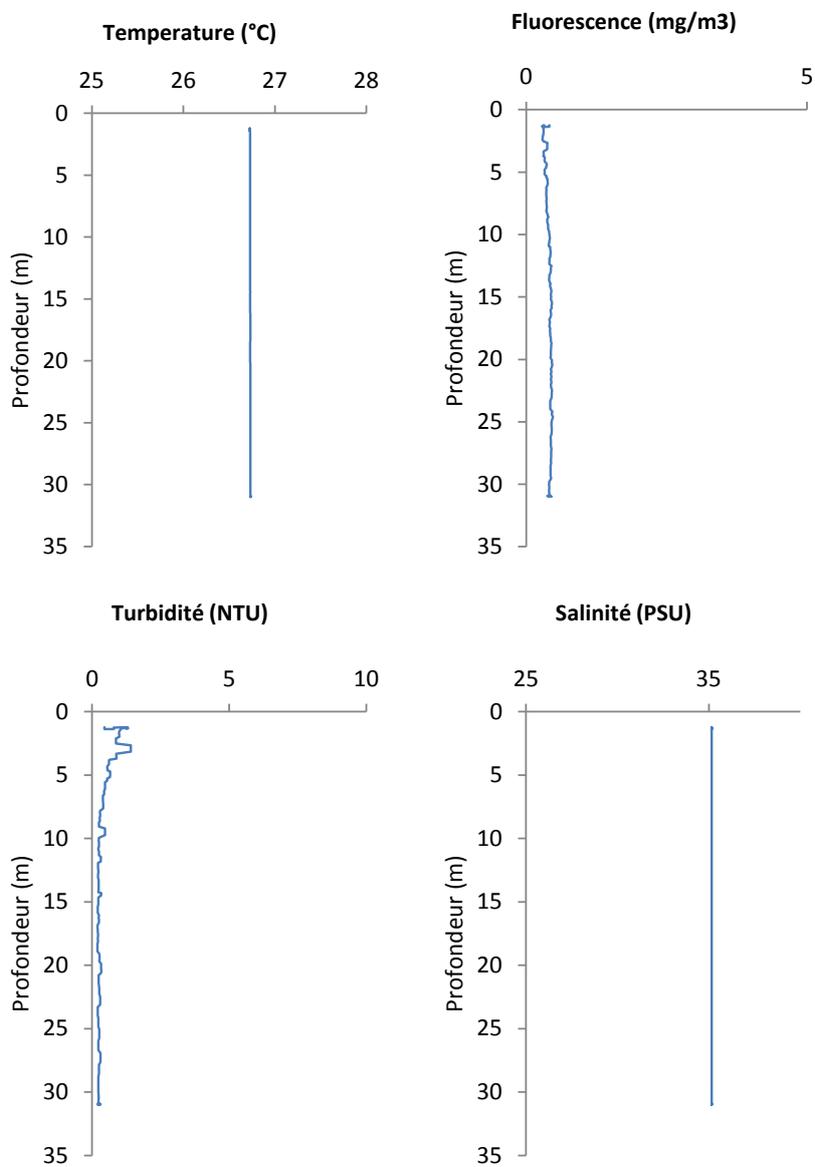
ANNEXE 3

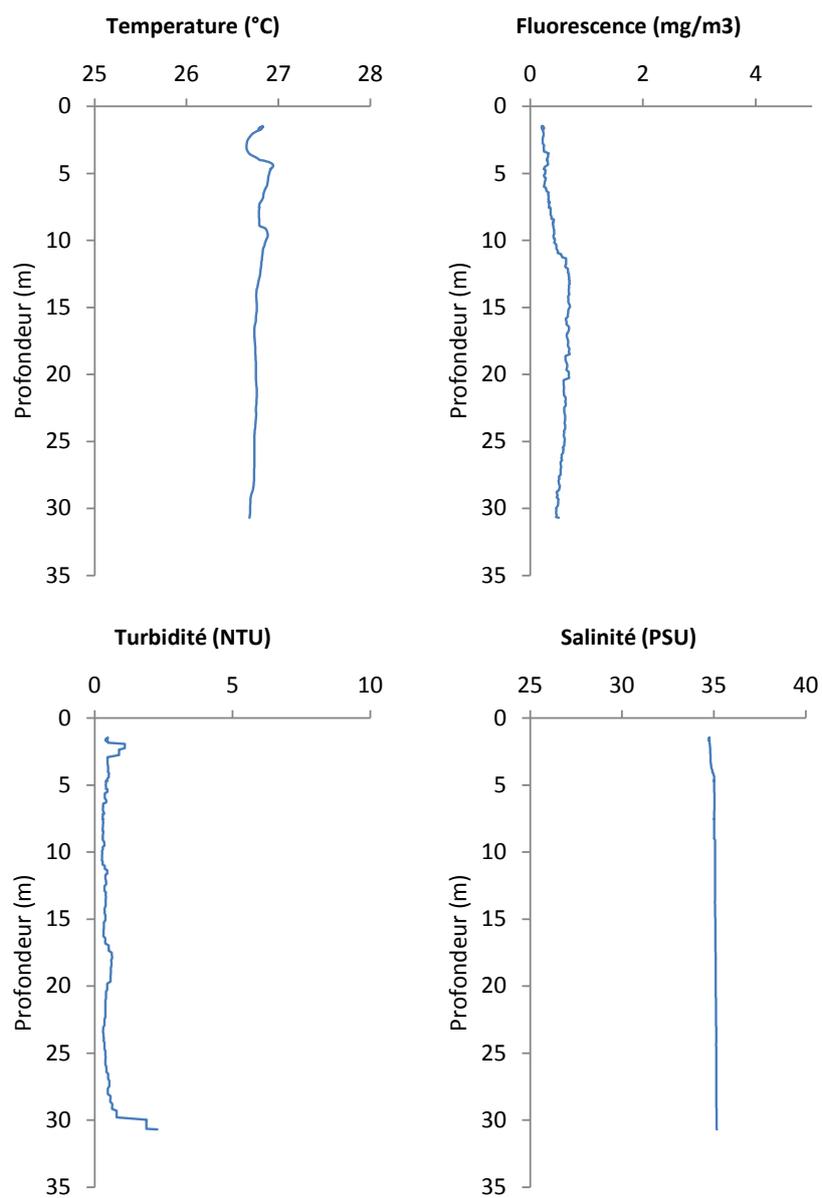
PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Profils CTD de salinité (‰), température (°C), turbidité (NTU) et fluorescence (mg/m³)

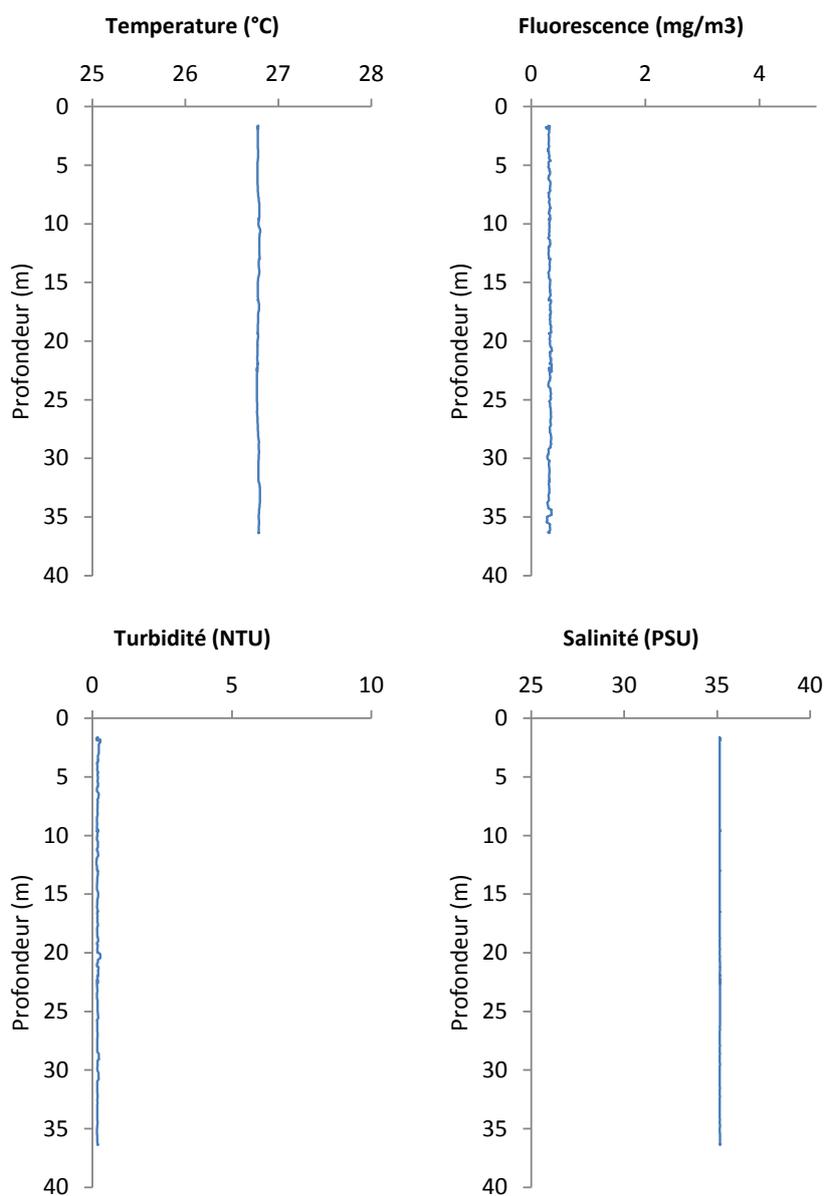
CAMPAGNE SEMESTRIELLE (MARS 2012)

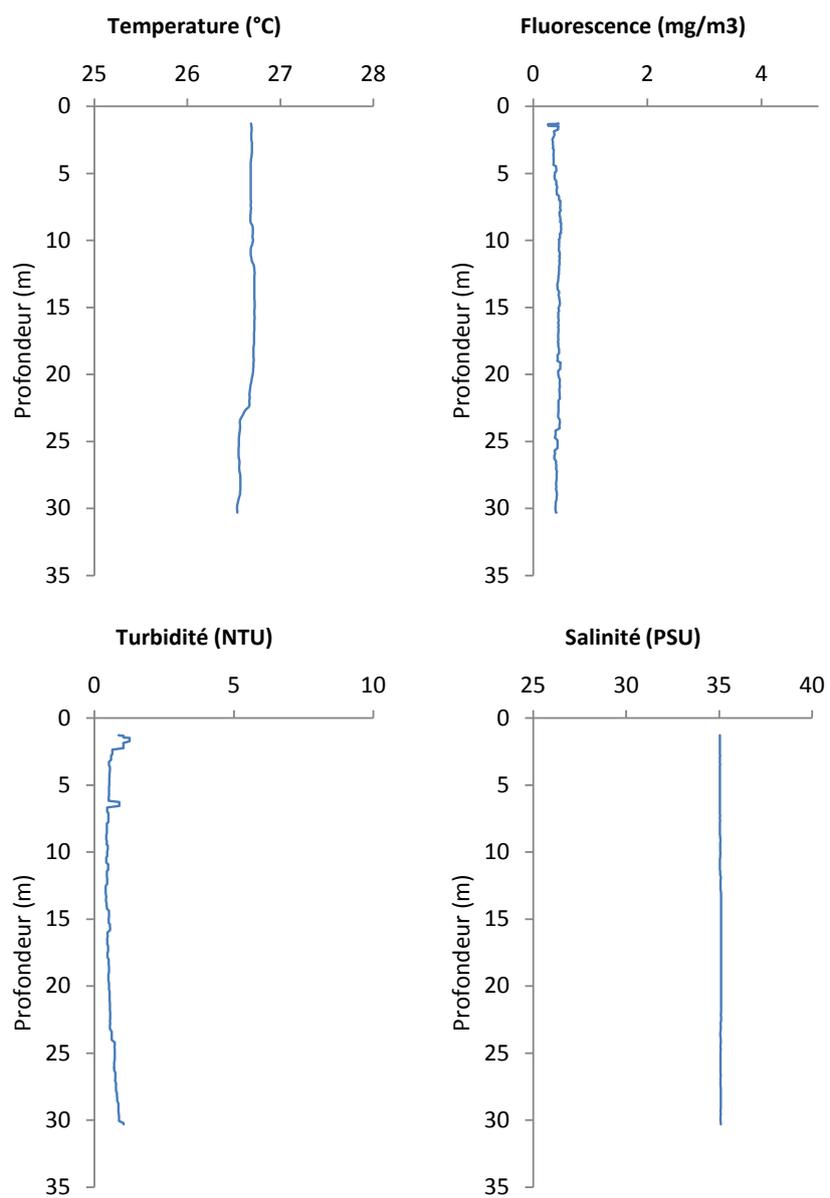
Station St02 (Basse Chambeyron)



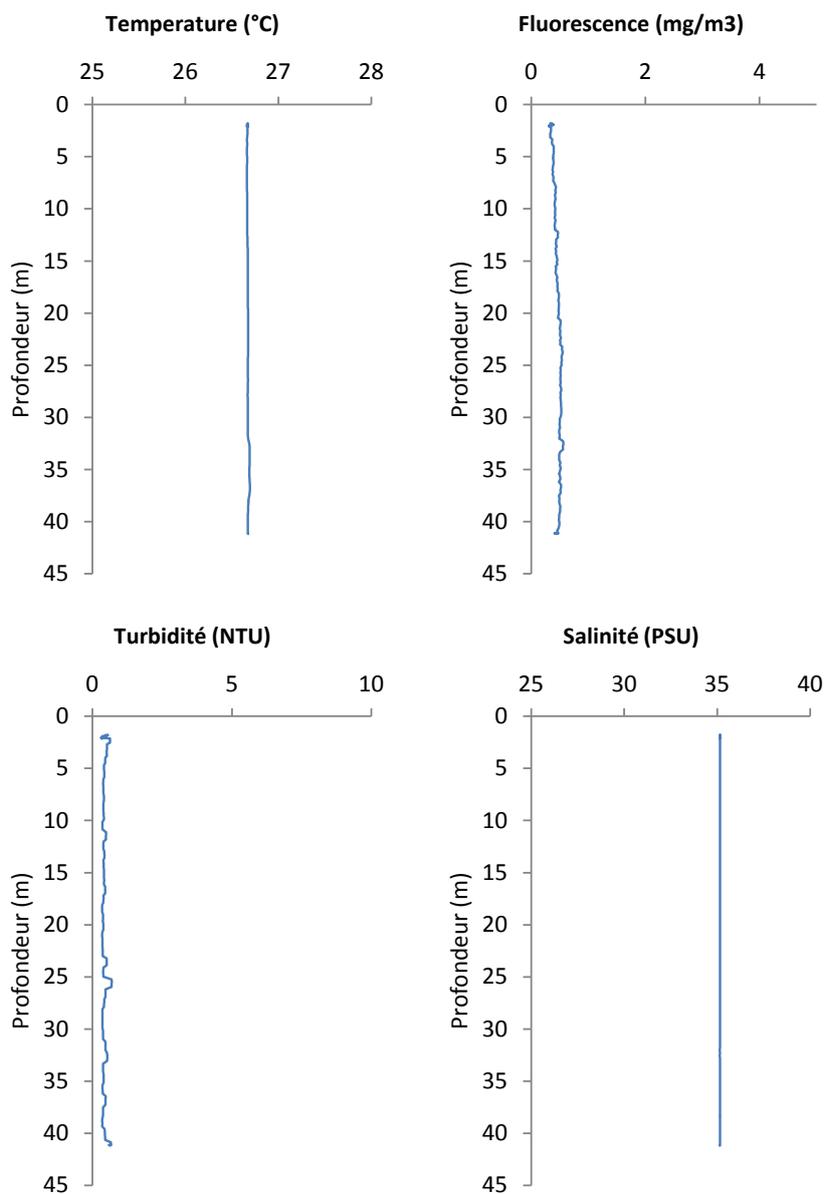
Station St03 (Baie Port Boisé)

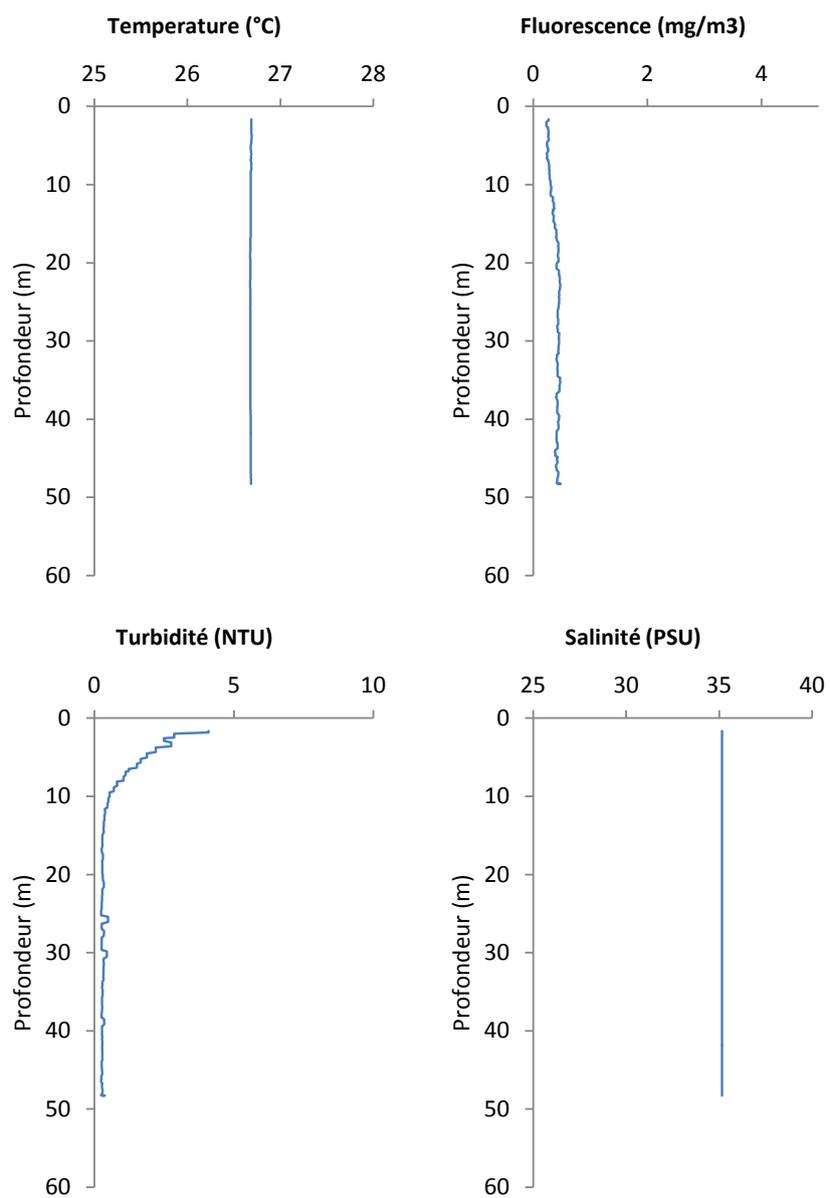
Station St05 (Ilot Kié)



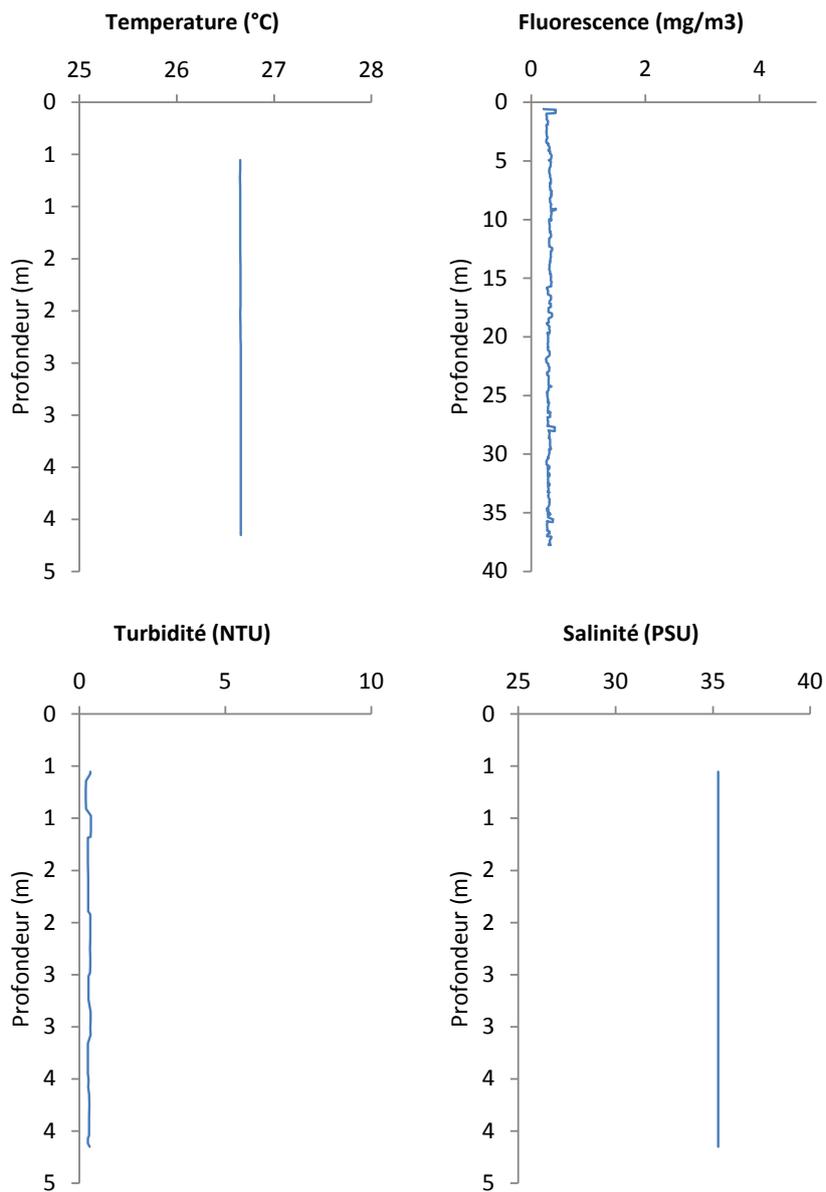
Station St06 (Récif de la Baie Kwé)

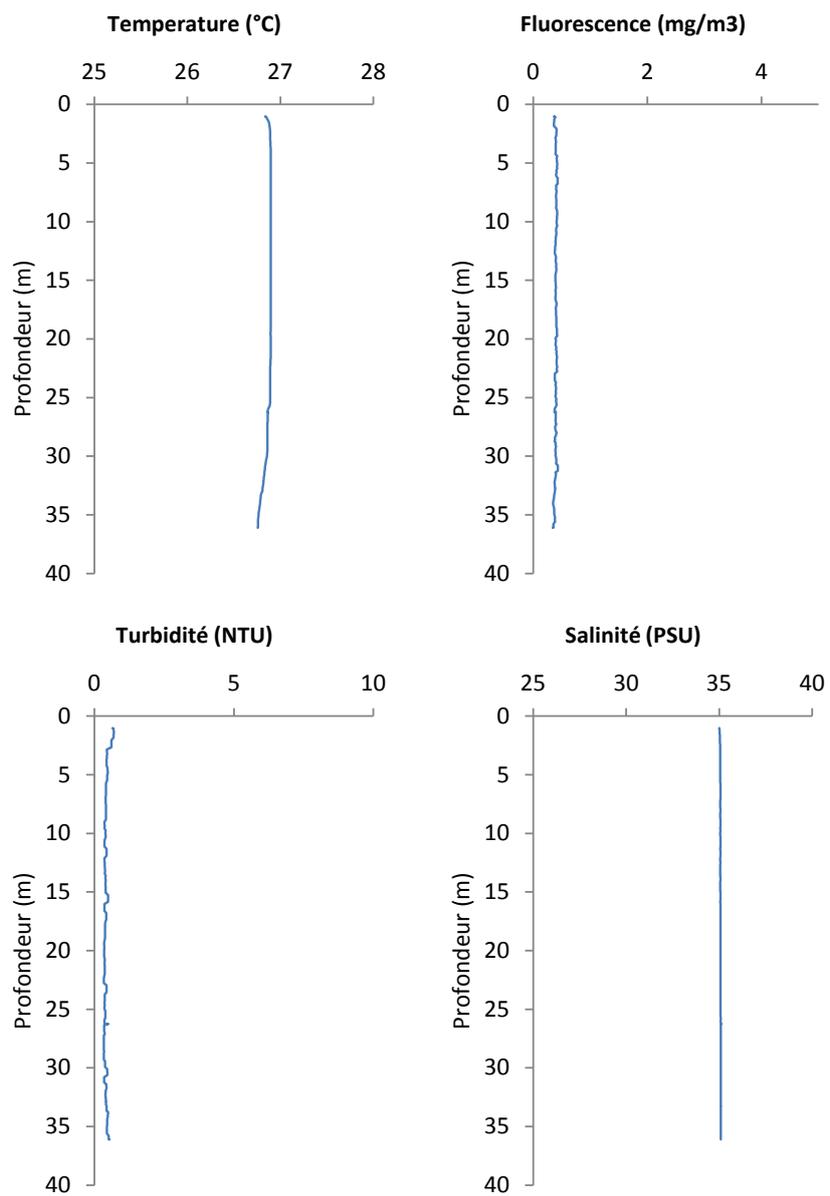
Station St07 (Récif loro)



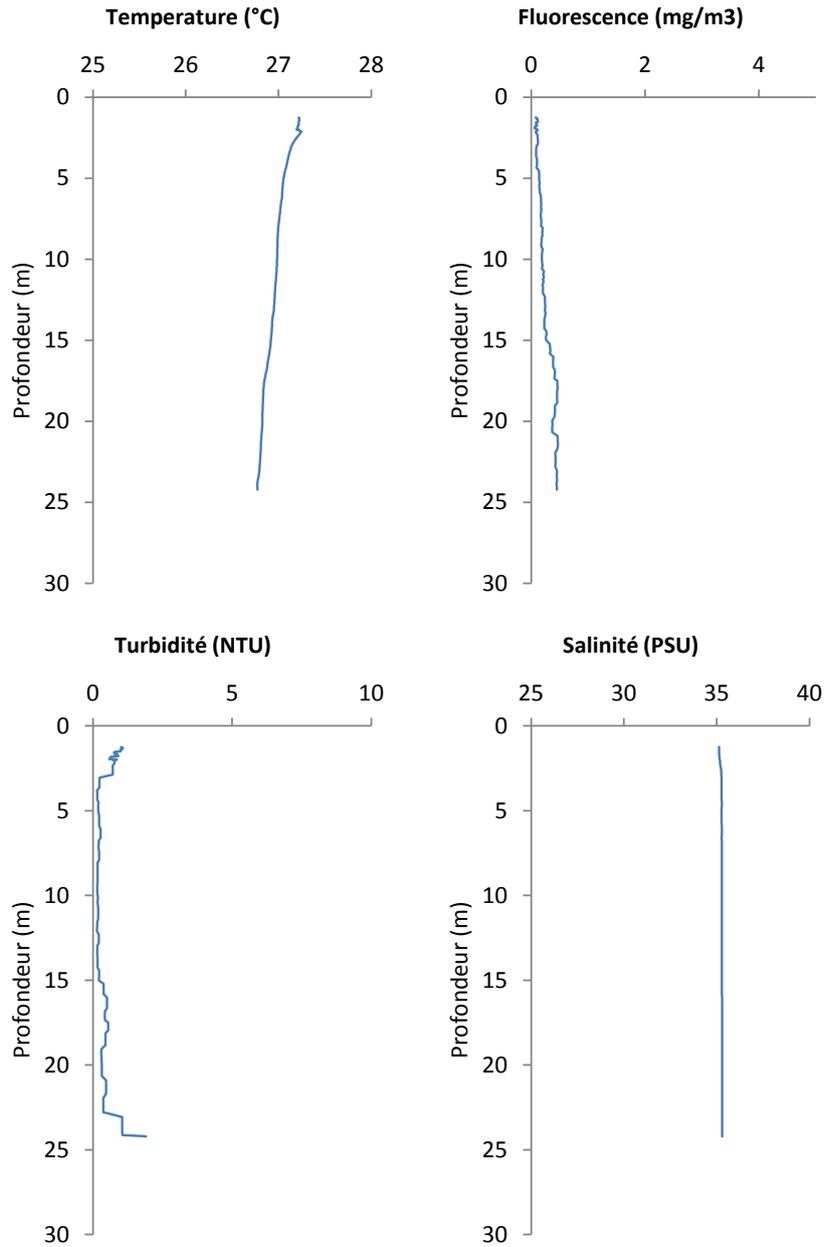
Station St09 (Canal de la Havannah)

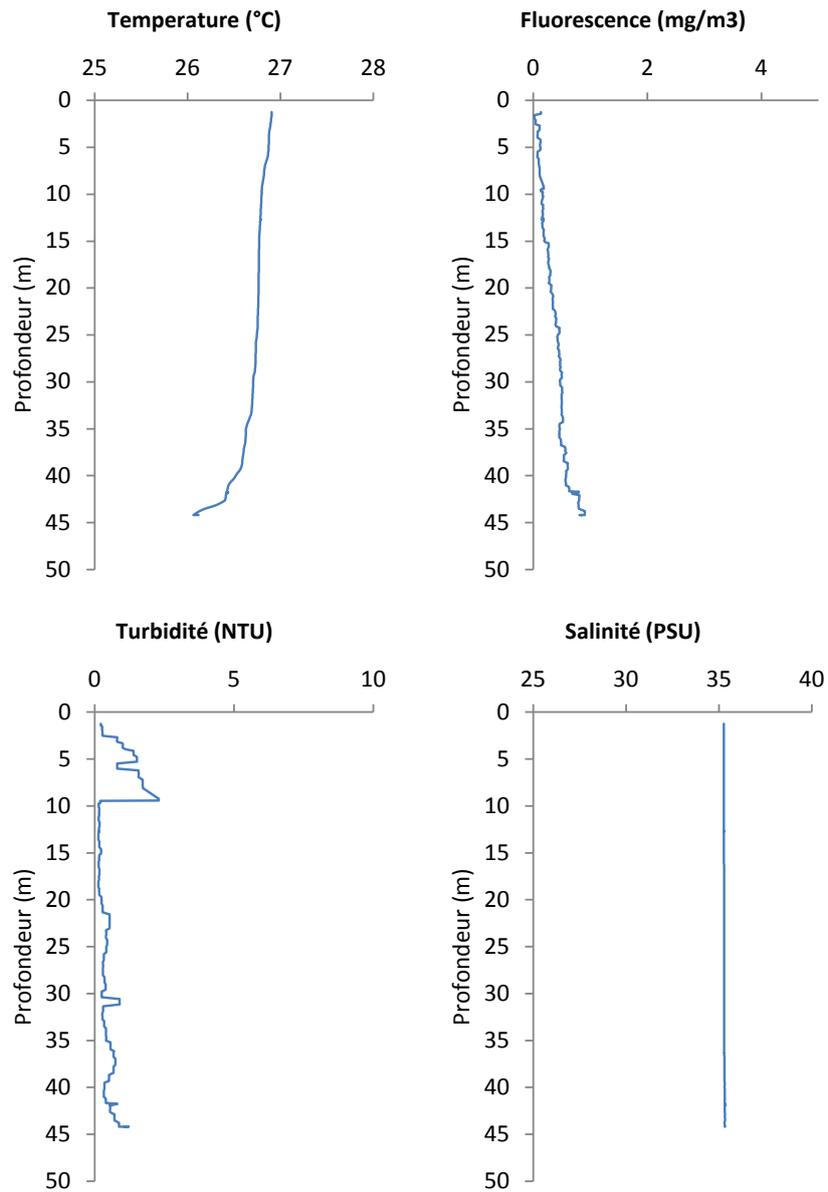
Station St13 (Pointe Nord du récif Ma)



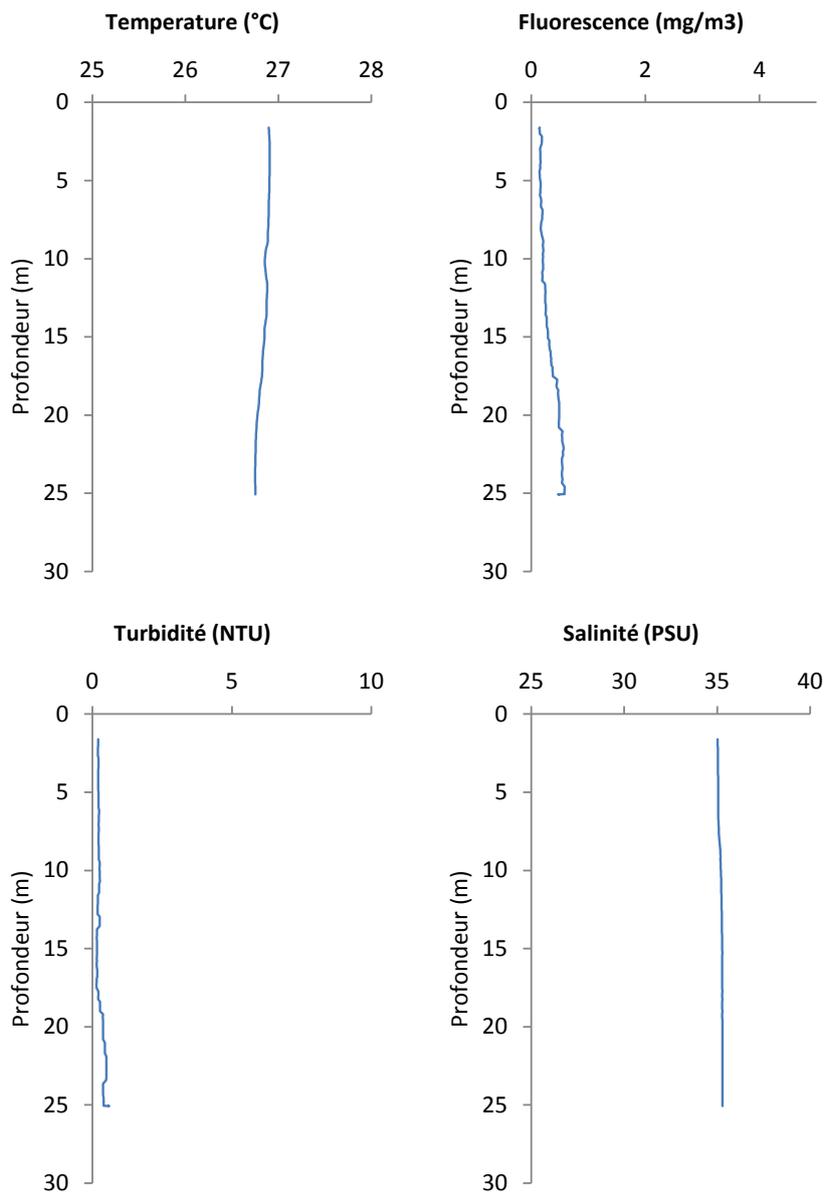
Station St14 (Port de Goro)

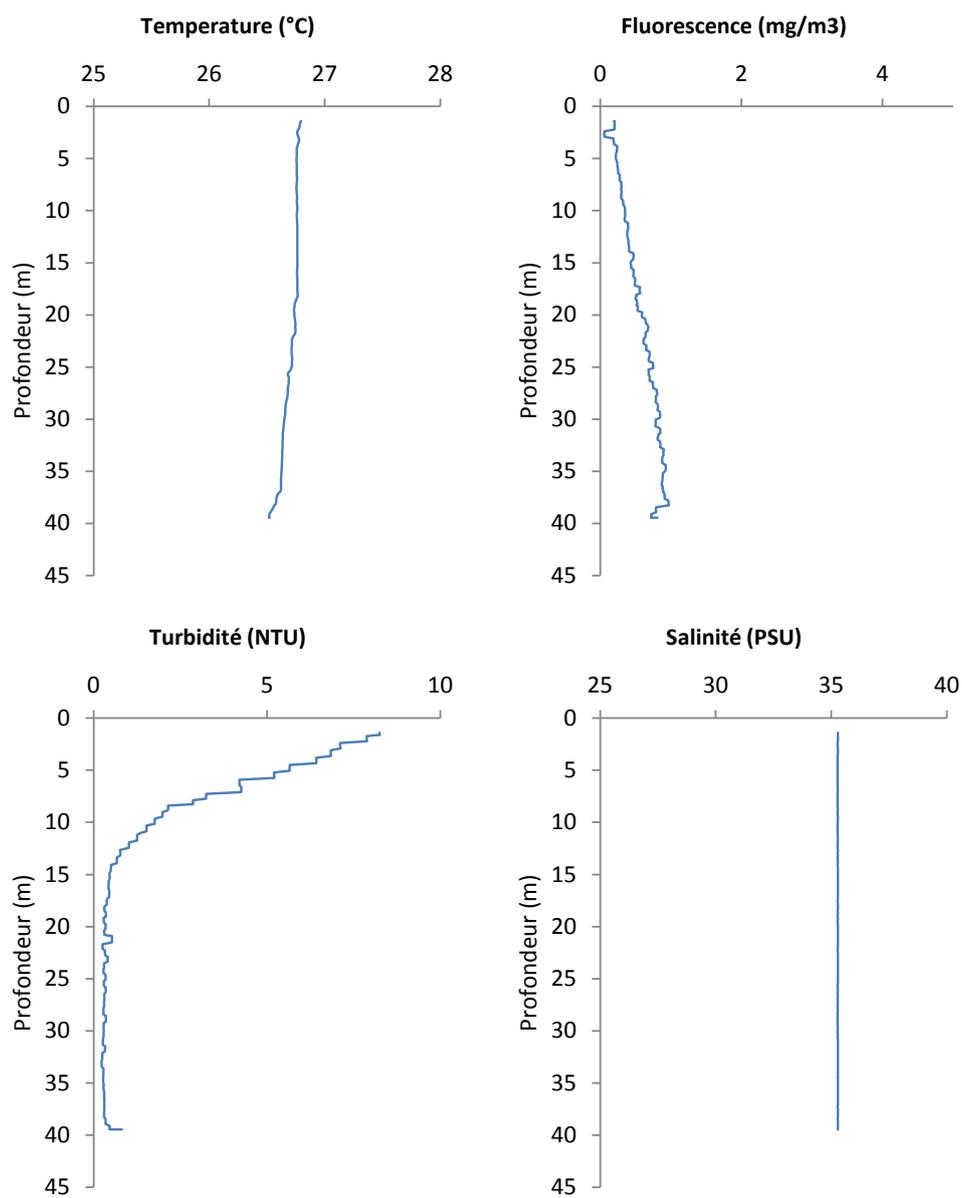
Station St15 (Prony Creek Baie Nord)



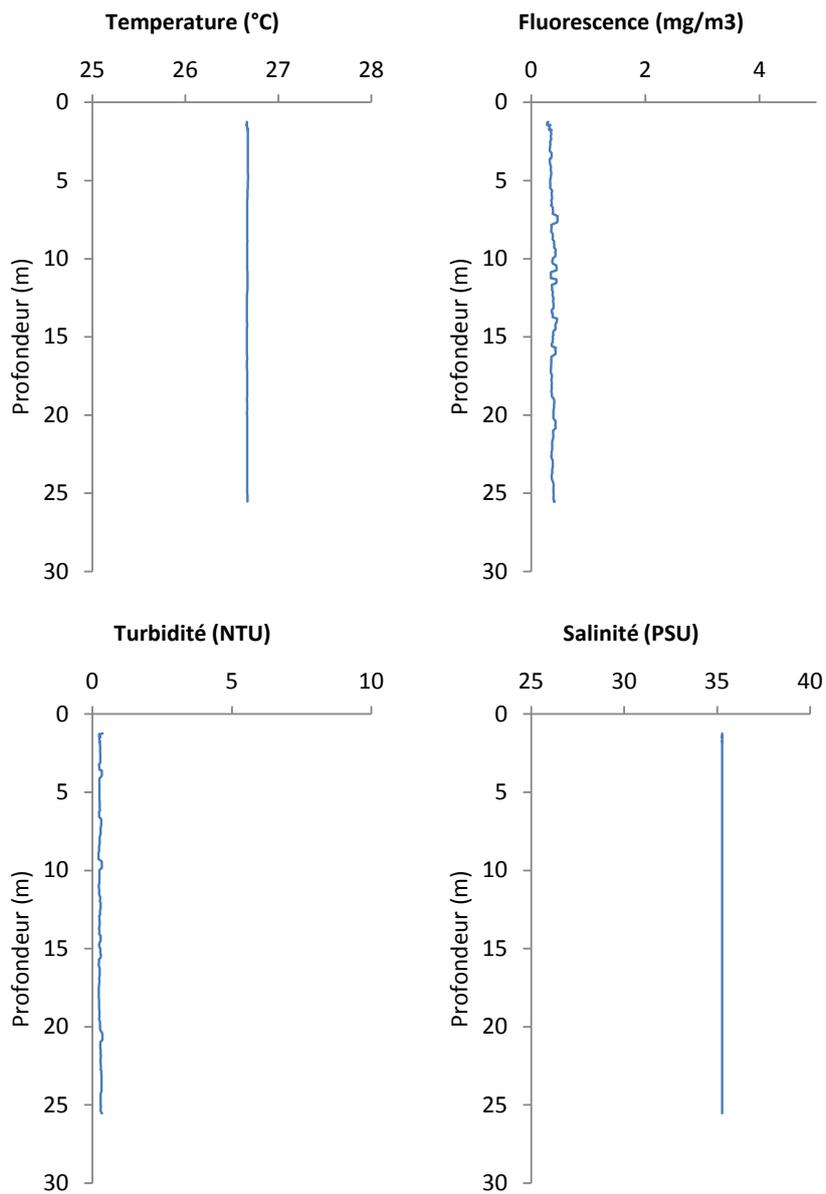
Station St16 (Prony Wharf)

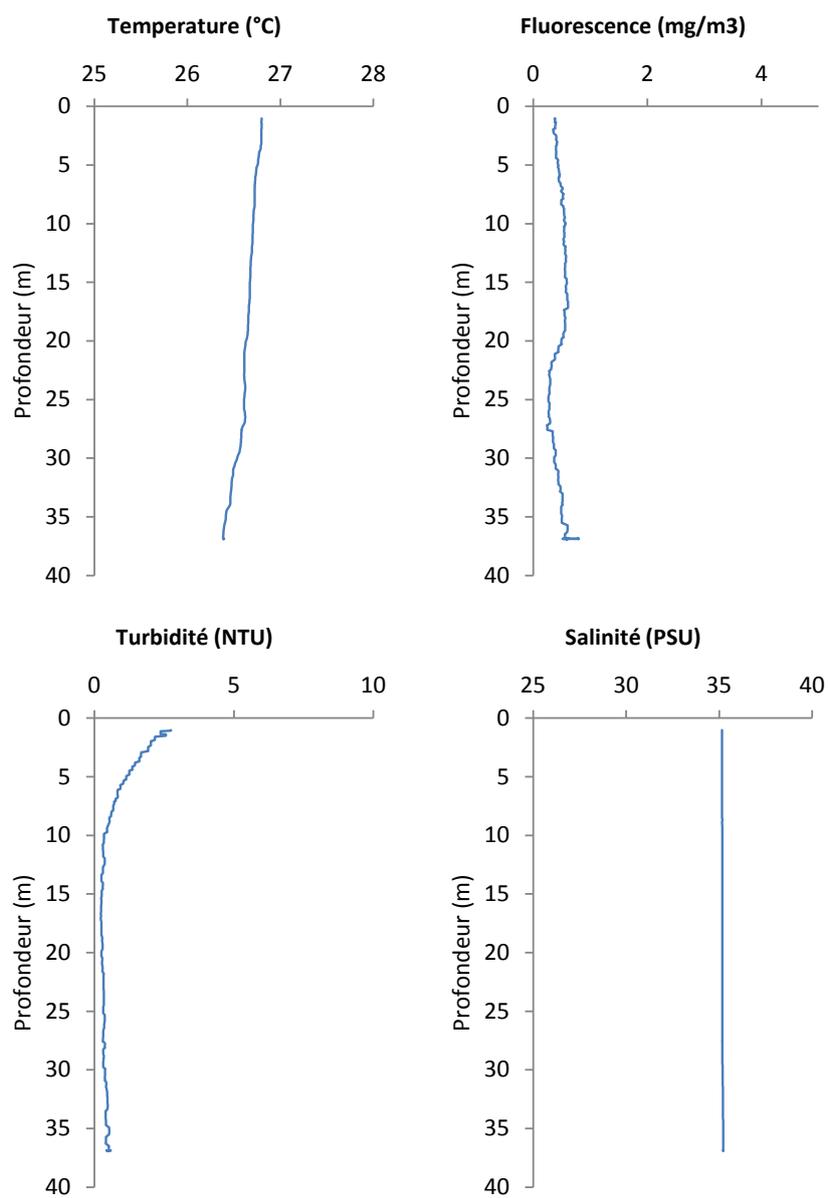
Station St18 (Prony Ilot Casy)



Station St19 (Rade de l'est)

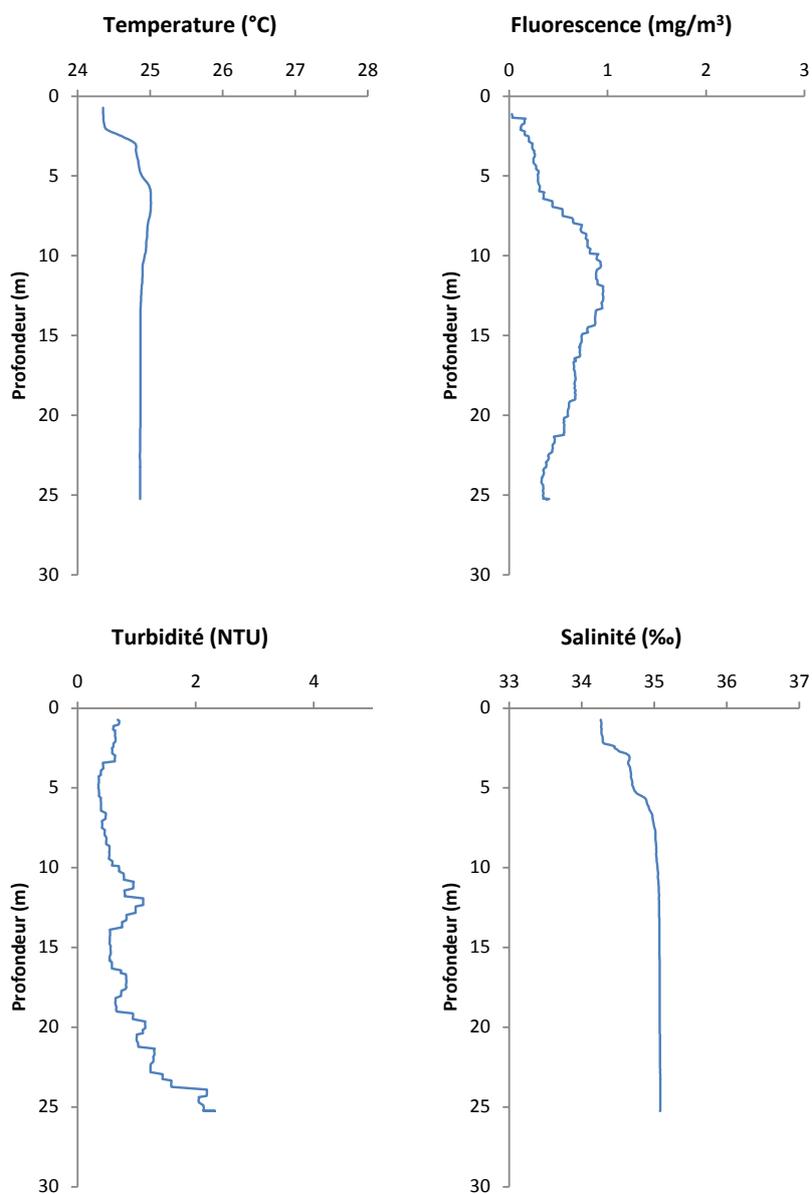
Station St20 (Baie Iré)

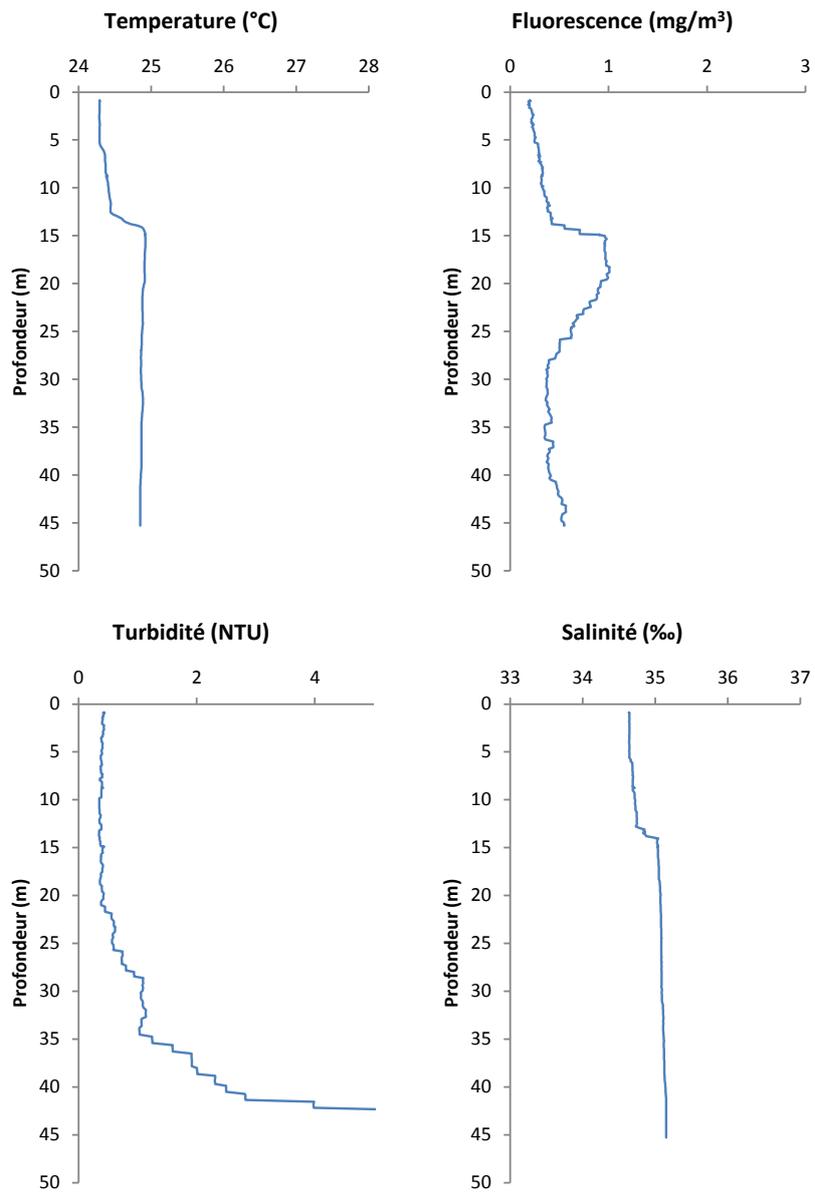


Station St21 (Ilot Ugo)

CAMPAGNE TRIMESTRIELLE (MAI 2012)

Station St15 (Prony Creek Baie Nord)



Station St16 (Prony Wharf)

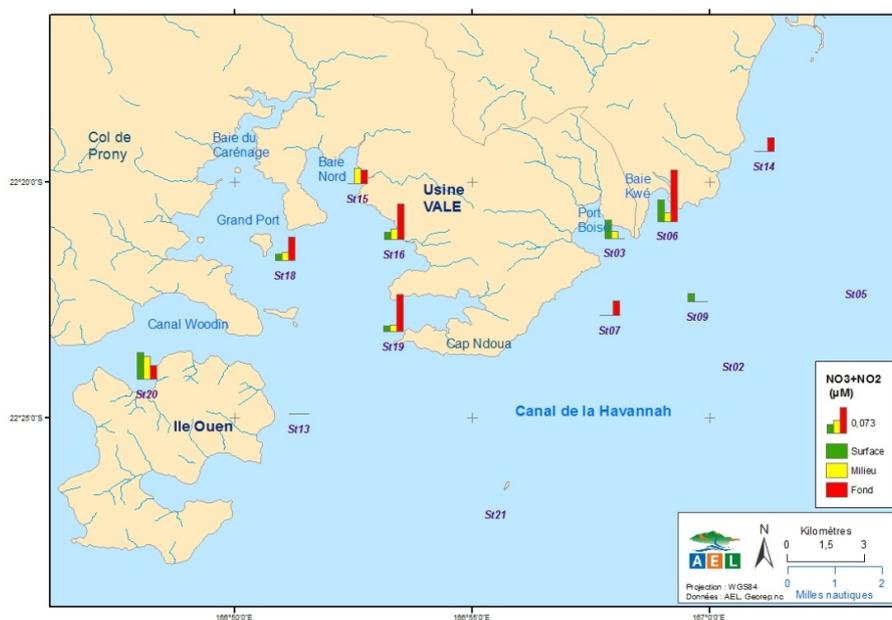
ANNEXE 4

CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS

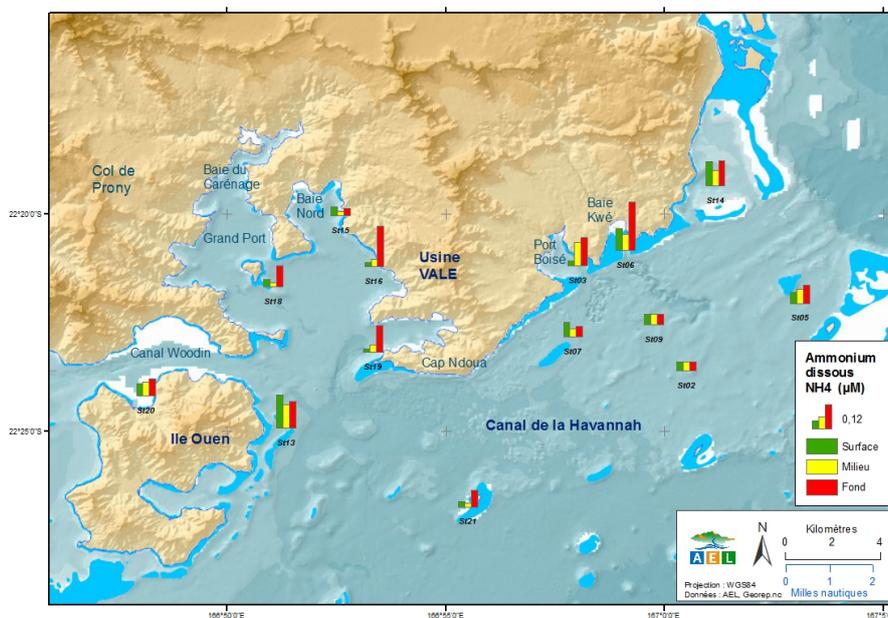
Concentrations moyennes (n=3) des sels nutritifs (NO_3+NO_2 , NH_4 , PO_4) des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle de mars 2012 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; <LD = Inférieures à la limite de détection ; Nd = valeur non déterminée.

Station	Niveau	$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ (μM)	NH_4 (μM)	PO_4 (μM)
St 02	S	0,049 ± 0,012	0,045 ± 0,003	0,017 ± 0,003
St 02	M	0,072 ± 0,002	0,043 ± 0,002	0,065 ± 0,024
St 02	F	0,318 ± 0,034	0,045 ± 0,003	0,076 ± 0,020
St 03	S	0,051 ± 0,022	0,025 ± 0,004	Nd
St 03	M	0,020 ± 0,029	0,115 ± 0,002	0,037 ± 0,023
St 03	F	ND	0,137 ± 0,001	0,058 ± 0,032
St 05	S	ND	0,053 ± 0,003	0,062 ± 0,017
St 05	M	<LD	0,069 ± 0,006	0,024 ± 0,002
St 05	F	0,060 ± 0,019	0,088 ± 0,014	0,093 ± 0,015
St 06	S	0,061 ± 0,017	0,107 ± 0,002	0,042 ± 0,024
St 06	M	0,023 ± 0,001	0,079 ± 0,005	0,004
St 06	F	0,146 ± 0,010	0,237 ± 0,001	0,096 ± 0,007
St 07	S	<LD	0,070 ± 0,002	0,008
St 07	M	<LD	0,039 ± 0,001	0,031 ± 0,024
St 07	F	0,040 ± 0,013	0,051 ± 0,002	0,018 ± 0,012
St 09	S	0,024 ± 0,034	0,049 ± 0,001	0,047 ± 0,023
St 09	M	<LD	0,053 ± 0,011	0,037 ± 0,001
St 09	F	<LD	0,052 ± 0,002	0,008
St 13	S	ND	0,162 ± 0,031	0,059 ± 0,021
St 13	M	<LD	0,115 ± 0,005	0,048 ± 0,017
St 13	F	ND	0,129 ± 0,002	0,069 ± 0,025
St 14	S	ND	0,117 ± 0,003	0,025
St 14	M	ND	0,073 ± 0,001	0,022 ± 0,005
St 14	F	0,039 ± 0,009	0,122 ± 0,002	0,021
St 15	S	ND	0,042 ± 0,031	0,068 ± 0,014
St 15	M	0,045 ± 0,016	0,020 ± 0,005	0,085 ± 0,020
St 15	F	0,039 ± 0,026	0,034 ± 0,011	0,064 ± 0,013
St 16	S	0,021 ± 0,005	0,020 ± 0,001	0,068 ± 0,005
St 16	M	0,029 ± 0,024	0,036 ± 0,021	0,034 ± 0,021
St 16	F	0,099 ± 0,001	0,199 ± 0,006	0,078 ± 0,021
St 18	S	0,021 ± 0,002	0,037 ± 0,037	0,074 ± 0,020
St 18	M	0,023 ± 0,015	0,190 ± 0,06	0,047 ± 0,016
St 18	F	0,067 ± 0,035	0,104 ± 0,003	0,094 ± 0,006
St 19	S	0,017 ± 0,021	0,016 ± 0,002	0,042 ± 0,010
St 19	M	0,018 ± 0,014	0,035 ± 0,002	0,066 ± 0,011
St 19	F	0,106 ± 0,004	0,131 ± 0,093	0,093 ± 0,010
St 20	S	0,077 ± 0,003	0,061 ± 0,004	0,107 ± 0,021
St 20	M	0,064 ± 0,010	0,070 ± 0,014	0,084 ± 0,019
St 20	F	0,040 ± 0,017	0,086 ± 0,006	0,115 ± 0,007
St 21	S	0,026 ± 0,016	0,025 ± 0,002	0,033 ± 0,006
St 21	M	ND	0,018 ± 0,002	0,069 ± 0,026
St 21	F	0,117 ± 0,023	0,083 ± 0,001	0,078 ± 0,017

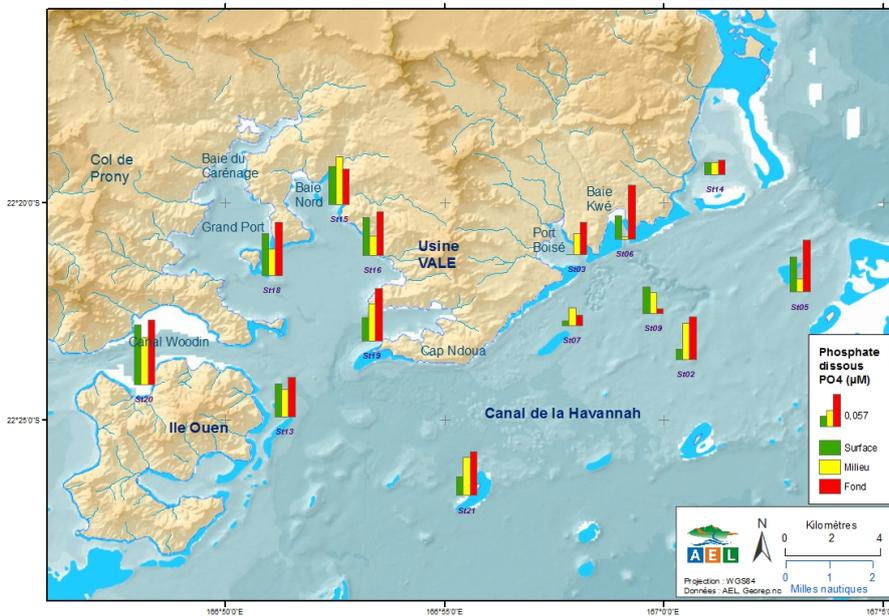
Concentration de nitrates+nitrites (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude.
(carte provisoire)



Concentration d'ammonium (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de phosphates (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



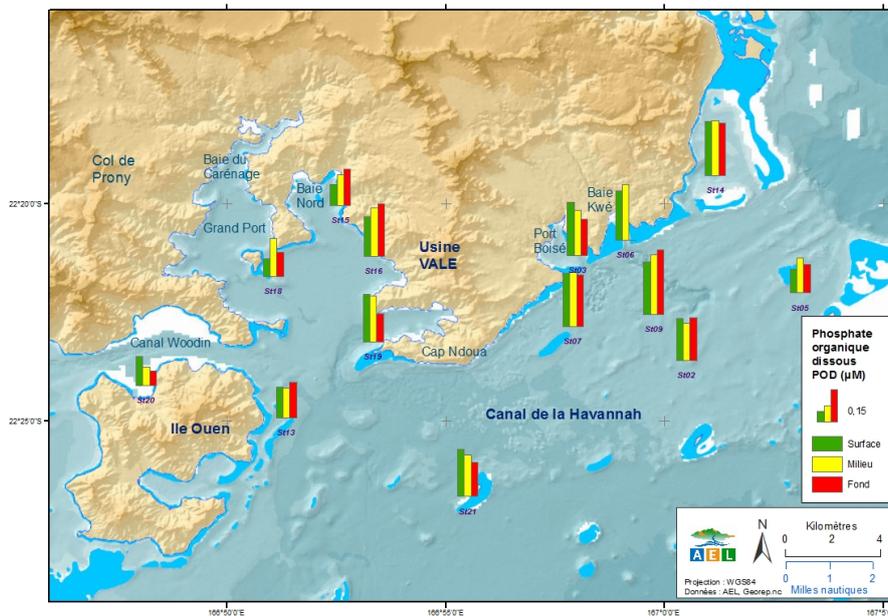
ANNEXE 5

CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUE, PARTICULAIRE ET TOTALE

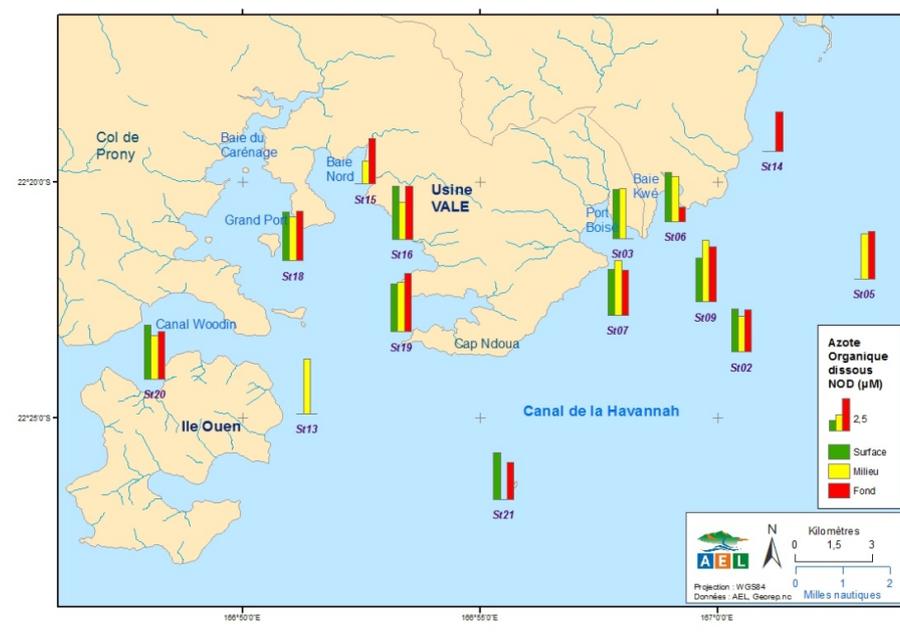
Concentrations de l'azote et du phosphore organiques dissous (NOD et POD), de l'azote et phosphore organiques particuliers (NOP et POP) et de l'azote et phosphore total (NT et PT) des 14 stations de la campagne semestrielle de mars 2012. S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; Nd = valeur non déterminée.

Station	Niveau	NOD (µM)	POD (µM)	NOP (µM)	POP (µM)	NT (µM) (n=3)	PT (µM) (n=3)
St 02	S	3,27	0,19	1,04	0,05	4,40 ± 0,71	0,35 ± 0,05
St 02	M	2,74	0,17	0,99	0,05	3,85 ± 0,09	0,38 ± 0,02
St 02	F	3,25	0,19	1,02	0,05	4,63 ± 0,87	0,42 ± 0,01
St 03	S	3,72	0,24	1,14	0,07	4,94 ± 1,25	0,41 ± 0,05
St 03	M	3,78	0,21	1,32	0,09	5,23 ± 1,32	0,43 ± 0,02
St 03	F	ND	0,16	0,91	0,05	4,74 ± 0,62	0,38 ± 0,02
St 05	S	ND	0,11	0,83	0,04	3,59 ± 0,61	0,31 ± 0,01
St 05	M	3,42	0,16	0,82	0,04	4,30 ± 0,60	0,32 ± 0,08
St 05	F	3,62	0,13	0,85	0,05	4,62 ± 0,84	0,37 ± 0,01
St 06	S	3,74	0,22	0,94	0,06	4,85 ± 0,14	0,42 ± 0,04
St 06	M	3,42	0,25	0,85	0,09	4,37 ± 0,19	0,44 ± 0,04
St 06	F	1,09	ND	ND	ND	4,31 ± 0,74	0,46 ± 0,03
St 07	S	3,48	0,24	0,87	0,09	4,43 ± 1,34	0,44 ± 0,01
St 07	M	4,17	0,25	0,86	0,06	5,07 ± 1,47	0,44 ± 0,02
St 07	F	3,44	0,23	0,99	0,09	4,52 ± 0,95	0,44 ± 0,02
St 09	S	3,35	0,24	0,76	0,06	4,18 ± 0,33	0,45 ± 0,02
St 09	M	4,72	0,27	0,84	0,06	5,62 ± 0,37	0,46 ± 0,02
St 09	F	4,24	0,29	0,75	0,04	5,05 ± 0,15	0,44 ± 0,02
St 13	S	ND	0,14	1,23	0,08	5,17 ± 0,91	0,38 ± 0,05
St 13	M	4,20	0,13	1,28	0,07	5,60 ± 0,70	0,35 ± 0,03
St 13	F	ND	0,16	1,00	0,07	6,06 ± 1,05	0,40 ± 0,07
ST 14	S	ND	0,25	1,24	0,06	6,71 ± 1,25	0,42 ± 0,04
ST 14	M	ND	0,25	1,05	0,05	5,44 ± 1,22	0,42 ± 0,03
ST 14	F	3,02	0,24	1,18	0,06	4,37 ± 0,91	0,41 ± 0,02
St 15	S	ND	0,10	1,28	0,07	4,95 ± 1,08	0,33 ± 0,05
St 15	M	1,74	0,14	1,35	0,07	3,15 ± 1,87	0,39 ± 0,04
St 15	F	3,44	0,17	1,07	0,06	4,59 ± 0,79	0,39 ± 0,07
St 16	S	4,04	0,18	0,87	0,05	4,95 ± 0,31	0,40 ± 0,03
St 16	M	2,84	0,22	1,07	0,06	3,97 ± 0,43	0,42 ± 0,02
St 16	F	4,08	0,24	0,93	0,06	5,32 ± 0,50	0,47 ± 0,01
St 18	S	3,71	0,08	0,92	0,05	4,69 ± 0,64	0,30 ± 0,01
St 18	M	3,34	0,17	1,20	0,07	4,58 ± 0,76	0,39 ± 0,04
St 18	F	3,77	0,11	1,05	0,06	4,99 ± 0,69	0,37 ± 0,06
St 19	S	3,68	0,22	0,99	0,06	4,71 ± 0,46	0,42 ± 0,03
St 19	M	3,80	0,21	0,96	0,06	4,81 ± 0,46	0,43 ± 0,01
St 19	F	4,45	0,13	0,90	0,06	5,59 ± 0,14	0,38 ± 0,02
St 20	S	4,14	0,13	1,18	0,06	5,46 ± 0,10	0,40 ± 0,03
St 20	M	3,32	0,08	1,10	0,08	4,56 ± 0,95	0,35 ± 0,05
St 20	F	3,63	0,07	1,33	0,08	5,09 ± 0,71	0,37 ± 0,01
St 21	S	3,60	0,22	1,23	0,07	4,88 ± 0,56	0,42 ± 0,02
St 21	M	ND	0,19	1,09	0,09	3,55 ± 0,37	0,45 ± 0,02
St 21	F	2,85	0,16	0,87	0,08	3,92 ± 0,95	0,41 ± 0,01

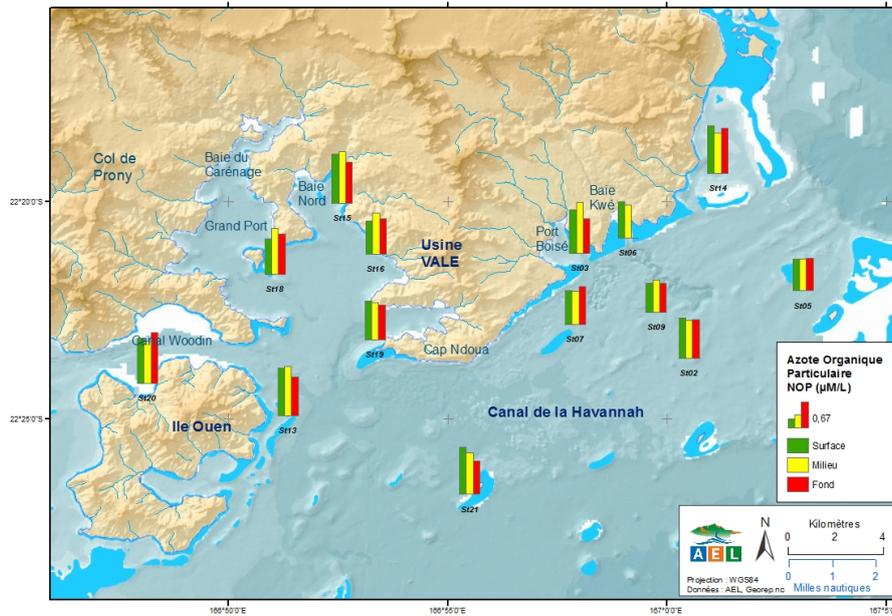
Concentration de phosphore organique dissous (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



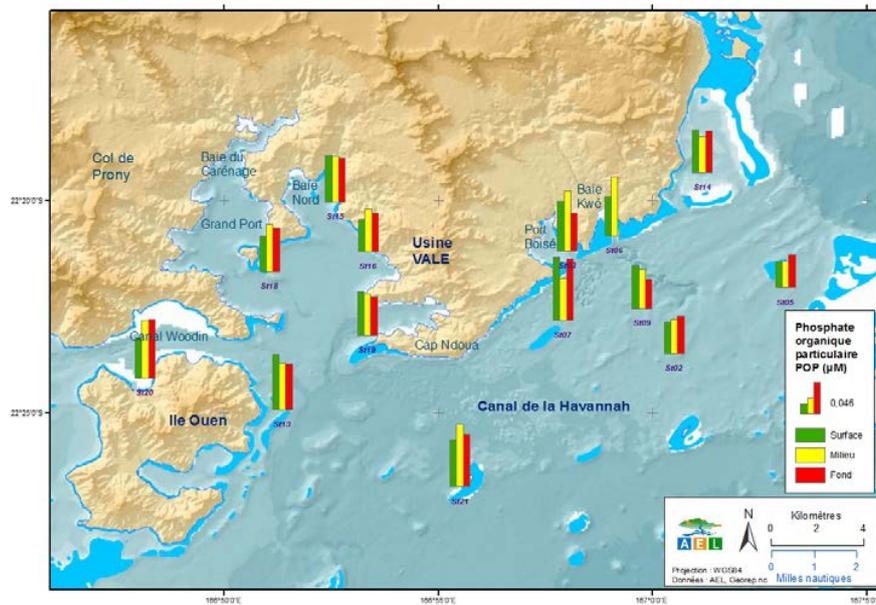
Concentration d'azote organique dissous (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude. (Carte provisoire)



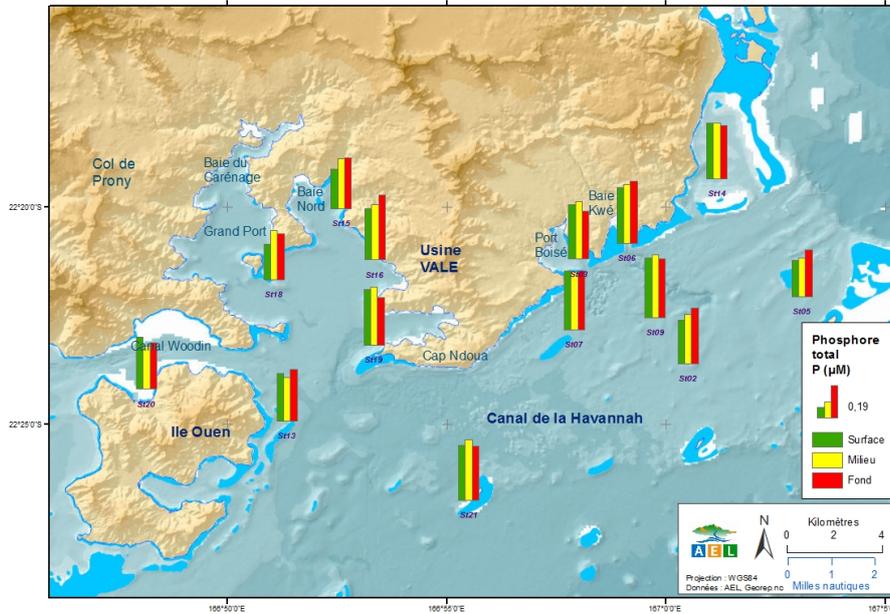
Concentration d'azote organique particulaire (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



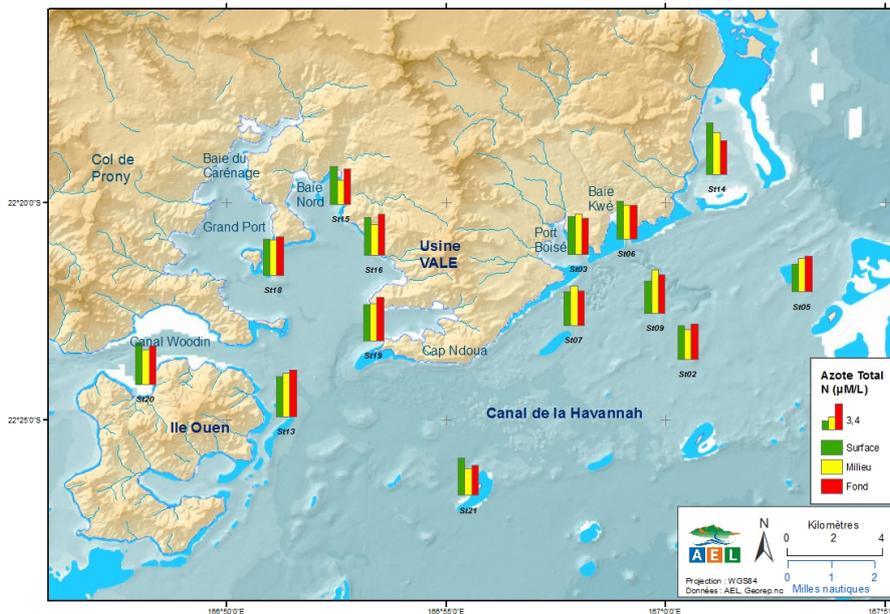
Concentration de phosphore organique particulaire (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de phosphore total (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude.



Concentration d'azote total (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude.



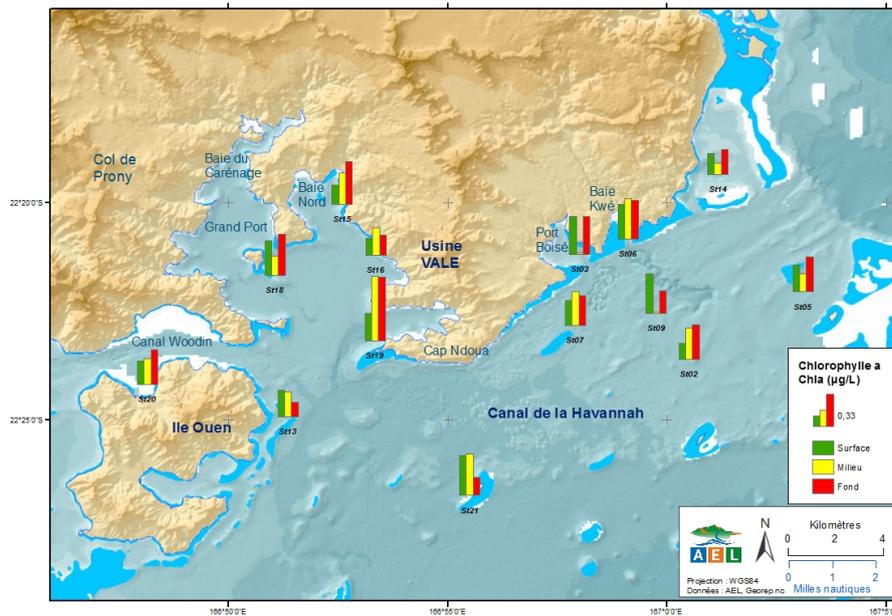
ANNEXE 6

CONCENTRATIONS DE LA CHLOROPHYLLE A ET DES PHEOPIGMENTS

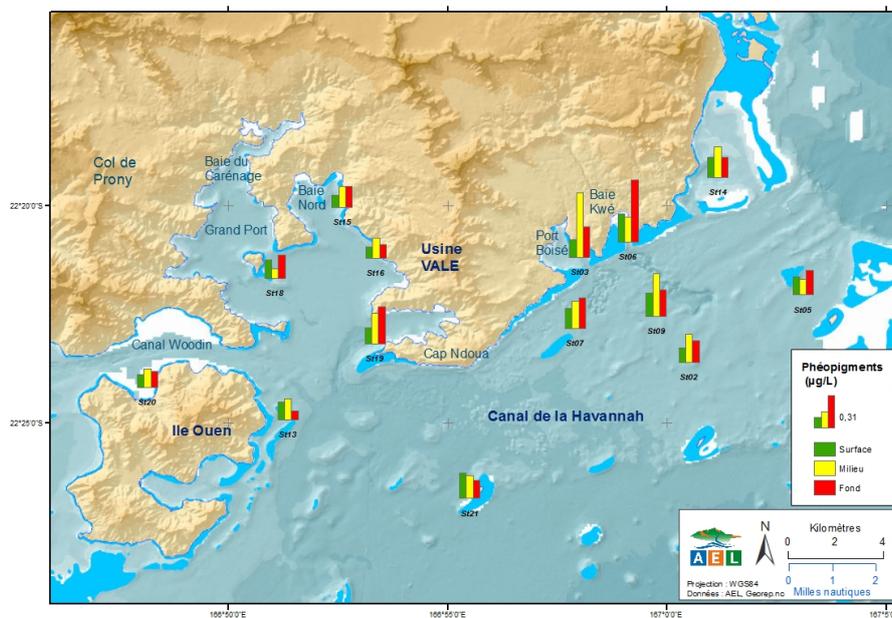
Concentrations des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) et pourcentage de phéopigment aux 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle de mars 2012 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; Nd = valeur non déterminée.

Station	Niveau	Chlorophylle a (µg/L)	Phéopigment (µg/L)	% Phéopigment
ST 02	S	0,16	0,14	45,92
ST 02	M	0,32	0,26	45,04
ST 02	F	0,35	0,20	36,45
ST 03	S	0,39	0,17	30,35
ST 03	M	0,02	0,61	97,49
ST 03	F	0,39	0,29	43,04
ST 05	S	0,27	0,17	38,42
ST 05	M	0,18	0,15	45,16
ST 05	F	0,36	0,23	39,12
ST 06	S	0,35	0,27	43,40
ST 06	M	0,41	0,24	36,92
ST 06	F	0,39	0,59	60,08
ST 07	S	0,25	0,19	42,67
ST 07	M	0,35	0,26	42,88
ST 07	F	0,30	0,29	49,10
ST 09	S	0,40	0,22	34,96
ST 09	M	0,01	0,41	96,57
ST 09	F	0,23	0,25	52,65
ST 13	S	0,27	0,17	38,35
ST 13	M	0,25	0,19	43,26
ST 13	F	0,14	0,09	37,01
ST 14	S	0,22	0,19	46,70
ST 14	M	0,12	0,29	71,17
ST 14	F	0,26	0,19	42,80
ST 15	S	0,20	0,11	35,73
ST 15	M	0,32	0,20	38,22
ST 15	F	0,43	0,20	31,45
ST 16	S	0,17	0,11	38,94
ST 16	M	0,28	0,19	40,55
ST 16	F	0,21	0,13	39,13
ST 18	S	0,35	0,18	33,40
ST 18	M	0,20	0,09	30,30
ST 18	F	0,42	0,22	34,59
ST 19	S	0,27	0,15	35,73
ST 19	M	0,66	0,29	30,56
ST 19	F	0,65	0,35	34,86
ST 20	S	0,24	0,12	33,42
ST 20	M	0,26	0,17	39,62
ST 20	F	0,36	0,16	30,39
ST 21	S	0,41	0,24	37,38
ST 21	M	0,43	0,22	33,91
ST 21	F	0,18	0,17	48,41

Concentration de chlorophylle a (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de pheopigments (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



ANNEXE 7

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

Concentrations en métaux dissous des 14 stations de la zone d'étude : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification ; Nd = valeur non déterminée.

Campagne semestrielle (mars 2012)

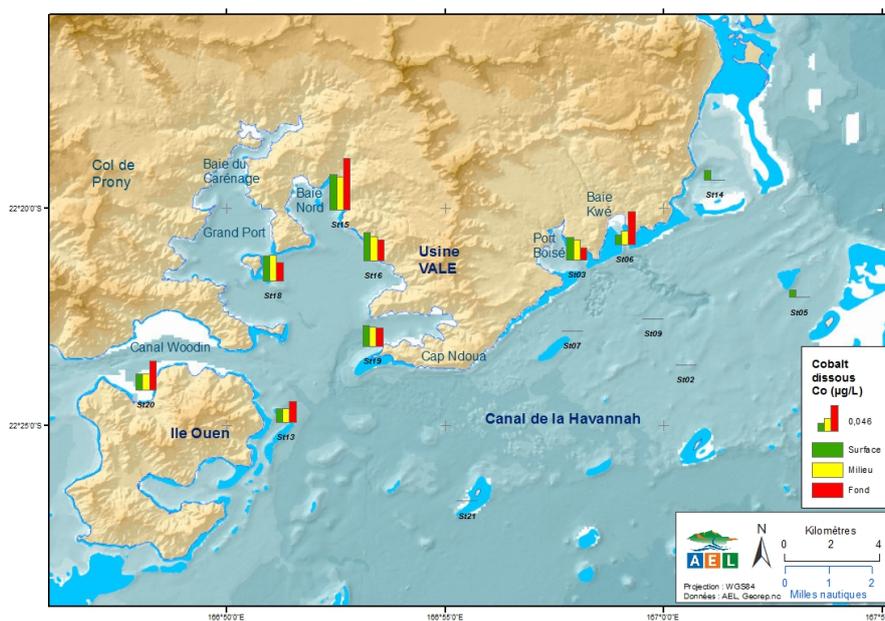
Station	Niveau	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St02	S	<LQ	<LQ	0,10	0,029	0,04	0,05	0,07	<LQ	0,27
St02	M	<LQ	<LQ	0,09	0,017	0,04	0,10	0,10	<LQ	0,49
St02	F	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,03	0,07	0,08	<LQ	0,50
St03	S	<LQ	0,040	0,14	<LQ	0,03	0,05	0,24	<LQ	0,38
St03	M	<LQ	0,036	0,10	<LQ	0,06	0,24	0,22	<LQ	0,22
St03	F	<LQ	0,022	0,10	<LQ	0,08	0,21	0,17	<LQ	0,31
St05	S	<LQ	0,013	0,09	0,254	0,08	0,13	0,11	<LQ	0,36
St05	M	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,02	0,04	0,06	<LQ	0,17
St05	F	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,03	0,05	0,07	<LQ	0,20
St06	S	<LQ	0,017	0,12	0,154	0,04	0,09	0,10	<LQ	0,42
St06	M	<LQ	0,023	0,12	0,128	0,06	0,14	0,14	<LQ	0,21
St06	F	<LQ	0,036	0,12	0,147	0,13	0,50	0,24	<LQ	0,41
St07	S	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,01	0,03	0,05	<LQ	0,16
St07	M	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,04	0,11	0,10	<LQ	0,15
St07	F	<LQ	<LQ	0,09	0,017	0,05	0,12	0,10	<LQ	0,34
St09	S	<LQ	<LQ	0,09	0,213	0,09	0,13	0,12	<LQ	0,66
St09	M	<LQ	<LQ	0,09	0,219	0,20	0,15	0,13	<LQ	0,25
St09	F	<LQ	<LQ	0,09	0,218	0,08	0,14	0,13	<LQ	0,39
St13	S	<LQ	0,024	0,10	0,098	0,11	0,26	0,21	<LQ	0,27
St13	M	<LQ	0,024	0,09	0,150	0,07	0,23	0,19	<LQ	0,37
St13	F	<LQ	0,037	0,11	0,184	0,05	0,30	0,23	<LQ	0,58
St14	S	<LQ	0,016	0,12	0,017	0,07	0,12	0,16	<LQ	1,64
St14	M	<LQ	<LQ	0,10	0,159	0,06	0,12	0,12	<LQ	0,39
St14	F	<LQ	<LQ	0,26	0,146	0,10	0,15	0,13	<LQ	0,56
St15	S	<LQ	0,064	0,15	0,483	0,10	0,58	0,26	<LQ	0,60
St15	M	<LQ	0,059	0,16	0,176	0,05	0,66	0,26	<LQ	1,14
St15	F	<LQ	0,092	0,15	<LQ	0,01	1,13	0,37	<LQ	0,16
St16	S	<LQ	0,050	0,15	<LQ	0,05	0,42	0,28	<LQ	0,04
St16	M	<LQ	0,043	0,16	0,125	0,06	0,30	0,22	<LQ	0,23
St16	F	<LQ	0,038	0,22	0,225	0,04	0,32	0,28	<LQ	0,61
St18	S	<LQ	0,044	0,11	0,110	0,03	0,21	0,24	<LQ	0,17
St18	M	<LQ	0,045	0,11	0,152	0,06	0,39	0,28	<LQ	0,24
St18	F	<LQ	0,033	0,12	0,133	0,04	0,29	0,24	<LQ	0,30
St19	S	<LQ	0,037	0,15	0,190	0,08	0,27	0,23	<LQ	0,68
St19	M	<LQ	0,035	0,15	0,020	0,09	0,38	0,25	<LQ	0,34
St19	F	<LQ	0,032	0,14	<LQ	0,14	0,32	0,22	<LQ	0,16
St20	S	<LQ	0,029	0,14	0,630	0,23	0,26	0,23	<LQ	0,50
St20	M	<LQ	0,029	0,13	0,207	0,06	0,27	0,21	<LQ	0,24
St20	F	<LQ	0,052	0,14	0,176	0,06	0,42	0,30	<LQ	0,15
St21	S	<LQ	<LQ	0,11	0,043	0,08	0,13	0,12	<LQ	1,03
St21	M	<LQ	<LQ	0,12	<LQ	<LQ	0,04	0,06	<LQ	<LQ
St21	F	<LQ	<LQ	0,11	<LQ	0,04	0,05	0,07	<LQ	0,30

Concentrations en métaux dissous aux stations St15 et St16; S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification ; Nd = valeur non déterminée.

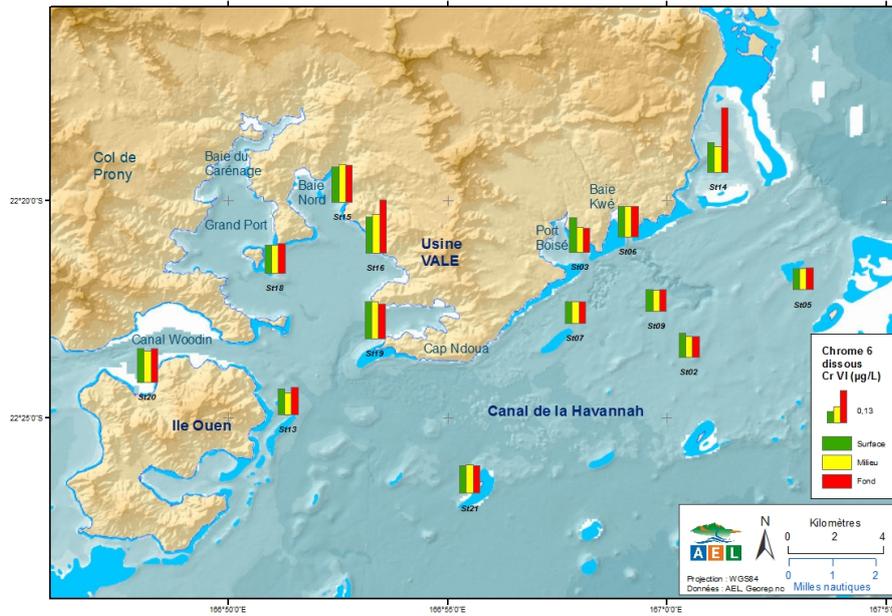
Campagne trimestrielle (mai 2012)

Campagne	Station	Niveau	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
mars-12	St15	S	0,064	0,15	0,483	0,58	0,26	0,6
		M	0,059	0,16	0,176	0,66	0,26	1,14
		F	0,092	0,15	<LQ	1,13	0,37	0,16
mars-12	St16	S	0,05	0,15	<LQ	0,42	0,28	0,04
		M	0,043	0,16	0,125	0,3	0,22	0,23
		F	0,038	0,22	0,225	0,32	0,28	0,61
mai-12	St15	S	0,100 ± 0,003	0,78	0,031 ± 0,009	0,57 ± 0,06	0,82 ± 0,04	1,40 ± 0,39
		M	0,039	0,30	0,023	0,21	0,37	1,12
		F	0,032	0,55	0,028	0,29	0,38	1,44
mai-12	St16	S	0,065	0,68	0,023	0,29	0,57	1,03
		M	0,040	0,35	0,033	0,28	0,38	1,25
		F	0,039	0,32	0,023	0,33	0,35	1,11

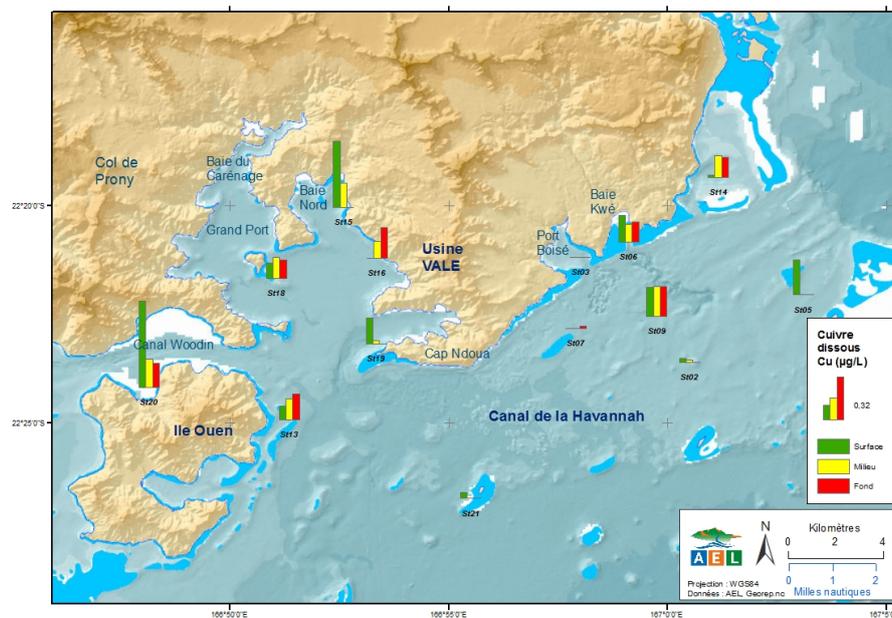
Concentration de cobalt (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



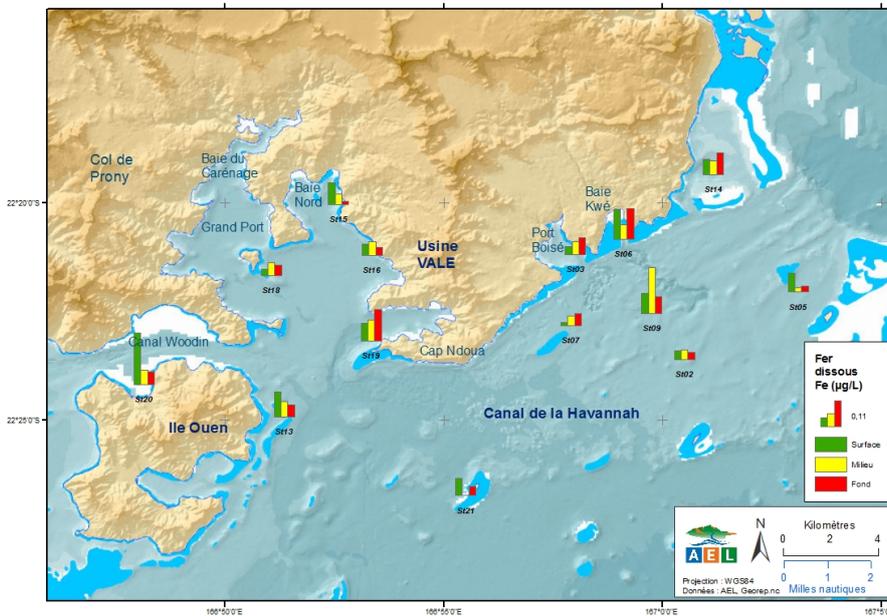
Concentration de chrome(VI) (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



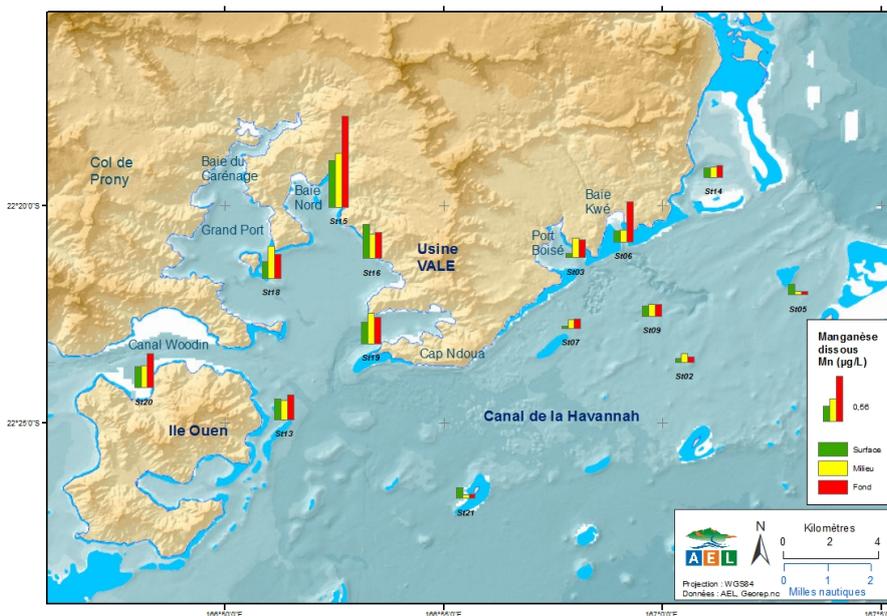
Concentration de cuivre (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



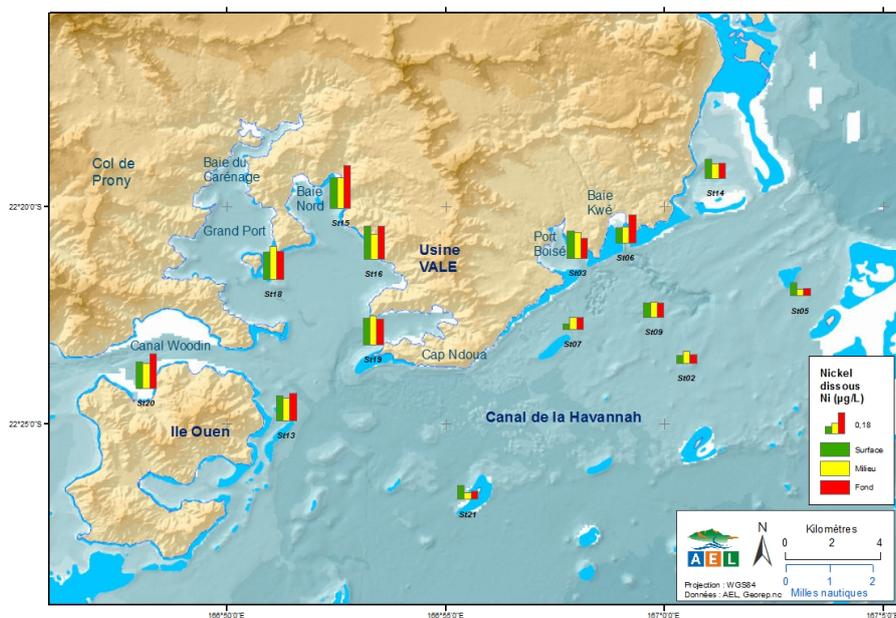
Concentration de fer (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de manganèse (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de nickel (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



Concentration de zinc (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude

