



SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012

QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET CONCENTRATIONS EN METAUX DISSOUS DES EAUX

(2^{ème} semestre 2011)



AEL - LEA

17 janvier 2012

Photos de couverture AEL : Ilôt Casy et sonde CTD

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL - LEA

Convention n° C2445

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

2ième semestre 2011

Le Grand H.
Moreton B.
Dolbecq M.
Haddad L.
Roupsard F.
Douchin C.
Dubuc A.
Creuzil J.
Fernandez JM.

Nombre de pages : 85

	N/Ref	V/Ref	
Identification	100216-VI-04	C2445	
Titre complet	SUIVI ENVIRONNEMENTAL COLONNE D'EAU 2010-2012		
Auteurs	Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Haddad L, Roupsard F, Douchin C, Dubuc A, Creuzil J, Fernandez JM		
Résumé	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 sèche » d'août 2011 ainsi qu'une synthèse des résultats obtenus aux campagnes « saison sèche » précédentes (2008, 2009 et 2010). Les fluctuations des paramètres physico-chimiques et des concentrations des métaux dissous observées lors de la campagne d'août 2011 sont générées par le lessivage des sols. Ainsi les concentrations des silicates et des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cr total, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large bien définis et proviennent des apports terrigènes des rivières se déversant dans la Baie du Prony, la Baie Kwé et Port Boisé. Les éléments tels que la matière organique dissoute et particulaire ou la concentration des éléments majeurs ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude. L'influence des apports d'eaux douces est également remarquée entre les différentes campagnes. Les concentrations des métaux dissous tels que le Co, Mn et Ni sont plus élevées en 2011 à la station St15 (Prony Creek Baie Nord) et à la station St06 (Récif de la Baie Kwé) que lors des précédentes campagnes. En effet, les précipitations ayant eu lieu avant la campagne 2011 sont également plus élevées que celles mesurées avant les précédentes campagnes.		
APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		05/01/2012
Vérificateur 1	Benjamin Moreton		06/01/2012
Vérificateur 2	Jérémie Creuzil		06/01/2012
Approbateur(s)	Benjamin Moreton		11/01/2012
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE	
V1	Rapport final (2 ^{ème} semestre 2011)	06/01/2012	
COPIE - DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement		

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	7
II.	OBJECTIFS	7
III.	METHODOLOGIE	8
III.A.	SITE D'ETUDE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES	8
III.B.	ECHANTILLONNAGE	11
III.C.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSE	11
IV.	RESULTATS	12
IV.A.	STRUCTURES DES MASSES D'EAU	12
IV.A.1.	Température	13
IV.A.2.	Salinité	14
IV.A.3.	Turbidité	16
IV.A.4.	Fluorescence	17
IV.B.	ELEMENTS MAJEURS ET PH	19
IV.C.	MATIERE EN SUSPENSION (MES)	19
IV.D.	SELS NUTRITIFS	21
IV.D.1.	Ammonium	21
IV.D.2.	Nitrates et nitrites	21
IV.D.3.	Phosphates	22
IV.D.4.	Silicates	22
IV.E.	CARBONE, AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUES	23
IV.E.1.	Azote et phosphore organiques dissous	23
IV.E.2.	Azote, phosphore et carbone organiques particuliers	24
IV.F.	CHLOROPHYLLE A ET PHEOPIGMENTS	24
IV.G.	METAUX DISSOUS	25
V.	SYNTHESE DES RESULTATS DES CAMPAGNES « SAISON SECHE »	27
V.A.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS	28
V.A.1.	Distribution globale dans le domaine	28
V.A.1.	Distribution verticale aux stations St15, St06 et St09	29
V.B.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE ET DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS	32
V.C.	COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS	34
V.C.1.	Distribution globale dans le domaine	34
V.C.2.	Distribution verticale aux stations st15, St06 et St09	37
VI.	CONCLUSION	40
	REFERENCES	41
	LISTE DES FIGURES	43
	LISTE DES TABLEAUX	44
	LISTE DES ANNEXES	45

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 août 2008.

Ce document présente les résultats de la campagne de prélèvements du **2^{ième} semestre 2011** relative au suivi environnemental des impacts dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

II. OBJECTIFS

Ce programme de surveillance 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.

Le suivi a consisté en une campagne complète de prélèvements d'eau (Baie du Prony et Canal de la Havannah) afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les concentrations en sels nutritifs et matière organique dissoute et particulaire.

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

III. METHODOLOGIE

A. SITE D'ETUDE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les opérations de terrain ont été réalisées sur les stations prédéfinies au cours de la campagne semestrielle d'août 2011 (saison sèche) (Figure 1 ; Tableau 1). Cette campagne s'est déroulée du 9 au 11 août 2011 à bord du Slavko (*Casy Express*).

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

STATION AU REFERENTIEL WGS-84				
Localisation	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

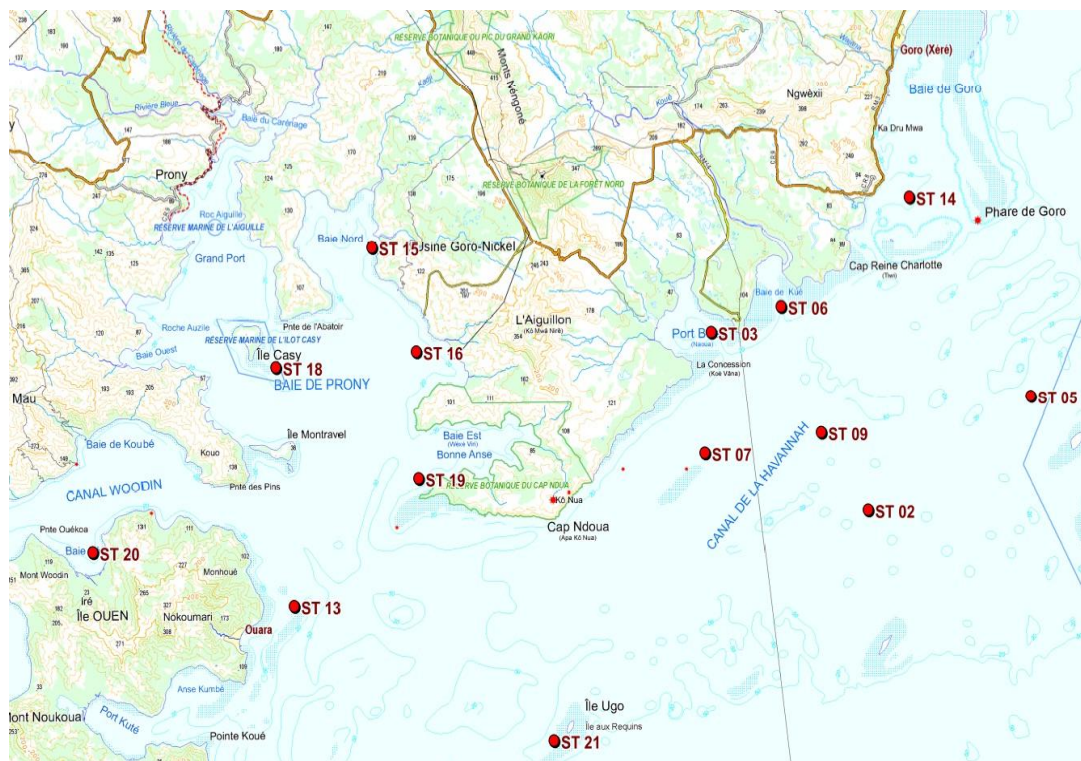


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement de la campagne semestrielle « colonne d'eau ».

Les conditions météorologiques et hydrodynamiques ont une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de resituer chaque prélèvement dans ce contexte, les principales données météorologiques ont été relevées (Prony pilot station) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur un marégramme (Figure 3).

Conditions météorologiques précédant la campagne :

- Pluie : 18,8 mm de pluie ont été relevés durant les 6 jours précédant la campagne.

Conditions météorologiques pendant la campagne :

- 09/08/2011 : Vent S/SE <5 nœuds, beau temps ;
- 10/08/2011 (matin) : Vent S <5 nœuds, beau temps ;
- 10/08/2011 (après-midi) : Vent E/SE 5 nœuds ;
- 11/08/2011 : Vent SE <5 nœuds, beau temps ;
- Pluie : 0,4 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne.

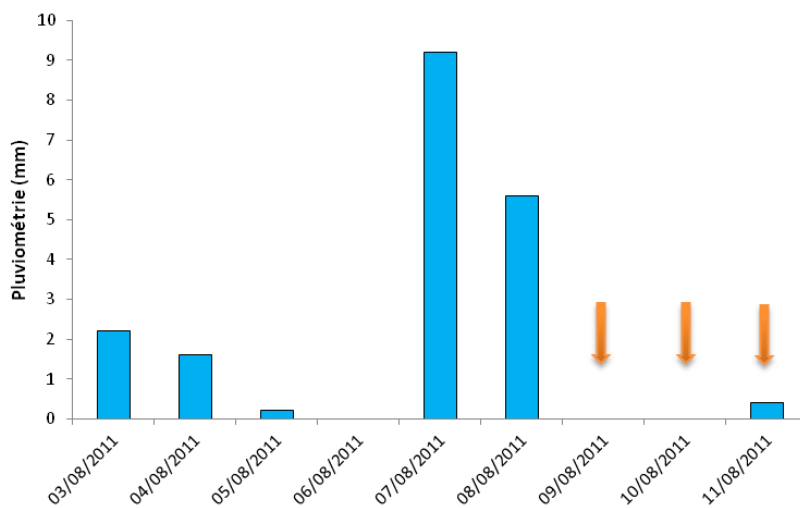


Figure 2 : Pluviométrie journalière du 3 au 11 août 2011 dans la zone d'étude (Prony pilot plant ; Station B). Les journées de prélèvement sont indiquées par les flèches orange.

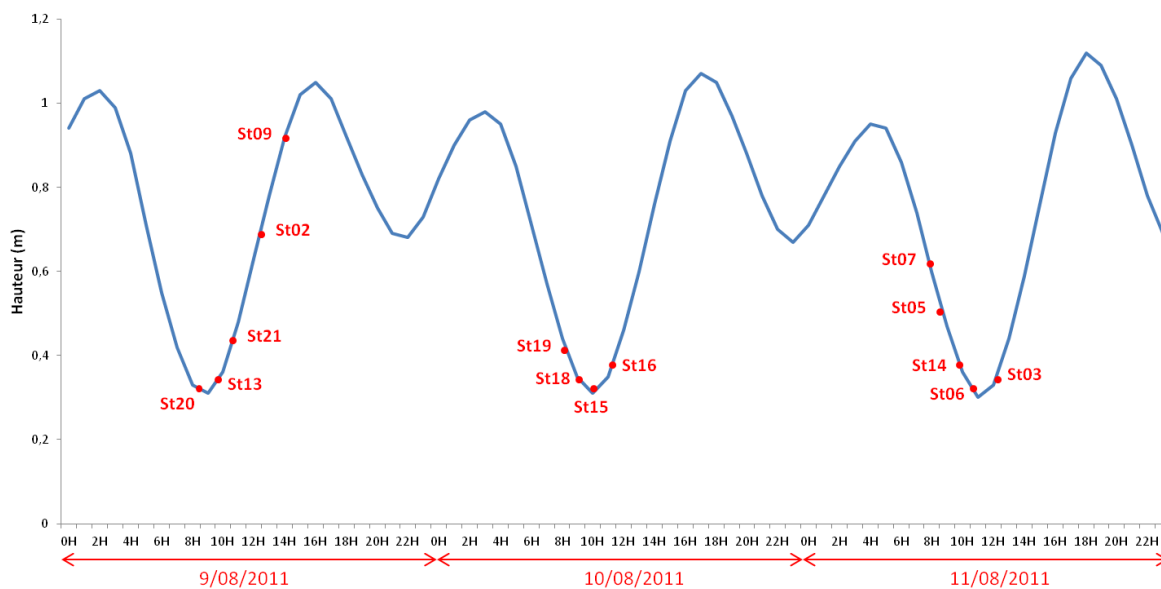


Figure 3 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle d'août 2011.

B. ECHANTILLONNAGE

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués par bouteille « Niskin » pour le dosage des sels nutritifs et ions majeurs et 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 des campagnes de prélèvement, 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 MES, 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, carbone, azote et phosphore organiques particuliers) 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 (Voltammétrie) pour les dosages de l'As et du couple Cr/Cr(VI).

C. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSE

Les méthodes sont décrites en Annexe 1.

IV. RESULTATS

A. STRUCTURES DES MASSES D'EAU

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

Les valeurs des variables température, salinité, turbidité et fluorescence obtenues lors de la campagne semestrielle d'août 2011 sont répertoriées dans l'Annexe 3, le Tableau 2 et les Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7.

La température moyenne des eaux du Canal de la Havannah ($22,12 \pm 0,08$ °C) est légèrement plus élevée que celle de la Baie du Prony ($21,64 \pm 0,06$ °C). La fluorescence moyenne des eaux du Canal de la Havannah ($0,46 \pm 0,09$ mg.m⁻³) est également deux fois plus élevée que celle des eaux de la Baie ($0,28 \pm 0,08$ mg.m⁻³). A l'inverse la turbidité moyenne de la Baie du Prony ($0,75 \pm 0,60$ NTU) est 3 fois plus élevée que celle mesurée dans le Canal de la Havannah ($0,24 \pm 0,06$ NTU). La salinité moyenne mesurée dans les 2 zones d'étude est quasiment similaire.

Tableau 2 : Synthèse des valeurs de température, salinité, turbidité et fluorescence dans la zone d'étude, le Canal de la Havannah et la Baie du Prony lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

		Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg.m ⁻³)
Domaine entier	Min	21,36	34,61	0,15	0,01
	Max	22,41	35,66	5,39	0,81
	Moyenne	$21,89 \pm 0,27$	$35,48 \pm 0,06$	$0,48 \pm 0,37$	$0,39 \pm 0,11$
Canal de la Havannah	Min	21,88	35,39	0,15	0,06
	Max	22,18	35,560	0,56	0,80
	Moyenne	$22,12 \pm 0,08$	$35,48 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,06$	$0,46 \pm 0,09$
Baie du Prony	Min	21,47	35,43	0,27	0,01
	Max	22,27	35,59	5,39	0,81
	Moyenne	$21,64 \pm 0,06$	$35,51 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,60$	$0,28 \pm 0,08$

1. TEMPERATURE

Les valeurs des températures des stations St13 ($21,70 \pm 0,03$ °C), St20 ($21,41 \pm 0,03$ °C) et de certaines stations du Canal de la Havannah telles que les stations St05 ($22,19 \pm 0,01$ °C), St07 ($22,16 \pm 0,01$ °C) et St14 ($22,19 \pm 0,03$ °C) ne varient pas ou très peu avec la profondeur alors que les profils des stations St02 et St21, également localisées dans le Canal de la Havannah, présente une légère thermocline dans les premiers mètres de profondeur ; les températures diminuant de 0,3°C dans les 5 premiers mètres. Alors que le profil de température de la station St02 reste stable dans le reste de la colonne d'eau, le profil de la station St21 présente une rapide baisse de température de 0,10 °C à 25 mètres. Le profil de la station St09 met en évidence une diminution de température progressive ponctuée par 2 rapides baisses de température ($\sim 0,1$ °C) à 30 mètres puis 40 mètres ($\sim 0,1-0,15$ °C).

Une thermocline est également distinguée aux stations St15 et St16 avec des températures passant de 22,28 et 22,00°C, respectivement, à 21,70°C dans les 5 premiers mètres. La température diminue légèrement avec la profondeur dans le reste de la colonne d'eau (21,70 à 21,50°C). Les profils observés aux 2 autres stations de la Baie du Prony (St18 et St19) montrent une légère baisse de température de la surface au fond (de 21,7 à 21,6 °C).

Les profils des stations St03 (Port Boisé) et St06 (Baie Kwé) présente une rapide hausse des températures en surface avec des maximas atteignant 22,17 et 22,41 °C, respectivement. Les températures sont globalement stables dans le reste de la colonne d'eau.

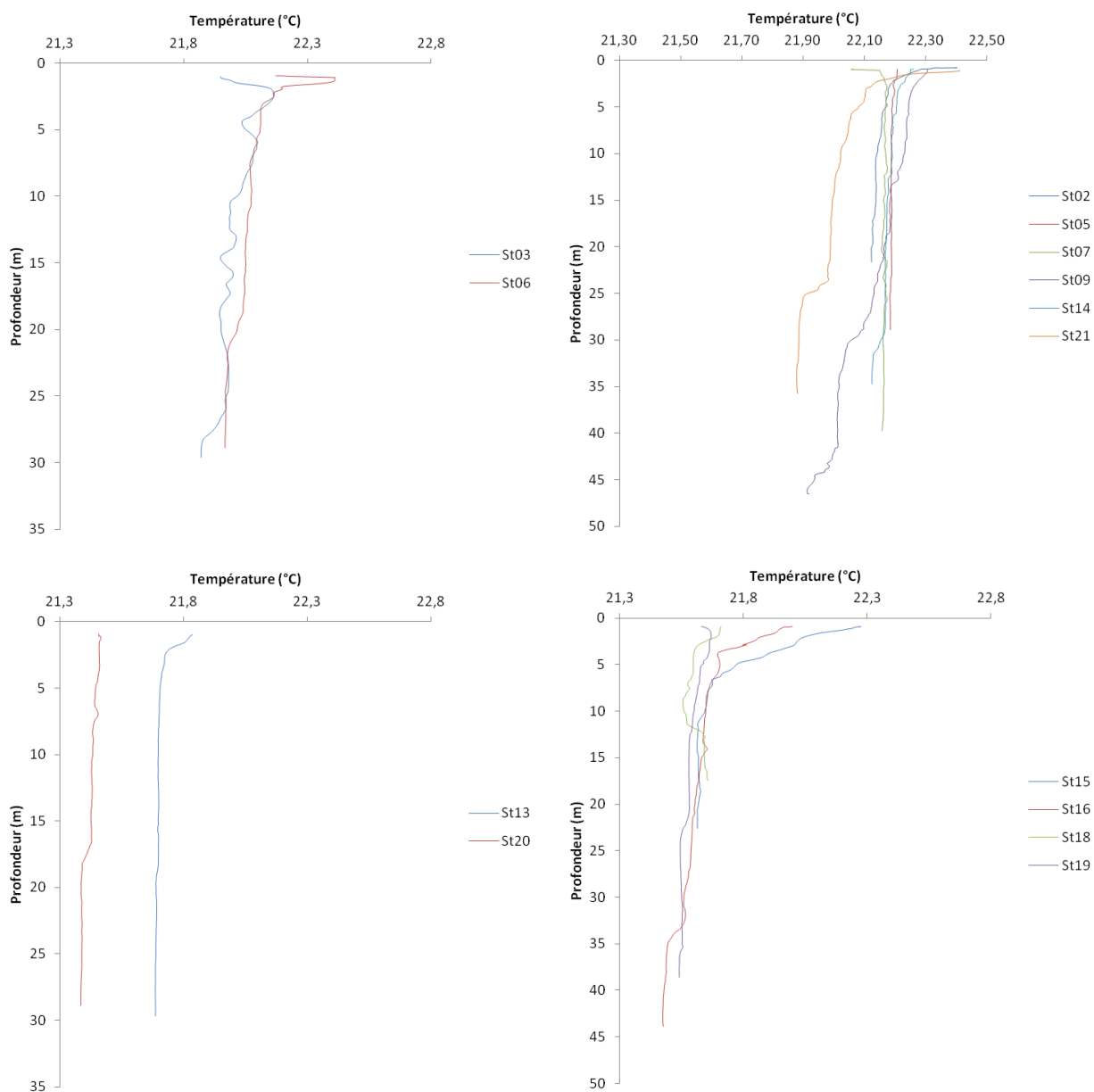


Figure 4 : Profils de température des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

2. SALINITE

A l'exception des profils des stations St03 (Port Boisé) et St06 (Baie Kwé), les profils de salinité des autres stations échantillonnées sont relativement identiques avec des valeurs de salinité homogènes au sein de la colonne d'eau. Celles-ci se situent entre 35,4 et 35,6 ‰. Les valeurs de salinité des stations St03 et St06 sont plus faibles dans les cinq premiers mètres que dans le reste de la colonne d'eau avec des valeurs augmentant de 0,3 et 0,9 ‰, respectivement.

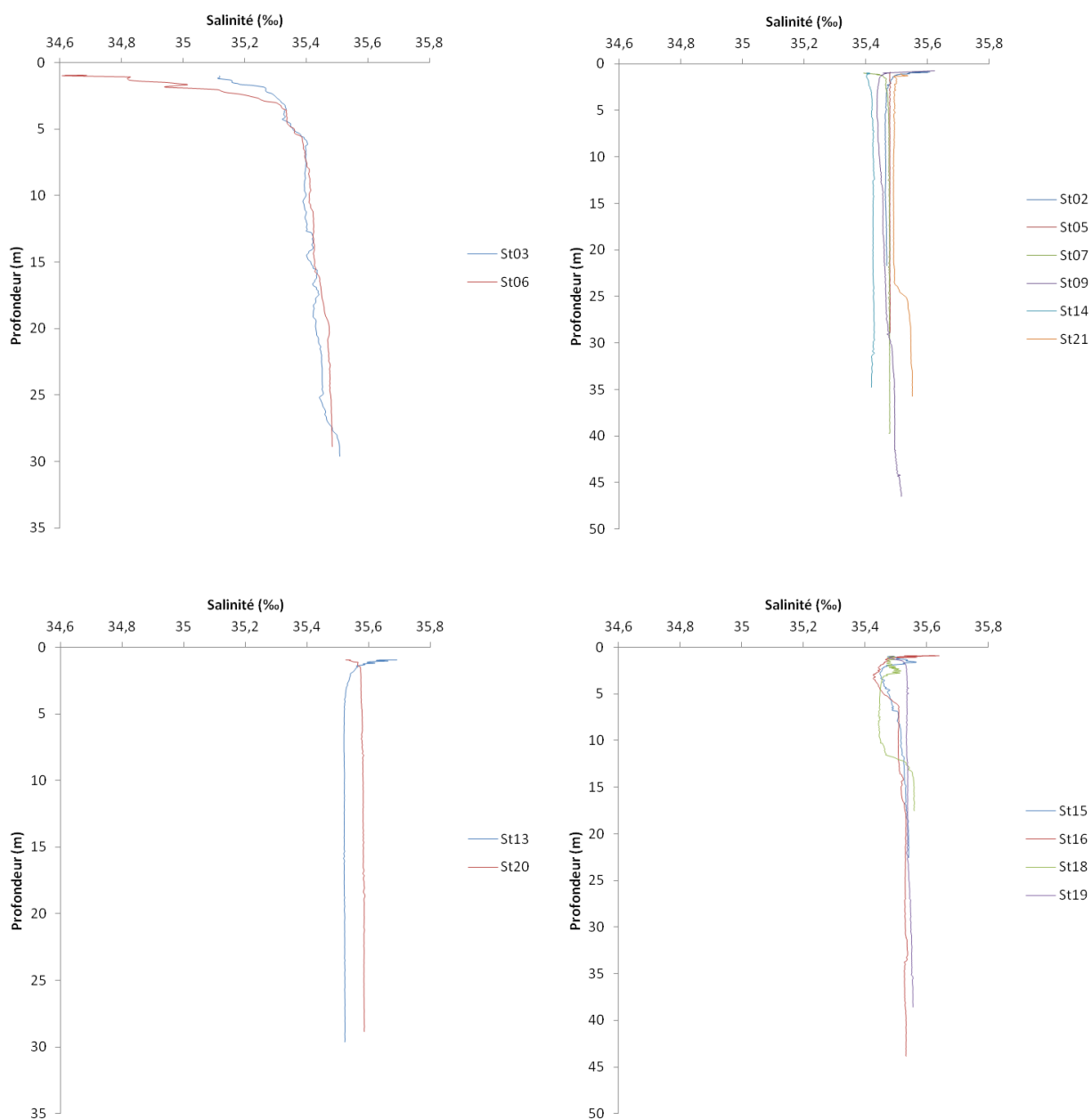


Figure 5 : Profils de salinité des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

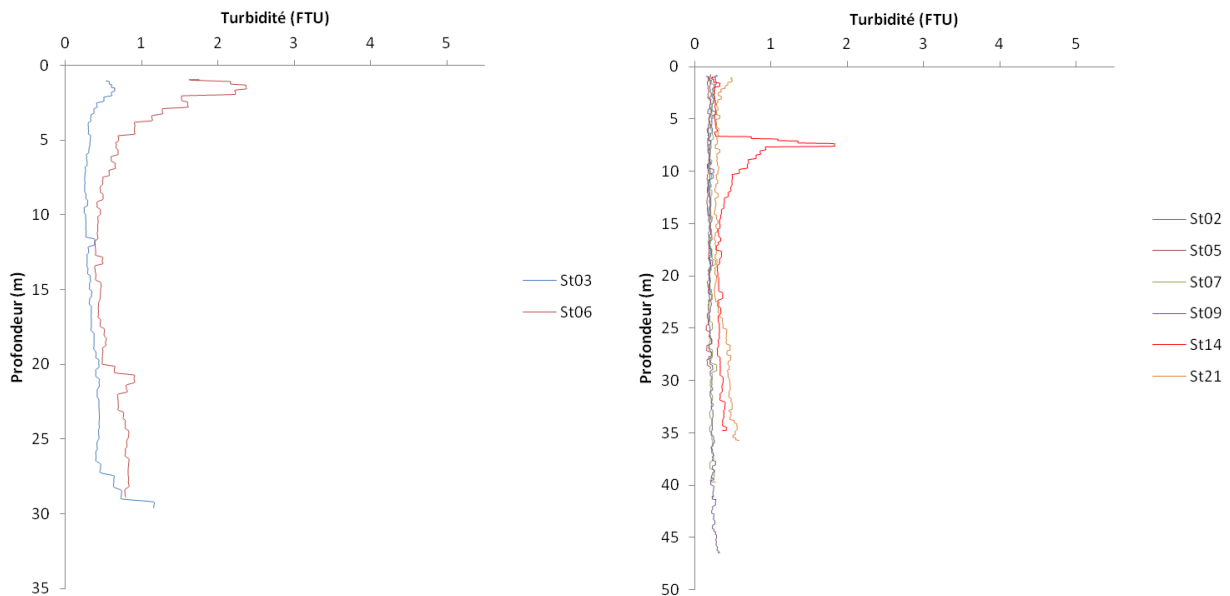
3. TURBIDITE

La majorité des stations présente un profil de turbidité homogène au sein de la colonne d'eau avec des valeurs moyennes de $0,24 \pm 0,06$ NTU pour les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21), $0,36 \pm 0,09$ et $0,46 \pm 0,09$ NTU aux stations St20 et St13, respectivement. Le profil de la station St14 se singularise par une brusque augmentation de turbidité entre 7 et 15 mètres avec une valeur maximale atteignant 1,84 NTU.

La station St06 se distingue par des valeurs de turbidité plus élevées en surface avec un maxima atteignant 2,37 NTU. Ces valeurs diminuent puis deviennent relativement constantes après 5 m de fond variant entre 0,38 et 0,90 NTU. A l'inverse, le profil de la station St03 montre une légère hausse de turbidité en profondeur.

Dans le Baie du Prony, la turbidité est relativement constante au niveau des stations St18 et St19 avec des valeurs oscillant entre 0,34 et 0,66 NTU et 0,34 et 0,83 NTU, respectivement. A l'inverse le profil de turbidité de la station St15 se distingue par 3 masses d'eau différentes :

- une masse d'eau de surface dont la turbidité baisse fortement dans les 10 premiers mètres (de 5,39 à 0,6 NTU) ;
- une masse d'eau de demi-profondeur avec une turbidité relativement constante entre 8 et 18 mètres ($\sim 0,6$ NTU) et ;
- une masse d'eau de profondeur dont la turbidité augmente jusqu'à 1,56 NTU. Cette dernière couche correspond à un néphéloïde benthique que l'on observe également au niveau du profil de la station St16.



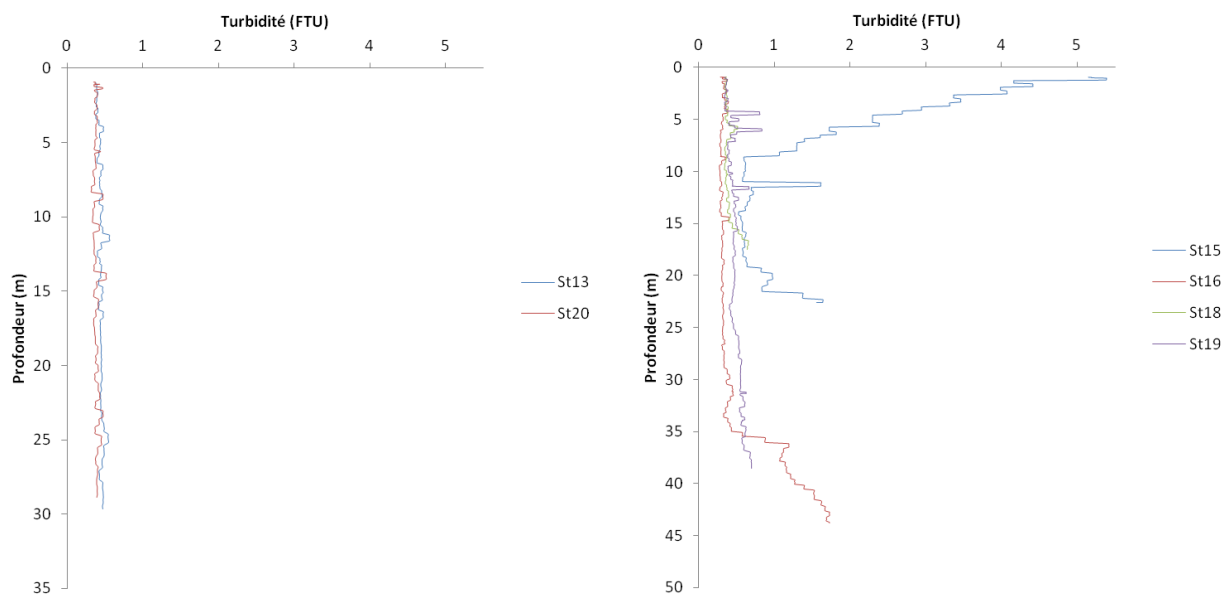


Figure 6 : Profils de turbidité des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

4. FLUORESCENCE

Les valeurs de fluorescence augmentent avec la profondeur au niveau de presque toutes les stations échantillonnées à l'exception des stations St07 ($0,41 \pm 0,03 \text{ mg.m}^{-3}$) et St14 ($0,40 \pm 0,04 \text{ mg.m}^{-3}$) où ce paramètre reste relativement stable dans toute la colonne d'eau. Les valeurs de fluorescence mesurées aux stations St05, St13 et St20 augmentent progressivement avec la profondeur, passant de $\sim 0,20$ à $0,40 \text{ mg.m}^{-3}$. Les valeurs de fluorescence de la station St02 augmentent plus rapidement avec la profondeur, passant de $0,24$ à $0,63 \text{ mg.m}^{-3}$. Les stations St03, St06 et St09 présentent les mêmes profils avec un pic de fluorescence de $0,79$, $0,81$ et $0,80 \text{ mg.m}^{-3}$, respectivement, entre 20 et 25 mètres. Le profil de la station St09 présente des valeurs maximales en profondeur entre 30 et 45 mètres ($0,75$ - $0,80 \text{ mg.m}^{-3}$).

Les profils de fluorescence des stations St15, St16 et St18 montrent la même évolution. La fluorescence est constante dans les 5 à 10 premiers mètres ($\sim 0,10 \text{ mg.m}^{-3}$) puis augmente avec la profondeur jusqu'à $0,81$, $0,62$ et $0,64 \text{ mg.m}^{-3}$, respectivement. La fluorescence évolue différemment au niveau de la station St19 ; elle augmente progressivement jusqu'à 25 mètres ($\sim 0,20$ à $0,40 \text{ mg.m}^{-3}$), puis rapidement à 25 mètres où elle passe de $\sim 0,40$ à $0,60 \text{ mg.m}^{-3}$ puis stagne à $\sim 0,60 \text{ mg.m}^{-3}$ jusqu'au fond.

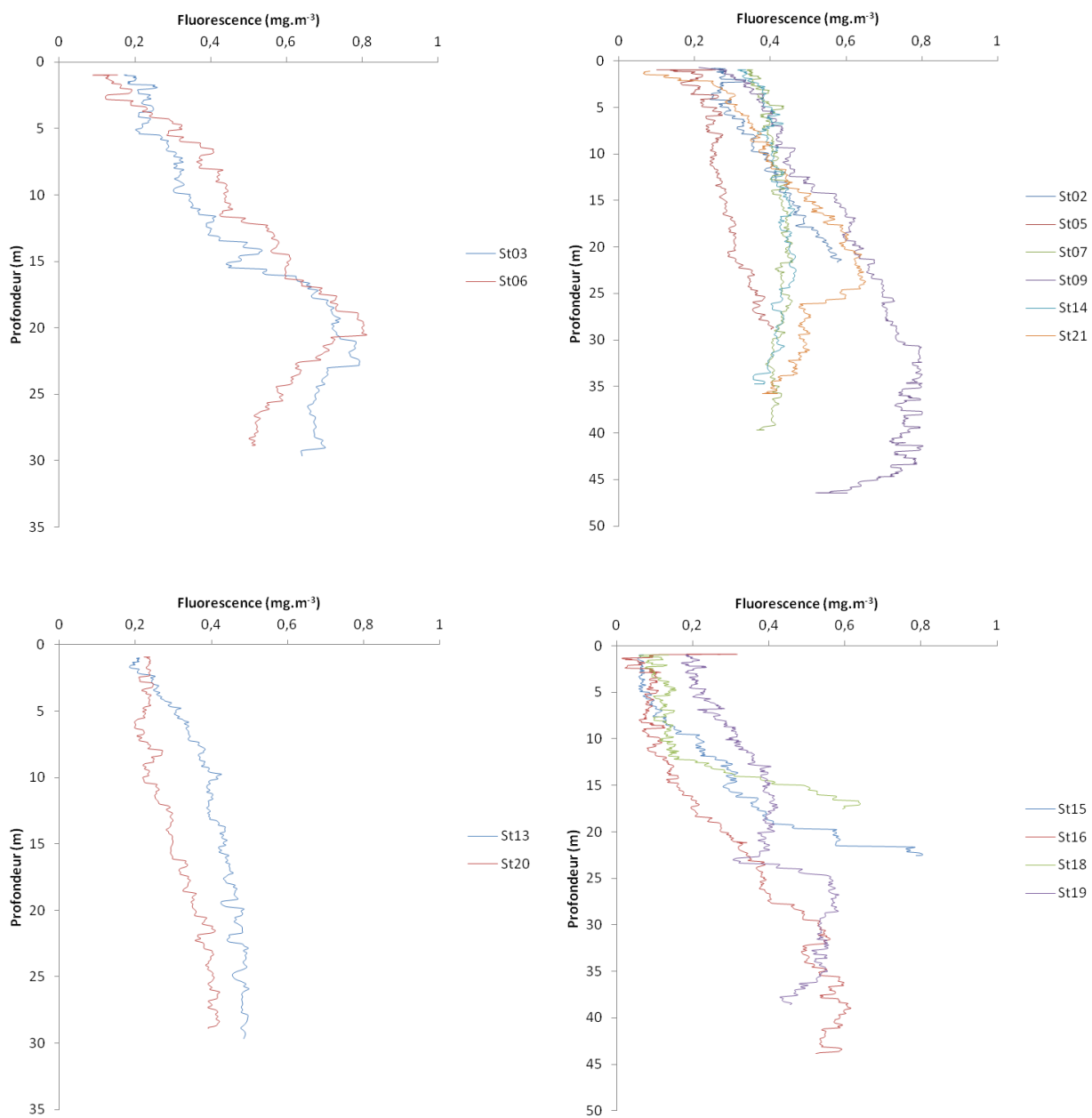


Figure 7 : Profils de fluorescence des stations échantillonnées lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

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, St18 St19), de la Kwé (St06) et de Port Boisé (St03). Les apports d'eaux douces sont distingués par des températures plus élevées (ex : St03, St06, St15 et St16) ainsi que des salinités plus faibles en surface (ex : St03 et St06). Ces apports sont également nettement mis en évidence par la formation de couches de forte turbidité en surface comme observé à la station St15 ou en profondeur (néphéloïdes benthiques des stations St15 et St16). Les profils des variables physico-chimiques permettent aussi de distinguer les stations influencées par les eaux océaniques. Celles-ci sont soumises à l'important mélange vertical lié à la turbulence des courant du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09) et très faiblement influencées par les apports en eaux douces de la Baie du Prony (St13, St20 et St21), de la Kwé et Port Boisé (St14). Ces stations sont généralement remarquables par les valeurs des variables physico-chimiques relativement constantes au sein de la colonne d'eau qui les caractérisent.

B. ELEMENTS MAJEURS ET PH

Les résultats des mesures de pH et d'analyse des éléments majeurs sont regroupés en Annexe 2.

Les résultats d'analyse des éléments majeurs et du pH sont conformes aux valeurs attendues et similaires avec ceux obtenus lors des campagnes de suivis précédentes (Convention IRD/Vale-Inco N°C2284/E13517 ; Convention AEL/LEA/Vale-NC N°C2445). Aucune variation significative n'est observée.

C. MATIERE EN SUSPENSION (MES)

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

Les résultats de la détermination des MES sont réunis en Annexe 3.

Les concentrations de MES mesurées aux stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09, St21 : $0,25 \pm 0,07 \text{ mg.L}^{-1}$) et à la station du Port de Goro (St14 : $0,23 \pm 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$) sont légèrement plus faibles que celles mesurées au niveau des autres stations. Ces concentrations ne varient que très faiblement entre les différents niveaux échantillonnés (S, M et F). Les concentrations de MES mesurées aux stations de la Baie de Prony (St15, St16, St18 et St19 : $0,47 \pm 0,27 \text{ mg.L}^{-1}$), de Port Boisé (St03 : $0,47 \pm 0,11 \text{ mg.L}^{-1}$) et de la Baie Kwé (St06 : $0,41 \pm 0,11 \text{ mg.L}^{-1}$) sont presque deux fois plus élevées que celles mesurées aux stations du Canal de Havannah et du Port de Goro ; La concentration de MES est particulièrement élevée à la station St19 en mi-profondeur où celle-ci atteint

une valeur de $1,23 \text{ mg.L}^{-1}$. Les concentrations de MES des stations St13 ($0,65 \pm 0,09 \text{ mg.L}^{-1}$) et St20 ($0,86 \pm 0,85 \text{ mg.L}^{-1}$) sont les plus élevées de l'ensemble du domaine d'étude, particulièrement au niveau de la station St20 en mi-profondeur où les concentrations atteignent $1,84 \text{ mg.L}^{-1}$.

Ce qu'il faut retenir : Les concentrations de MES déterminées lors de la campagne d'Août sont presque deux fois plus fortes dans les stations situées dans les baies (Baie de Prony et Baie Kwé) que celles situées dans le Canal de la Havannah. Les concentrations déterminées dans la zone étude ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur.

Remarque : Les concentrations de MES ne sont pas toujours corrélées avec les valeurs de turbidité. En effet, la turbidité correspond à la mesure de l'effet de la matière en suspension sur la transmission de lumière à travers un milieu aqueux. C'est une mesure qualitative alors que la détermination de la matière en suspension est une mesure quantitative. Les propriétés de la matière en suspension dans un milieu peut varier en fonction des milieux (ex : taille, forme, densité, structure organique) et donc faire varier la turbidité et la détermination de la MES de façon différente.

D. SELS NUTRITIFS

Les résultats d'analyse des sels nutritifs sont regroupés en Annexe 4 et dans le Tableau 3.

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.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations d'ammonium varient fortement ; elles sont comprises entre 0,01 et 0,26 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ avec une moyenne de $0,08 \pm 0,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Celles-ci ne montrent pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude. Les concentrations moyennes mesurées aux stations de la Baie du Prony ($0,06 \pm 0,05 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et du Canal de la Havannah ($0,09 \pm 0,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$) ne diffèrent pas de façon significative. Les concentrations de fond des stations de la Baie du Prony et des stations St03, St13 et St20 sont plus élevées que celles mesurées en mi-profondeur ou en surface. Cette différence n'est pas particulièrement flagrante au niveau de la station St15 mais est très visible au niveau des autres stations. Par exemple, la concentration de fond mesurée à la station St16 ($0,17 \mu\text{mol.L}^{-1}$) est de 5 à 10 fois supérieure à celles mesurées en surface ($0,031 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et mi-profondeur ($0,016 \mu\text{mol.L}^{-1}$) respectivement. Les concentrations en ammonium des stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) sont quasiment similaires entre elles et sur l'ensemble des niveaux échantillonnés, à l'exception de la station St21. Les concentrations de surface ($0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et de fond ($0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$) de cette station sont environ 2 à 3 fois plus élevées que les concentrations mesurées aux niveaux des autres stations du Canal de La Havannah ($0,07 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$). La concentration de surface mesurée à la station St06 est la plus élevée de l'ensemble de la zone d'étude ($0,26 \mu\text{mol.L}^{-1}$).

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.

Les concentrations de nitrates et nitrites varient fortement au sein de la zone d'étude. En effet, celles-ci sont environ 3 fois plus élevées dans le Canal de la Havannah ($0,22 \pm 0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$) que dans la Baie du Prony ($0,06 \pm 0,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$). La concentration maximale de nitrates et nitrites dans la zone d'étude a été mesurée à la station St05 en surface et s'élève à $0,68 \pm 0,05 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Les concentrations de nitrates et nitrites des stations St05 et St07 sont nettement plus élevées en surface qu'en mi-profondeur et fond. Les stations St03 et St06 présentent également des concentrations élevées comparées aux autres stations avec un gradient vertical prononcé,

particulièrement à la station St06 où la concentration de surface ($0,47 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$) est 4 fois plus élevée que la concentration de profondeur ($0,11 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$).

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 $0,01$ à $0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ avec une moyenne de $0,06 \pm 0,04 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Celles-ci sont plus élevées dans la Baie du Prony que dans le reste de la colonne d'eau. Les concentrations de phosphates de la Baie du Prony ($0,08 \pm 0,05 \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont 2 fois plus élevées que celles mesurées dans le Canal de la Havannah ($0,04 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Celles-ci ne montrent pas de distribution verticale particulière.

4. SILICATES

Rappel : Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates (SiO_4^{2-}), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi, dans le domaine océanique, les concentrations en surface sont généralement très faibles mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes ou des fonds abyssaux.

Les concentrations de silicates varient fortement de $0,02$ à $4,34 \mu\text{mol.L}^{-1}$ avec une concentration moyenne de $0,95 \pm 0,90 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Ces concentrations se distribuent selon un gradient côte large très marqué. En effet, les concentrations moyennes des stations de la Baie du Prony ($1,22 \pm 0,65 \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont 5 fois plus élevées que celles des stations du Canal de la Havannah ($0,22 \pm 0,26 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Les concentrations des stations St03 et St06 influencées par les apports terrigènes de Port Boisé et la Baie Kwé, respectivement, sont également nettement supérieures aux concentrations de silicates mesurées dans le Canal de La Havannah. En effet, la concentration de surface de la station St06 est la concentration maximale mesurée dans la zone d'étude ($4,34 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Un gradient vertical est également observé, notamment aux stations St15, St03 et St06, les plus fortement influencées par les apports terrigènes.

Tableau 3 : Concentrations en sels nutritifs dans la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

		PO ₄ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ + NO ₃ (μmol.L ⁻¹)	NH ₄ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ (μmol.L ⁻¹)
Domaine entier	Minimum	0,01	0,01	0,01	0,02
	Maximum	0,20	0,68	0,26	4,34
	Moyenne	0,06 ± 0,04	0,16 ± 0,16	0,08 ± 0,06	0,95 ± 0,90
Canal de La Havannah	Minimum	0,01	0,03	0,04	0,02
	Maximum	0,06	0,68	0,25	0,70
	Moyenne	0,04 ± 0,02	0,22 ± 0,20	0,09 ± 0,06	0,22 ± 0,26
Baie de Prony	Minimum	0,01	0,01	0,01	0,39
	Maximum	0,20	0,17	0,17	2,65
	Moyenne	0,08 ± 0,05	0,06 ± 0,06	0,06 ± 0,05	1,22 ± 0,65

Ce qu'il faut retenir : Les concentrations d'ammonium ne montrent pas de distribution particulière dans la zone d'étude. Les concentrations de nitrates et nitrites sont plus faibles en Baie du Prony qu'au niveau du Canal de la Havannah et des stations St03 et St06. Les concentrations des stations St03, St06, St05 et St07 sont nettement plus élevées en surface qu'en mi-profondeur et fond. Les concentrations de phosphates sont plus élevées dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah mais ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur. Les concentrations de silicates se distribuent selon un gradient côte large très marqué ; ceci est dû aux influences terrigènes.

E. CARBONE, AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUES

La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire. Cependant les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille est de 0,45 μm (Strickland & Parsons, 1972).

Les concentrations de carbone, azote et phosphore organiques sont reportées en Annexe 5 et dans le Tableau 4.

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 phosphore organique dissous (NOD et POD) ne montrent pas de distributions horizontale et verticale bien définies. Les valeurs de NOD sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude avec une concentration moyenne de $4,06 \pm 0,79 \mu\text{mol.L}^{-1}$. La distribution des concentrations de POD est plutôt hétérogène dans l'ensemble de la zone étudiée. Par exemple, les concentrations mesurées dans le Canal de

la Havannah varient selon un gradient allant de valeurs inférieures à la limite de quantification de la méthode (St02-M) à des valeurs quasi maximales de $0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (St07-S) et $0,19 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (St09-S).

2. AZOTE, PHOSPHORE ET CARBONE 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, de phosphore et de carbone organiques particulaires ne mettent pas en évidence de gradient horizontal ni vertical. Leurs concentrations sont distribuées de façon homogène dans l'ensemble de la zone d'étude. Seule la concentration de COP de surface à la station St02 ($54,98 \mu\text{mol.L}^{-1}$) se démarque, en étant environ 3 fois plus élevée que les concentrations mesurées au niveau des autres stations.

Tableau 4 : Concentrations en azote et phosphore dissous et en azote, phosphore et carbone particulaires dans la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011

		NOD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	NOP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	COP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
Domaine entier	Minimum	2,26	<LQ	0,36	0,01	8,43
	Maximum	6,87	0,23	1,25	0,07	54,98
	Moyenne	$4,06 \pm 0,79$	$0,09 \pm 0,06$	$0,69 \pm 0,21$	$0,04 \pm 0,01$	$13,77 \pm 7,28$
Canal de la Havannah	Minimum	2,26	0,01	0,37	0,01	8,49
	Maximum	4,76	0,20	1,21	0,07	54,98
	Moyenne	$3,85 \pm 0,64$	$0,08 \pm 0,07$	$0,63 \pm 0,21$	$0,04 \pm 0,02$	$14,43 \pm 11,42$
Baie du Prony	Minimum	3,11	0,05	0,36	0,02	9,15
	Maximum	4,57	0,16	0,90	0,06	14,72
	Moyenne	$3,72 \pm 0,49$	$0,10 \pm 0,04$	$0,65 \pm 0,16$	$0,04 \pm 0,01$	$11,55 \pm 1,88$

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

F. 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 en Annexe 6 et dans le Tableau 5.

Les concentrations de chlorophylle *a* sont légèrement plus faibles dans la Baie du Prony ($0,35 \pm 0,19 \mu\text{g.L}^{-1}$) et à la station St20 ($0,17 \pm 0,20 \mu\text{g.L}^{-1}$) qu'au niveau des stations du Canal de la Havannah ($0,41 \pm 0,17 \mu\text{g.L}^{-1}$), de la St03

($0,48 \pm 0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$) et St06 ($0,53 \pm 0,22 \mu\text{g.L}^{-1}$) ; cette distribution est plus prononcée pour les phéopigments. En effet, les concentrations de phéopigments des stations du Canal de La Havannah ($0,11 \pm 0,05 \mu\text{g.L}^{-1}$) sont presque 2 fois plus élevées que celles mesurées aux stations de la Baie du Prony ($0,07 \pm 0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$). Les concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments ne montrent pas de distribution verticale particulière.

Tableau 5 : Concentrations en pigments chlorophylliens dans la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

		Chlorophylle <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Phéopigment ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	% Phéopigment
Domaine entier	Minimum	0,005	0,003	1,47
	Maximum	0,745	0,193	90,13
	Moyenne	$0,399 \pm 0,179$	$0,102 \pm 0,053$	$21,47 \pm 12,75$
Canal de La Havannah	Minimum	0,103	0,032	10,84
	Maximum	0,734	0,187	39,55
	Moyenne	$0,415 \pm 0,165$	$0,112 \pm 0,045$	$21,88 \pm 6,26$
Baie de Prony	Minimum	0,005	0,003	1,47
	Maximum	0,629	0,160	90,13
	Moyenne	$0,348 \pm 0,192$	$0,069 \pm 0,044$	$21,87 \pm 23,43$

Ce qu'il faut retenir : Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigment sont distribuées de la même façon que les concentrations de nitrates et nitrites dans l'ensemble de la zone d'étude. Les concentrations sont plus élevées au niveau du Canal de la Havannah et des stations St03 et St06 que dans la Baie du Prony.

G. METAUX DISSOUS

Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle d'août 2011 sont regroupés en Annexe 7 et dans le Tableau 6.

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), Cr total, 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 influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St15, St16, St18, St19). Cette distribution est plus marquée pour le Co, Mn et Ni dont les concentrations moyennes en Baie du Prony (Co : <LQ ; Mn : $0,11 \pm 0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$; Ni : $0,12 \pm 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$) sont jusqu'à 3 fois plus élevées que les concentrations moyennes mesurées dans le Canal de la Havannah (Co : $0,05 \pm 0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$; Mn : $0,37 \pm 0,15 \mu\text{g.L}^{-1}$; Ni : $0,37 \pm 0,07 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Les concentrations de ces mêmes métaux dissous mettent également en évidence une distribution verticale avec des concentrations plus élevées en surface qu'en profondeur. Cette distribution est particulièrement distincte au niveau des stations les plus influencées par les apports terrigènes (St03, St06 et St15). Par exemple, les concentrations de surface de Co, Mn et Ni (respectivement $0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$; $1,43 \mu\text{g.L}^{-1}$; $0,87 \mu\text{g.L}^{-1}$) de la station St06 sont au minimum 3 fois plus élevées que celles mesurées en profondeur ($0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$; $0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$; $0,25 \mu\text{g.L}^{-1}$). Les

concentrations maximales des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cr total, Mn et Ni ont toutes été mesurées à la station St06 (Baie Kwé) en surface.

Les concentrations de Fe sont plus faibles dans la Baie du Prony ($0,03 \pm 0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$) que dans le Canal de la Havannah ($0,08 \pm 0,07 \mu\text{g.L}^{-1}$). Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière au sein de la colonne d'eau. Comme observé précédemment, la concentration maximale de Fe a été mesurée à la station St06 en surface.

Les concentrations de Cu ne montrent pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude. On remarque cependant que des concentrations plus élevées ont été mesurées en surface aux stations St13 et St20.

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).

Les concentrations de Zn sont distribuées de façon totalement aléatoire dans l'ensemble de la zone d'étude. Celles-ci varient de $0,07$ à $1,22 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $0,38 \pm 0,28 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Note : L'analyse de l'arsenic n'a pas été réalisée 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.

Tableau 6 : Concentrations des métaux dissous dans la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

		Co ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr(VI) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Domaine entier	Minimum	0,01	0,07	0,12	0,02	0,02	0,08	0,09	0,07
	Maximum	0,14	0,24	0,30	1,21	0,37	1,43	0,87	1,22
	Moyenne	$0,05 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,23$	$0,07 \pm 0,07$	$0,28 \pm 0,24$	$0,27 \pm 0,17$	$0,38 \pm 0,28$
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,07	0,12	0,03	0,02	0,08	0,09	0,08
	Maximum	<LQ	0,11	0,21	0,23	0,29	0,21	0,16	1,22
	Moyenne	<LQ	$0,09 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,07$	$0,08 \pm 0,07$	$0,11 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,32$
Baie du Prony	Minimum	0,03	0,11	0,16	0,02	0,02	0,22	0,29	0,08
	Maximum	0,11	0,21	0,26	0,36	0,06	0,72	0,54	0,71
	Moyenne	$0,05 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,03$	$0,20 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,12$	$0,03 \pm 0,01$	$0,37 \pm 0,15$	$0,37 \pm 0,07$	$0,28 \pm 0,20$

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 et un gradient surface fond. 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 de l'ensemble de la zone d'étude des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cr total, Mn et Ni ont toutes été mesurées à la station St06, influencée par les apports terrigènes issus du bassin versant de la Kwé.

V. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES CAMPAGNES « SAISON SECHE »

Cette synthèse regroupe les valeurs moyennes des concentrations des sels nutritifs, des matières organiques dissoutes et particulières, des pigments chlorophylliens et des métaux dissous dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivis « saison sèche » réalisées depuis août de 2008. Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, peuvent avoir une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux et leurs concentrations en métaux. Le cumul des précipitations avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes a été reporté dans la Figure 8.

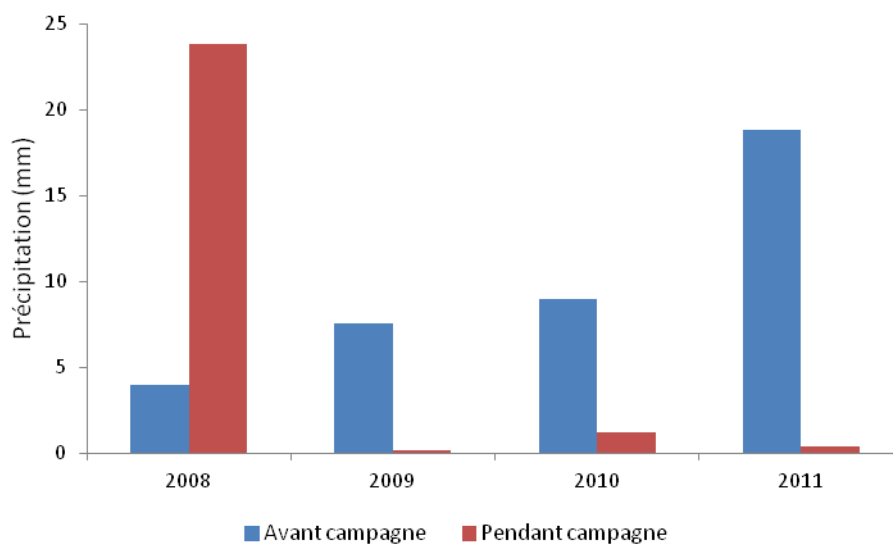


Figure 8 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant) et pendant les campagnes de prélèvement « saison sèche » de 2008 à 2011.

A. COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS

1. DISTRIBUTION GLOBALE DANS LE DOMAINE

Les concentrations minimales de NH_4 ont été mesurées lors de la campagne de 2008 (Tableau 7) ; pour l'ensemble de la zone étudiée ainsi que pour les 2 zones individuellement, Havannah et Prony, les concentrations moyennes mesurées s'élèvent à $0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

Les concentrations de NH_4 mesurées lors des 3 dernières campagnes « saison sèche » sont quasiment similaires dans le domaine entier ainsi que dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony. On remarque cependant que les concentrations maximales ont augmenté depuis 2009. Par exemple, la concentration maximale mesurée dans l'ensemble du domaine d'étude est passée de $0,15 \mu\text{mol.L}^{-1}$ en 2009 à $0,26 \mu\text{mol.L}^{-1}$ en 2011.

Les concentrations moyennes de NO_3+NO_2 de l'ensemble du domaine d'étude ($0,07 \pm 0,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et du Canal de la Havannah ($0,14 \pm 0,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont plus faibles en 2008 ; ensuite celles-ci ne diffèrent pas entre 2009, 2010 et 2011. Bien que la concentration moyenne de NO_3+NO_2 soit très légèrement plus faible en 2009, celle-ci reste dans le même ordre de grandeur que les concentrations moyennes des campagnes 2008 ($0,08 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$), 2010 ($0,08 \pm 0,04 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et 2011 ($0,07 \pm 0,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$).

Tableau 7 : Concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		$\text{NH}_4 (\mu\text{mol.L}^{-1})$				$\text{NO}_3+\text{NO}_2 (\mu\text{mol.L}^{-1})$			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	<LQ	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
	Max	0,10	0,15	0,24	0,26	0,11	0,40	0,27	0,69
	Moy	$0,02 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,06$	$0,07 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,12$	$0,14 \pm 0,07$	$0,16 \pm 0,16$
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,02	0,03	0,04	0,01	0,04	0,05	0,03
	Max	0,07	0,13	0,24	0,25	0,11	0,37	0,27	0,69
	Moy	$0,02 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,06$	$0,09 \pm 0,06$	$0,14 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,10$	$0,17 \pm 0,07$	$0,20 \pm 0,20$
Baie du Prony	Min	0,01	0,03	0,02	0,01	0,06	<0,01	0,038	0,01
	Max	0,10	0,15	0,12	0,17	0,10	0,18	0,14	0,17
	Moy	$0,02 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,04$	$0,05 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,06$

Alors que les concentrations moyennes de PO_4 du Canal de la Havannah ne diffèrent pas entre les campagnes de 2008 ($0,04 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$), 2009 ($0,06 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et 2011 ($0,04 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$), celles mesurées dans la Baie du Prony sont à peu près 3 à 4 fois plus élevées en 2011 ($0,08 \pm 0,05 \mu\text{mol.L}^{-1}$) que lors des campagnes de 2008 ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et 2009 ($0,03 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$) (Tableau 8). L'analyse des PO_4 de la campagne 2010 n'avait pas pu être effectuée suite à un problème de conservation des échantillons.

Bien que les concentrations moyennes de SiO_4 soient légèrement plus faibles en 2011 ($0,95 \pm 0,90 \mu\text{mol.L}^{-1}$), celle-ci sont néanmoins dans le même ordre de grandeur que les concentrations moyennes de campagnes précédentes. Dans la Baie du Prony, la concentration moyenne de SiO_4 est plus élevée en 2009 ($2,88 \pm 0,84 \mu\text{mol.L}^{-1}$) comparées à celles des 3 autres campagnes dont les valeurs sont quasiment similaires. Dans le Canal de la Havannah, les

concentrations moyennes ne diffèrent pas entre les 3 premières campagnes alors que celle de 2011 est environ 5 à 6 fois plus faible.

Tableau 8 : Concentrations de phosphates et silicates mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		PO_4 ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)				SiO_4 ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,01	0,01	-	0,01	0,80	0,92	0,45	0,02
	Max	0,08	0,12	-	0,20	3,02	4,31	3,15	4,34
	Moy	$0,04 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$	-	$0,06 \pm 0,04$	$1,36 \pm 0,48$	$1,98 \pm 0,88$	$1,26 \pm 0,68$	$0,95 \pm 0,90$
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,02	-	0,01	0,80	0,92	0,45	0,02
	Max	0,08	0,08	-	0,06	2,40	1,76	2,48	0,70
	Moy	$0,04 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,02$	-	$0,04 \pm 0,02$	$1,18 \pm 0,29$	$1,32 \pm 0,31$	$1,25 \pm 0,72$	$0,20 \pm 0,26$
Baie du Prony	Min	0,01	0,01	-	0,01	1,23	1,89	0,75	0,39
	Max	0,04	0,09	-	0,20	3,02	4,31	3,15	2,65
	Moy	$0,02 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,02$	-	$0,08 \pm 0,05$	$1,87 \pm 0,59$	$2,88 \pm 0,84$	$1,44 \pm 0,81$	$1,22 \pm 0,65$

2. DISTRIBUTION VERTICALE AUX STATIONS ST15, ST06 ET ST09

Les concentrations de NH_4 et de NO_3+NO_2 des 3 stations, St15 (Prony Creek Baie Nord), St06 (Récif de la Baie Kwé) et St09 (Canal de la Havannah) représentatives de différentes sources d'influence de la zone d'étude (Influence terrigène des creeks de la Baie du Prony (St15) et de la Kwé (St06) et océanique dans le Canal de la Havannah (St09)) ont été comparées pour les 3 campagnes « saison sèche » réalisées depuis 2008.

Les concentrations de NO_3+NO_2 de la station St15 sont plus faibles que celles mesurées aux stations St06 et St09 (Figure 9). Celles-ci diffèrent très peu entre les campagnes, à l'exception de la concentration dans les eaux de fond mesurée en 2011, celle-ci étant 3 à 5 fois plus élevée que les concentrations mesurées en 2008 ($0,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$), 2009 ($0,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et 2010 (<LQ). Entre 2008 et 2011, les concentrations de fond de NO_3+NO_2 de la station St06 restent dans le même ordre de grandeur et sont comprises entre 0,10 et $0,14 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Les concentrations de mi-profondeur et surface de la station St06 se démarquent en 2011 par les concentrations 3 à 5 fois plus élevées que celles mesurées lors des autres campagnes. Les concentrations de NO_3+NO_2 diffèrent très légèrement entre 2008, 2010 et 2011, mais sont de 2 à 4 fois plus élevées en 2009.

Les concentrations de NH_4 de la station St09 sont similaires aux 3 profondeurs échantillonnées pour chaque campagne. Celles mesurées en 2010 ($0,07 \mu\text{mol.L}^{-1}$) et 2011 ($0,09 \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont 3 à 4 fois supérieures à celles mesurées en 2008 et 2009 ($0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$) (Figure 10). A l'inverse, les concentrations de la station St06 varient différemment aux 3 profondeurs échantillonnées. Tout comme celles de NO_3+NO_2 , les concentrations de surface de NH_4 de la station St06 sont plus élevées en 2011 que lors des dernières campagnes alors que les concentrations de NH_4 de mi-profondeur et fond sont à peu près équivalentes entre les campagnes. Les concentrations de NH_4 mesurées aux 3 profondeurs échantillonnées en 2011 sont environ 3 fois plus faibles que celles de mi-profondeur et fond de 2010 mais similaires à celles mesurées en surface.

La comparaison des résultats de sels nutritifs des 4 campagnes « saison sèche » avec les données de pluviométrie (Figure 8) ne met en évidence aucune corrélation.

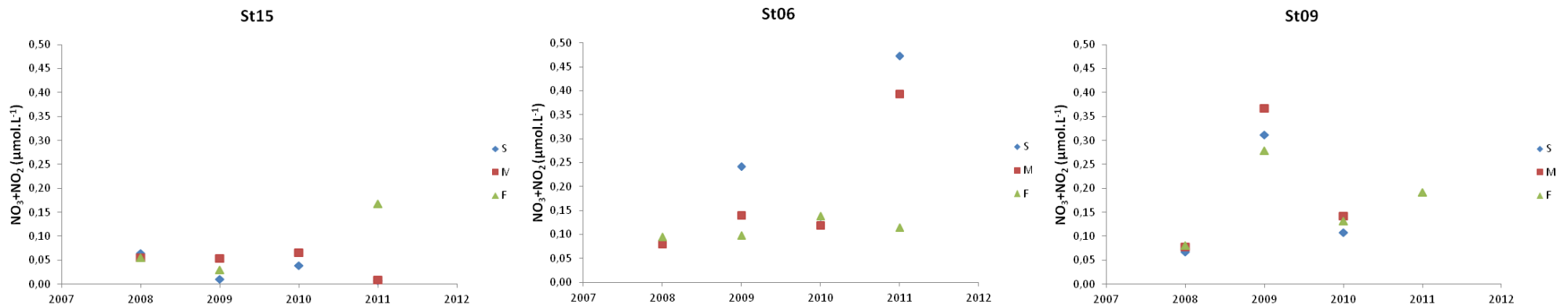


Figure 9 : Concentrations de NO_3+NO_2 (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.

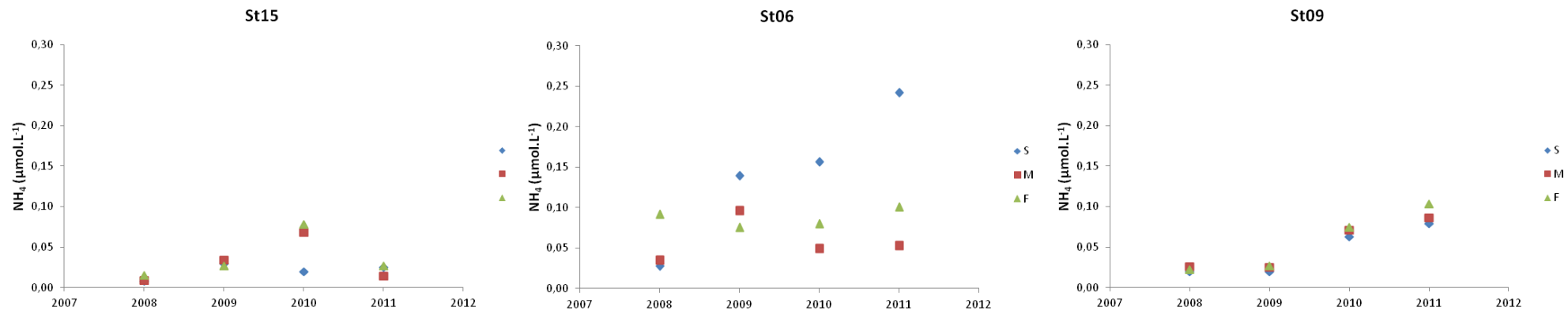


Figure 10 : Concentrations de NH_4 (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.

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

Les concentrations moyennes de POD et POP, pour l'ensemble du domaine d'études ainsi que pour les 2 zones étudiées, sont plus faibles en 2011 que lors des autres campagnes, alors que le contraire est observé pour les concentrations moyennes de COP (Tableau 9 ; Tableau 10 ; Tableau 11). Les concentrations de NOD mesurées lors des campagnes de 2008, 2009 et 2011 sont à peu près équivalentes mais presque 2 fois plus faibles que celles observées en 2010. Les concentrations de NOP sont 2 fois plus élevées en 2011 que celles mesurées l'année précédente mais restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des campagnes de 2008 et 2009. L'analyse des POD de la campagne 2010 n'avait pas pu être effectuée suite à un problème de conservation des échantillons.

Tableau 9 : Concentrations de phosphore et azote dissous mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		POD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)				NOD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,11	0,23	-	0,01	2,55	1,56	4,51	2,26
	Max	0,32	0,90	-	0,23	4,85	4,59	7,44	6,87
	Moy	0,19 ± 0,04	0,59 ± 0,15	-	0,09 ± 0,06	3,97 ± 0,43	3,40 ± 0,65	6,03 ± 0,81	4,06 ± 0,79
Canal de la Havannah	Min	0,11	0,23	-	0,01	2,55	1,56	4,54	2,26
	Max	0,32	0,84	-	0,20	4,85	4,59	7,43	4,76
	Moy	0,18 ± 0,04	0,51 ± 0,16	-	0,08 ± 0,07	3,94 ± 0,49	3,09 ± 0,85	5,88 ± 0,92	3,73 ± 0,76
Baie du Prony	Min	0,16	0,53	-	0,05	3,59	2,45	4,51	3,11
	Max	0,28	0,90	-	0,16	4,08	4,25	7,16	4,57
	Moy	0,20 ± 0,03	0,68 ± 0,10	-	0,10 ± 0,04	3,86 ± 0,16	3,50 ± 0,49	5,79 ± 0,68	3,72 ± 0,49

Tableau 10 : Concentrations de phosphore et azote particulaires mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		POP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)				NOP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,03	0,03	0,08	0,01	0,34	0,11	0,05	0,36
	Max	0,11	0,34	0,16	0,07	1,32	4,58	0,60	1,25
	Moy	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,05	0,10 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,73 ± 0,19	0,93 ± 0,89	0,28 ± 0,11	0,69 ± 0,21
Canal de la Havannah	Min	0,03	0,04	0,09	0,01	0,34	0,39	0,14	0,37
	Max	0,10	0,34	0,16	0,07	1,32	3,28	0,51	1,21
	Moy	0,07 ± 0,02	0,09 ± 0,07	0,10 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,70 ± 0,21	1,33 ± 0,91	0,27 ± 0,11	0,61 ± 0,22
Baie du Prony	Min	0,07	0,05	0,09	0,02	0,70	0,11	0,19	0,36
	Max	0,11	0,09	0,12	0,06	1,12	1,72	0,60	0,90
	Moy	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,85 ± 0,10	0,66 ± 0,42	0,30 ± 0,12	0,65 ± 0,16

Tableau 11 : Concentrations de carbone particulaire mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		COP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	4,07	5,24	4,11	8,43
	Max	16,42	21,69	16,19	54,98
	Moy	7,51 $\pm$ 2,41	7,43 $\pm$ 3,08	7,08 $\pm$ 2,07	13,77 $\pm$ 7,28
Canal de la Havannah	Min	4,29	5,27	4,66	8,49
	Max	13,37	21,69	16,19	54,98
	Moy	7,50 $\pm$ 2,18	9,80 $\pm$ 4,28	7,33 $\pm$ 2,52	14,06 $\pm$ 11,14
Baie du Prony	Min	4,07	5,24	4,11	9,15
	Max	9,75	12,29	11,21	14,72
	Moy	6,86 $\pm$ 1,87	6,71 $\pm$ 1,98	6,92 $\pm$ 1,94	11,55 $\pm$ 1,88

Les concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments, de l'ensemble du domaine d'étude ainsi que des 2 zones échantillonnées, ne diffèrent pas entre les campagnes 2008, 2009 et 2011 (Tableau 12). Celles de la campagne de 2010 sont environ 2 à 3 fois plus élevées que celles mesurées lors des 3 autres campagnes.

Tableau 12 : Concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011.

		Chlorophylle <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				Phéopigments ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,09	0,15	0,40	0,01	0,05	0,04	0,19	0,00
	Max	0,98	0,90	2,55	0,75	0,47	0,40	1,35	0,19
	Moy	0,43 $\pm$ 0,13	0,33 $\pm$ 0,13	0,92 $\pm$ 0,37	0,40 $\pm$ 0,18	0,17 $\pm$ 0,07	0,15 $\pm$ 0,07	0,42 $\pm$ 0,20	0,10 $\pm$ 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,09	0,15	0,59	0,10	0,11	0,08	0,22	0,03
	Max	0,98	0,43	2,55	0,73	0,47	0,36	1,35	0,19
	Moy	0,44 $\pm$ 0,15	0,32 $\pm$ 0,09	1,03 $\pm$ 0,48	0,40 $\pm$ 0,18	0,18 $\pm$ 0,07	0,17 $\pm$ 0,06	0,49 $\pm$ 0,26	0,11 $\pm$ 0,05
Baie du Prony	Min	0,16	0,16	0,59	0,01	0,05	0,04	0,19	0,00
	Max	0,57	0,90	1,09	0,63	0,23	0,40	0,57	0,16
	Moy	0,39 $\pm$ 0,11	0,35 $\pm$ 0,19	0,76 $\pm$ 0,14	0,35 $\pm$ 0,19	0,13 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,10	0,31 $\pm$ 0,11	0,07 $\pm$ 0,04

C. COMPARAISON INTERANNUELLE DES CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS

1. DISTRIBUTION GLOBALE DANS LE DOMAINE

Les concentrations moyennes de Mn et Ni sont toujours plus élevées dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah et fluctuent de la même façon entre les différentes campagnes (Tableau 15 ; Tableau 16). Dans la Baie du Prony, les concentrations les plus faibles ont été mesurées en 2010 et les concentrations les plus fortes en 2011, notamment pour le Mn dont les concentrations de 2011 ($0,37 \pm 0,15 \mu\text{g.L}^{-1}$) sont 2 fois plus élevées que celles de 2010 ($0,15 \pm 0,05 \mu\text{g.L}^{-1}$). Dans le Canal de la Havannah, les concentrations de ces 2 métaux ne varient pas de façon significative entre les différentes campagnes et sont comprises entre $0,10$ et $0,12 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour le Mn et $0,12$ et $0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour le Ni.

Les concentrations de Cr(VI), Cr total et Co sont également toujours plus importantes dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah (Tableau 13 ; Tableau 14). Pour ces 2 zones, les concentrations de Cr(VI) et Cr total diffèrent de la même façon entre les campagnes ; celles-ci sont presque 2 fois plus élevées en 2009 que lors des 3 autres campagnes. La moyenne des concentrations de Co mesurées en 2011 dans le Canal de la Havannah est en dessous des limites de quantification ($<0,012 \mu\text{g.L}^{-1}$) contrairement à celles observées lors des précédentes campagnes (2008 : $0,018 \pm 0,004 \mu\text{g.L}^{-1}$; 2009 : $0,031 \pm 0,017 \mu\text{g.L}^{-1}$; 2010 : $0,018 \pm 0,004 \mu\text{g.L}^{-1}$).

A chaque campagne, les concentrations moyennes de Cu ne diffèrent que très légèrement entre les 2 zones d'étude (Havannah et Prony). Les concentrations moyennes maximales de Cu ont été mesurées lors de la campagne de 2011 (Tableau 13) et sont 2 et 3 fois plus élevées en 2011 dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony, respectivement, que celles mesurées lors des campagnes 2008, 2009 et 2010. Les valeurs des concentrations de Cu sont assez dispersées, ainsi malgré les moyennes plus élevées observées en 2011, celles-ci restent néanmoins du même ordre de grandeur que les concentrations des années précédentes.

Les concentrations de Fe et Zn ne montrent pas de tendance particulière entre les 2 zones d'étude (Tableau 15 ; Tableau 16). Les concentrations de Fe de la Baie du Prony sont minimales en 2010 et 2011 ($0,03 \pm 0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$) ; celles-ci étant 2 et 4 fois plus faibles que celles mesurées en 2009 ($0,07 \pm 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$) et 2008 ($0,13 \pm 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$), respectivement. Dans le Canal de la Havannah, les concentrations moyennes minimales sont mesurées en 2010 ($0,10 \pm 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$) et les maximales en 2009 ($0,05 \pm 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Tableau 13 : Concentrations du Co et Cu dissous mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011 (<LQ : valeurs inférieures à la limite de quantification).

		Co (µg.l ⁻¹)				Cu (µg.l ⁻¹)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,012	<LQ	0,012	0,012	0,03	0,01	0,02	0,02
	Max	0,073	0,132	0,096	0,142	0,18	0,08	0,28	1,21
	Moy	0,027 ± 0,015	0,032 ± 0,024	0,029 ± 0,017	0,049 ± 0,034	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,04	0,14 ± 0,23
Canal de la Havannah	Min	0,012	0,013	0,012	<LQ	0,03	0,01	0,02	0,03
	Max	0,029	0,059	0,024	<LQ	0,13	0,08	0,28	0,23
	Moy	0,018 ± 0,004	0,031 ± 0,017	0,018 ± 0,004	<LQ	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,08	0,10 ± 0,07
Baie du Prony	Min	0,032	0,004	0,015	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
	Max	0,073	0,06	0,038	0,105	0,18	0,05	0,07	0,36
	Moy	0,046 ± 0,012	0,031 ± 0,017	0,024 ± 0,006	0,049 ± 0,021	0,09 ± 0,05	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,09 ± 0,12

Tableau 14 : Concentrations du Cr(VI) et Cr total dissous mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011 (<LQ : valeurs inférieures à la limite de quantification).

		Cr (VI) (µg.l ⁻¹)				Cr (total) (µg.l ⁻¹)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,07	0,12	0,11	0,07	0,1	0,18	0,13	0,12
	Max	0,18	0,43	0,22	0,24	0,24	0,71	0,25	0,3
	Moy	0,10 ± 0,02	0,20 ± 0,07	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,32 ± 0,10	0,16 ± 0,03	0,18 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,07	0,12	0,12	0,07	0,1	0,2	0,13	0,12
	Max	0,11	0,18	0,14	0,11	0,24	0,46	0,18	0,21
	Moy	0,09 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,29 ± 0,09	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,09	0,19	0,15	0,11	0,12	0,24	0,17	0,16
	Max	0,18	0,43	0,22	0,21	0,19	0,71	0,25	0,26
	Moy	0,12 ± 0,02	0,27 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,40 ± 0,12	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,03

Tableau 15 : Concentrations de Fe et Mn dissous mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011 (<LQ : valeurs inférieures à la limite de quantification).

Année		Fe ($\mu\text{g.l}^{-1}$)				Mn ($\mu\text{g.l}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,01	0,03	0,01	0,02	0,08	0,05	0,03	0,08
	Max	0,39	0,26	0,13	0,37	0,51	0,47	0,69	1,43
	Moy	0,10 $\pm$ 0,08	0,11 $\pm$ 0,05	0,06 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,07	0,17 $\pm$ 0,10	0,17 $\pm$ 0,10	0,18 $\pm$ 0,13	0,28 $\pm$ 0,24
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,07	0,03	0,02	0,08	0,05	0,03	0,08
	Max	0,15	0,13	0,08	0,29	0,18	0,19	0,21	0,21
	Moy	0,06 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,02	0,08 $\pm$ 0,07	0,12 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,05	0,10 $\pm$ 0,06	0,11 $\pm$ 0,03
Baie du Prony	Min	0,1	0,03	0,01	0,02	0,2	0,14	0,11	0,22
	Max	0,17	0,1	0,05	0,06	0,45	0,36	0,28	0,72
	Moy	0,13 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,03	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	0,26 $\pm$ 0,06	0,23 $\pm$ 0,08	0,15 $\pm$ 0,05	0,37 $\pm$ 0,15

Tableau 16 : Concentrations de Ni et Zn dissous mesurées lors des campagnes semestrielles d'août de 2008 à 2011 (<LQ : valeurs inférieures à la limite de quantification).

Année		Ni ($\mu\text{g.l}^{-1}$)				Zn ($\mu\text{g.l}^{-1}$)			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Domaine entier	Min	0,11	0,07	0,05	0,09	<LQ	0,02	0,01	0,07
	Max	0,50	0,71	0,62	0,87	1,06	0,80	1,15	1,22
	Moyenne	0,20 $\pm$ 0,10	0,23 $\pm$ 0,13	0,21 $\pm$ 0,11	0,27 $\pm$ 0,17	0,26 $\pm$ 0,25	0,14 $\pm$ 0,16	0,23 $\pm$ 0,24	0,38 $\pm$ 0,28
Canal de la Havannah	Min	0,11	0,07	0,05	0,09	<LQ	0,03	0,01	0,08
	Max	0,20	0,25	0,25	0,16	0,31	0,80	1,15	1,22
	Moyenne	0,14 $\pm$ 0,03	0,14 $\pm$ 0,07	0,13 $\pm$ 0,06	0,12 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,09	0,27 $\pm$ 0,27	0,21 $\pm$ 0,28	0,38 $\pm$ 0,32
Baie du Prony	Min	0,26	0,22	0,17	0,29	0,23	0,02	0,11	0,08
	Max	0,50	0,48	0,29	0,54	1,06	0,22	1,09	0,71
	Moyenne	0,33 $\pm$ 0,07	0,32 $\pm$ 0,09	0,21 $\pm$ 0,04	0,37 $\pm$ 0,07	0,59 $\pm$ 0,27	0,10 $\pm$ 0,05	0,38 $\pm$ 0,27	0,28 $\pm$ 0,20

2. DISTRIBUTION VERTICALE AUX STATIONS ST15, ST06 ET ST09

Les concentrations de Co, Cr(VI), Mn, et Ni des eaux de surface sont généralement plus élevées que les concentrations de mi-profondeur et fond pour les stations St15 et St06 (Figure 11 ; Figure 12 ; Figure 13 ; Figure 14).

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

- à la station St15, les concentrations de Co, Mn et Ni évoluent de la même façon à chaque campagne. Celles-ci sont toutes plus élevées en 2011 qu'en 2010. En effet, les concentrations de surface de Co, Mn et Ni sont environ 2 fois plus élevées en 2011 (Co : $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$; Mn : $0,72 \mu\text{g.l}^{-1}$; Ni : $0,54 \mu\text{g.l}^{-1}$) qu'en 2010 (Co : $0,04 \mu\text{g.l}^{-1}$; Mn : $0,28 \mu\text{g.l}^{-1}$; Ni : $0,22 \mu\text{g.l}^{-1}$). Les concentrations de ces 3 métaux sont maximales en 2011 alors que celles de Cr(VI) sont maximales en 2009. Les précipitations accumulées durant 5 jours avant la campagne sont plus élevées en 2011 que lors des campagnes de 2008, 2009 et 2010 (Figure 8). De plus, le prélèvement a été effectué en fin de marée basse ce qui accentue l'influence terrigène (Figure 3). Ces deux événements peuvent expliquer les concentrations de Co, Mn et Ni plus élevées mesurées en surface à la station St15 lors de la campagne 2011.
- à la station St06, les concentrations de Co, Mn et Ni présentent les mêmes fluctuations à chaque campagne. Les concentrations de mi-profondeur et fond varient très peu de 2008 à 2011, en surface les concentrations sont maximales en 2011. Cette augmentation est particulièrement flagrante pour le Mn dont les concentrations en 2011 ($1,43 \mu\text{g.l}^{-1}$) sont 2 à 4 fois plus élevées que les concentrations mesurées en 2008 ($0,51 \mu\text{g.l}^{-1}$), 2009 ($0,32 \mu\text{g.l}^{-1}$) et 2010 ($0,69 \mu\text{g.l}^{-1}$). Ces fortes valeurs sont à lier aux apports terrigènes de la rivière Kwé générés par les précipitations ayant eu lieu 5 jours avant le prélèvement (cf Figure 5 et Figure 6) et également au fait que le prélèvement ait eu lieu en fin de marée basse.

Alors que les concentrations de Cr(VI) sont presque 2 fois plus élevées en 2011 ($0,24 \mu\text{g.l}^{-1}$) qu'en 2010 ($0,14 \mu\text{g.l}^{-1}$), les concentrations de mi-profondeur et fond ont diminué entre 2010 (M : $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$; F : $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$) et 2011 (M et F : $0,09 \mu\text{g.l}^{-1}$).

- à la station St09, les concentrations des métaux (Co, Cr(VI), Mn, Ni) sont plus faibles que celles mesurées aux stations St06 et St15. A l'exception des concentrations de Co de 2008 et de celles de surface de 2009, les valeurs des concentrations de Co sont inférieures à la limite de quantification ($0,012 \mu\text{g.l}^{-1}$). De 2008 à 2011, les concentrations de Mn et Ni sont comprises entre $0,03$ et $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $0,05$ et $0,14 \mu\text{g.l}^{-1}$, respectivement. Les valeurs minimales ont été mesurées en 2010 alors que les valeurs maximales en 2011. Les concentrations de Cr(VI) sont comprises entre $0,07$ (2008) et $0,14 \mu\text{g.l}^{-1}$ (2009).

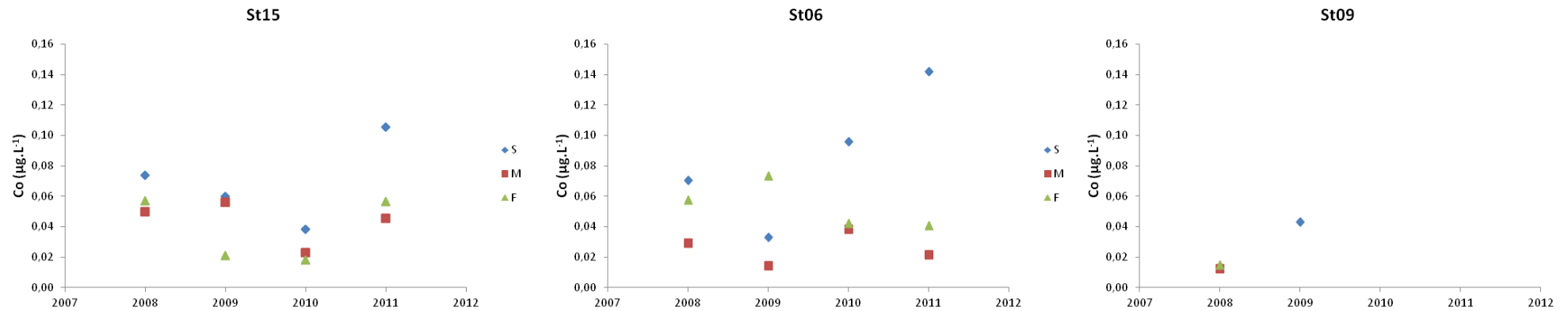


Figure 11 : Concentrations de Co (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.



Figure 12 : Concentrations de Cr(VI) (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.

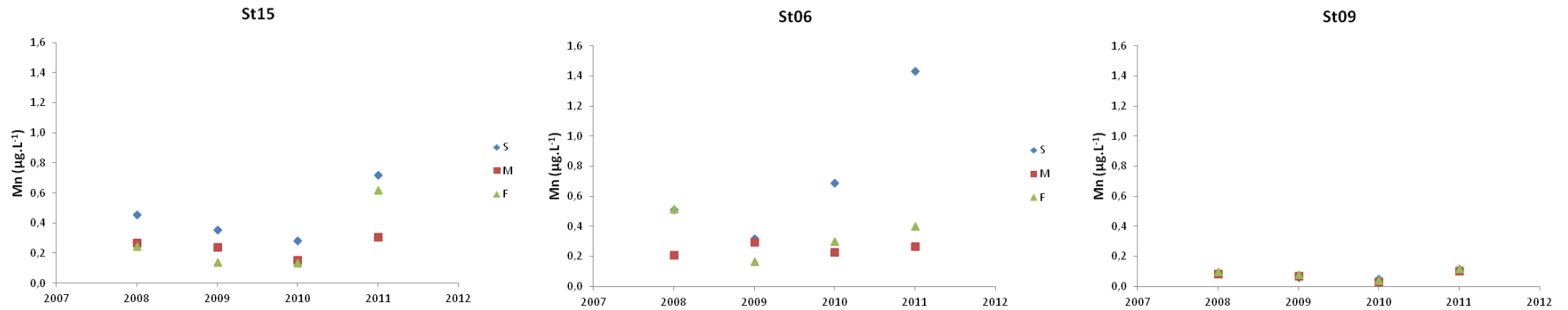


Figure 13 : Concentrations de Mn (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.

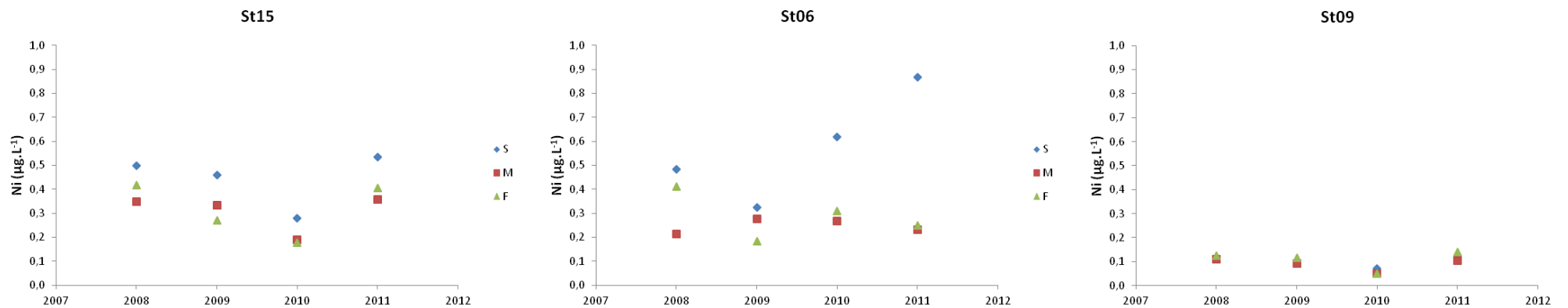


Figure 14 : Concentrations de Ni (S = surface ; M = mi-profondeur ; F = fond) aux stations St15, St06 et St09 lors des campagnes saison sèche réalisées annuellement de 2008 à 2011.

VI. CONCLUSION

Les fluctuations des paramètres physico-chimiques et des concentrations des métaux dissous observées en août 2011 peuvent être expliquées par le lessivage des sols dus aux fortes précipitations précédant la campagne. Ainsi les concentrations des silicates et des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cr total, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte large bien définies et proviennent des apports terrigènes des rivières se déversant dans la Baie du Prony, la Baie Kwé et Port Boisé.

Cette influence terrigène est également remarquée entre les différentes campagnes « saison sèche ». Les précipitations ainsi que la marée ont un impact certain sur les variations des paramètres physico-chimiques et la concentration des métaux dissous.

REFERENCES

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.

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 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.

Fanning GO, Pilson MEQ, 1973. On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters, Analytical Chemistry, 45 : 136-140.

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, Adjeroūd 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, Thébault 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.

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

Mullin JB et 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.

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 DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE « COLONNE D'EAU »	9
FIGURE 2 : PLUVIOMETRIE JOURNALIERE DU 3 AU 11 AOUT 2011 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 D'AOUT 2011.	10
FIGURE 4 : PROFILS DE TEMPERATURE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	14
FIGURE 5 : PROFILS DE SALINITE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	15
FIGURE 6 : PROFILS DE TURBIDITE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	17
FIGURE 7 : PROFILS DE FLUORESCENCE DES STATIONS ECHANTILLONNEES LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	18
FIGURE 8 : CUMULS DES PRECIPITATIONS AVANT (5 JOURS AVANT) ET PENDANT LES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT « SAISON SECHE » DE 2008 A 2011.....	27
FIGURE 9 : CONCENTRATIONS DE $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	31
FIGURE 10 : CONCENTRATIONS DE NH_4 (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	31
FIGURE 11 : CONCENTRATIONS DE Co (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	38
FIGURE 12 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	38
FIGURE 13 : CONCENTRATIONS DE Mn (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	39
FIGURE 14 : CONCENTRATIONS DE Ni (S = SURFACE ; M = MI-PROFONDEUR ; F = FOND) AUX STATIONS St15, St06 ET St09 LORS DES CAMPAGNES SAISON SECHE REALISEES ANNUELLEMENT DE 2008 A 2011.....	39

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE ET LOCATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE « COLONNE D'EAU » (WGS-84).	8
TABLEAU 2 : SYNTHESE DES VALEURS DE TEMPERATURE, SALINITE, TURBIDITE ET FLUORESCENCE DANS LA ZONE D'ETUDE, LE CANAL DE LA HAVANNAH ET LA BAIE DU PRONY LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	12
TABLEAU 3 : CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	23
TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS EN AZOTE ET PHOSPHORE DISSOUS ET EN AZOTE, PHOSPHORE ET CARBONE PARTICULAIRES DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	24
TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS EN PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	25
TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA ZONE D'ETUDE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AOUT 2011.	26
TABLEAU 7 : CONCENTRATIONS D'AMMONIUM ET DE NITRATES ET NITRITES MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	28
TABLEAU 8 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHATES ET SILICATES MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	29
TABLEAU 9 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHORE ET AZOTE DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	32
TABLEAU 10 : CONCENTRATIONS DE PHOSPHORE ET AZOTE PARTICULAIRES MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	32
TABLEAU 11 : CONCENTRATIONS DE CARBONE PARTICULAIRE MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	33
TABLEAU 12 : CONCENTRATIONS DE CHLOROPHYLLE A ET DE PHEOPIGMENTS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011.	33
TABLEAU 13 : CONCENTRATIONS DU CO ET CU DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011 (<LQ : VALEURS INFERIEURES A LA LIMITE DE QUANTIFICATION).	35
TABLEAU 14 : CONCENTRATIONS DU CR(VI) ET CR TOTAL DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011 (<LQ : VALEURS INFERIEURES A LA LIMITE DE QUANTIFICATION).	35
TABLEAU 15 : CONCENTRATIONS DE FE ET MN DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011 (<LQ : VALEURS INFERIEURES A LA LIMITE DE QUANTIFICATION).	36
TABLEAU 16 : CONCENTRATIONS DE NI ET ZN DISSOUS MESUREES LORS DES CAMPAGNES SEMESTRIELLES D'AOUT DE 2008 A 2011 (<LQ : VALEURS INFERIEURES A LA LIMITE DE QUANTIFICATION).	36

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 $0,5 \text{ m.s}^{-1}$, 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 ($^{\circ}\text{C}$) ;
- La turbidité par mesure de la néphélométrie exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- La fluorescence *in-vivo*, exprimée en mg.m^{-3} , 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 ($^{\circ}\text{C}$)	-5 à +35	0,005	0,0001
Pression (db)	0 - 350	0,35	0,007
Turbidité (NTU)	0 - 25	NA*	0,01
Fluorescence ($\mu\text{g.L}^{-1}$ Chl)	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 (Ca^{2+}), sodium (Na^{+}), (K^{+}) et (Mg^{2+}) : 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 (SO_4^{2-}) 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 $0,45 \mu\text{m}$ 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.

Sels nutritifs

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

- PEHD pour être stockés à -20°C en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL/LEA. Ces dosages concernent les nitrates+nitrites ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$), les phosphates (PO_4), l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD). Chaque niveau de profondeur échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- Verre borosilicaté et addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 24 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium (NH_4). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat.

Nitrates + Nitrites

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

Ammonium

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

Phosphates

Le dosage des orthophosphates a été effectué selon la méthode de Murphy & 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. Le domaine de concentrations mesurable s'étend de 0 à 28 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, la limite de détection étant de 0,01 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ avec un intervalle de confiance de 95 % sur la gamme de 0 à 3 $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Silicates

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

Matière organique

Azote et phosphore organiques dissous

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

Matière organique particulaire

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

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

Carbone et azote

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

Phosphore organique particulaire

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

Pigments chlorophylliens

Les dosages ont été effectués par la méthode fluorométrique de Lorenzen (1966) qui présente une très grande sensibilité. Les pigments chlorophylliens sont extraits du filtre par un solvant organique, leur détection s'effectue, après excitation dans un faisceau lumineux à 450 nm , par mesure de la fluorescence émise à 670 nm (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamétrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle *a* par rapport à la somme chlorophylle *a* + Phéophytine *a*. Etant 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^{-1} .

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Conditionnement et analyse

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 (Voltammétrie) au laboratoire de AEL/LEA.
- 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). Les dosages ont été réalisés aux longueurs d'ondes suivantes : Cd 226,502 ; Co 230,786 ; Cu 324,754 ; Fe 238,204 ; Mn 257,610 ; Ni 231,604 ; Pb 217,000 ; Zn 206,200.

Validation des analyses

Deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26,3 et TMDA-61) délivrés par la société *Environment Canada* ont été intercalés dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations (Tableau 2). Les limites de quantification de cinq 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 ⁻¹)		TMDA-61 (µg.L ⁻¹)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	9,3 ± 0,3	8,1 ± 1,0	73,0 ± 0,8	62,9 ± 5,8
Cu	15,3 ± 0,7	13,4 ± 1,9	76,0 ± 0,01	69,2 ± 7,4
Fe	19,3 ± 0,2	21 ± 3,6	83,2 ± 0,2	81,1 ± 10,1
Mn	18,9 ± 0,1	17 ± 1,4	84,7 ± 0,3	74,8 ± 7,3
Ni	13,9 ± 0,3	10,2 ± 1,3	67,6 ± 0,4	58,7 ± 6,4
Zn	46,2 ± 0,12	39	83,1 ± 0,7	71,3 ± 8,7

Tableau 3 : Limite de quantification des métaux Co, Cu, Fe, Mn et Ni.

Elément	LQ (µg.L ⁻¹)
Co	0,012
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié : CASS-4 Nearshore Seawater (Tableau 4).

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

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

ANNEXE 2

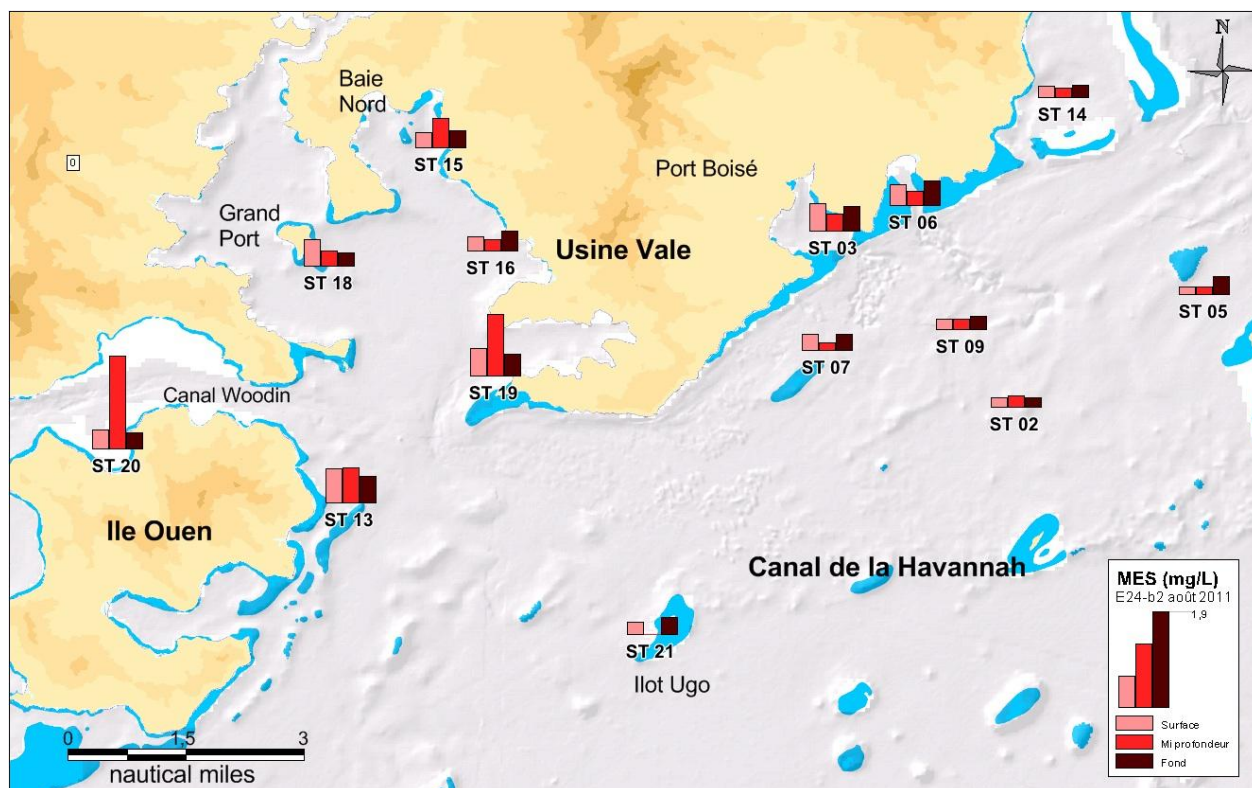
CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS, DE LA MES ET PH

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 d'août 2011 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface + 3 m , M = mi-profondeur, F = fond – 3 m.

Station	Niveau	Ca^{2+} (mg.L ⁻¹)	K^+ (mg.L ⁻¹)	Mg^{2+} (mg.L ⁻¹)	Na^+ (mg.L ⁻¹)	Cl^- (mg.L ⁻¹)	SO_4^{2-} (mg.L ⁻¹)	MES (mg.L ⁻¹)	pH
St 02	S	441	444	1381	11610	21706	2768	0,20	8,25
St 02	M	448	456	1404	11665	20165	2604	0,25	8,24
St 02	F	441	446	1388	11796	21607	2860	0,21	8,24
St 03	S	432	435	1356	11507	19017	2465	0,56	8,25
St 03	M	438	444	1371	11745	18540	2474	0,35	8,23
St 03	F	440	447	1380	11784	18009	2400	0,50	8,25
St 05	S	498	495	1629	11823	19410	2579	0,17	8,26
St 05	M	417	425	1359	11574	18975	2465	0,17	8,24
St 05	F	418	423	1355	11627	19422	2497	0,37	8,20
St 06	S	430	428	1402	11411	21261	2760	0,43	8,16
St 06	M	477	476	1561	11684	20089	2677	0,29	8,23
St 06	F	444	443	1451	11555	19327	2557	0,51	8,21
St 07	S	429	433	1342	11625	21382	2786	0,34	8,26
St 07	M	435	440	1361	11784	25961	2829	0,17	8,23
St 07	F	432	437	1356	11780	20907	2755	0,34	8,17
St 09	S	446	449	1399	11843	19236	2454	0,22	8,15
St 09	M	431	435	1347	11792	19936	2662	0,22	8,10
St 09	F	438	439	1371	11379	19259	2522	0,27	8,28
St 13	S	423	432	1382	11678	20210	2675	0,69	8,31
St 13	M	422	427	1370	11662	20220	2839	0,70	8,23
St 13	F	505	508	1653	11849	19521	2529	0,54	8,28
St 14	S	482	482	1580	11787	19042	2529	0,24	8,18
St 14	M	472	475	1544	11746	18894	2539	0,21	8,22
St 14	F	610	608	2010	12283	18614	2457	0,26	8,32
St 15	S	453	453	1481	11400	19582	2532	0,32	8,32
St 15	M	581	593	1898	11841	19326	2535	0,60	8,32
St 15	F	417	426	1358	11711	18918	2456	0,36	8,31
St 16	S	487	487	1598	11858	20715	2737	0,30	8,33
St 16	M	525	522	1727	12115	20391	2637	0,25	8,32
St 16	F	508	511	1668	11820	20478	2806	0,41	8,30

Station	Niveau	Ca ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	MES (mg/L)	pH
St 18	S	441	445	1385	11888	18726	2477	0,54	8,34
St 18	M	439	443	1377	11687	20899	2713	0,32	8,31
St 18	F	439	443	1379	11798	20420	2688	0,28	8,19
St 19	S	417	426	1358	11763	20945	2813	0,56	8,30
St 19	M	408	415	1328	11652	20246	2655	1,23	8,34
St 19	F	513	516	1677	11932	19956	2695	0,46	8,27
St 20	S	433	436	1354	11671	20483	2649	0,39	8,30
St 20	M	450	454	1414	11681	21595	2840	1,84	8,21
St 20	F	443	448	1445	11941	21917	2932	0,34	8,22
St 21	S	415	419	1351	11689	20190	2666	0,26	8,32
St 21	M	416	422	1355	11716	19181	2533	Nd	8,24
St 21	F	430	435	1398	11770	20993	2719	0,36	8,22

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

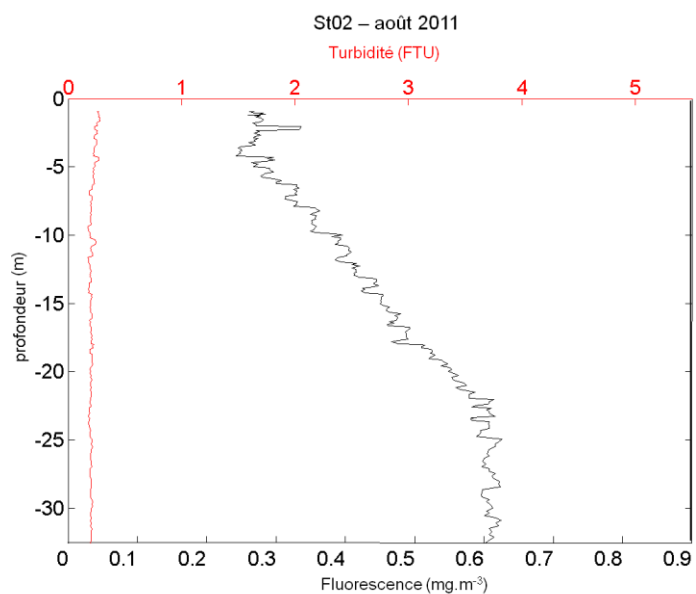
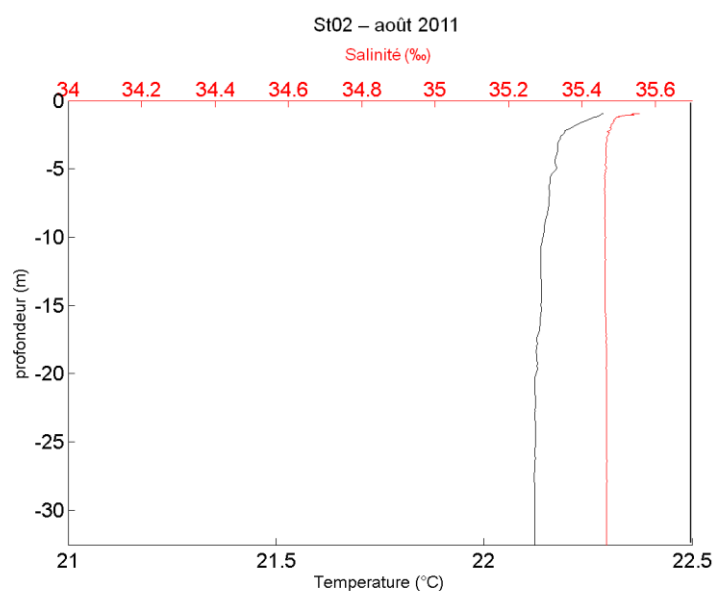


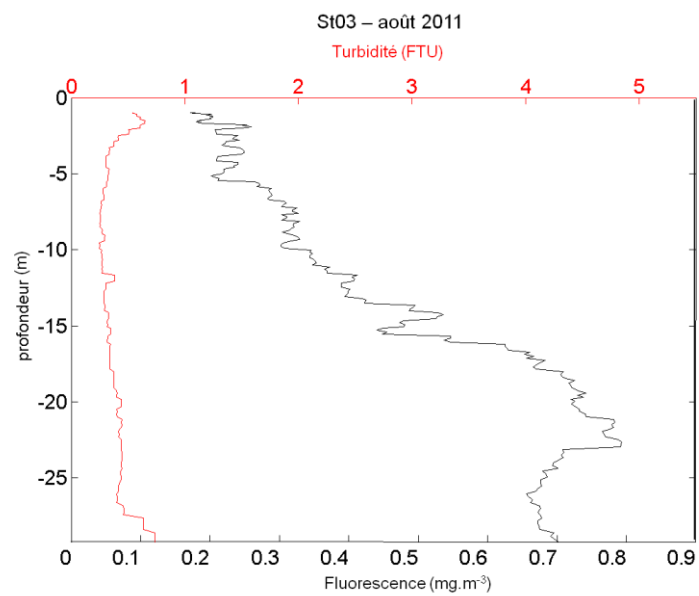
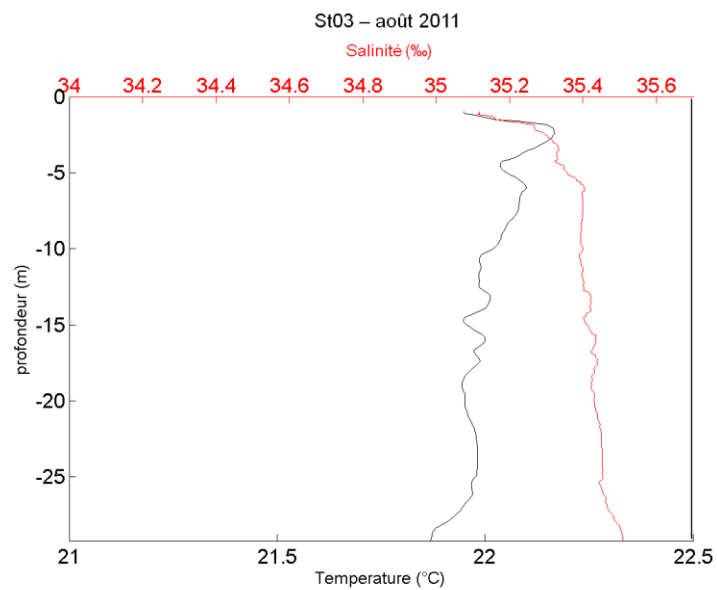
ANNEXE 3

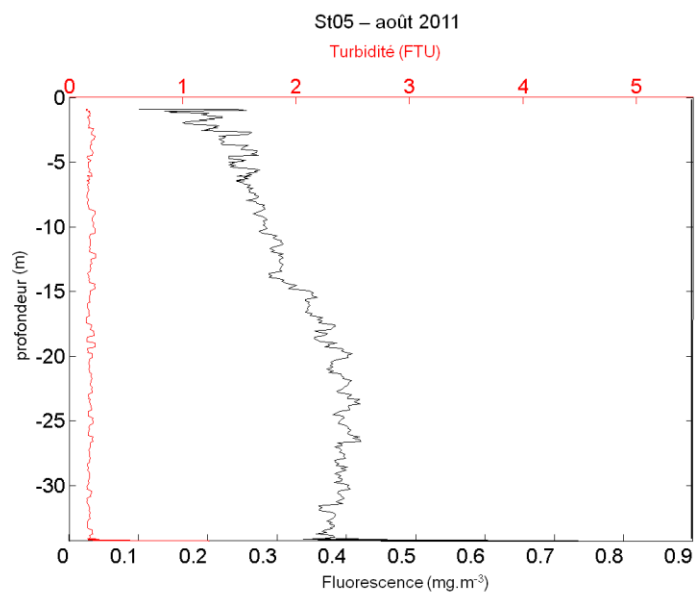
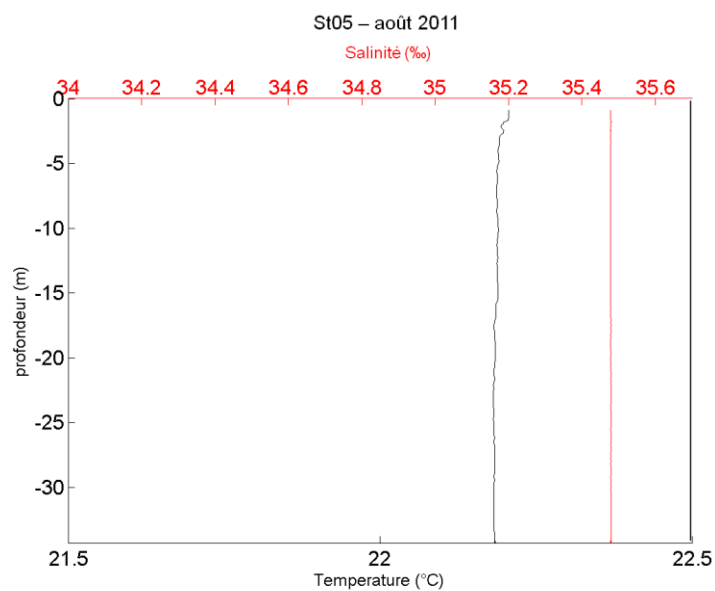
PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

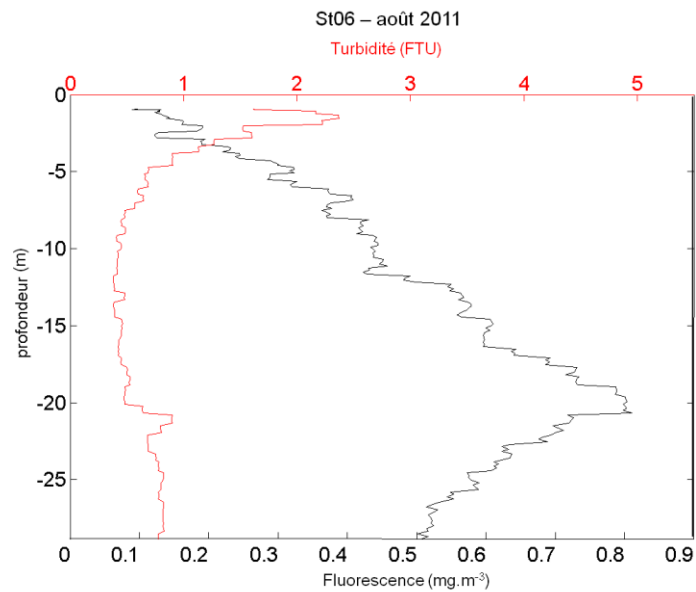
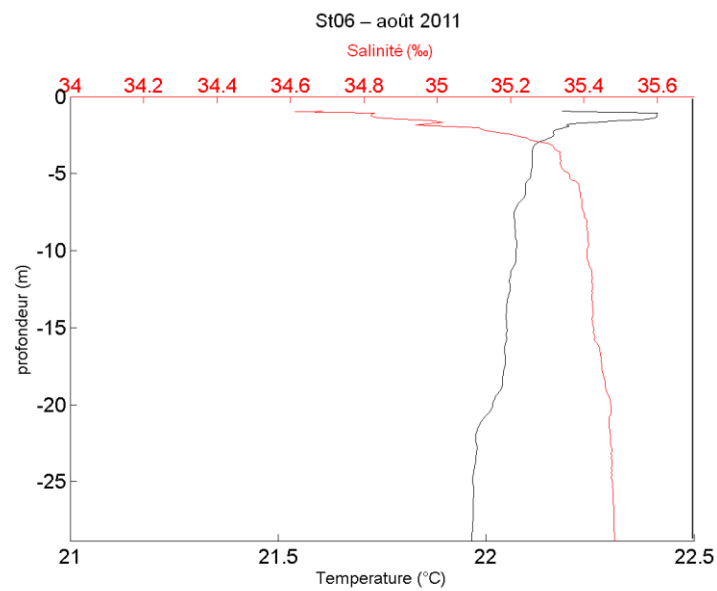
Profils CTD de salinité (‰), température (°C), turbidité (NTU) et fluorescence (mg.m^{-3}) obtenus lors de la campagne semestrielle d'août 2011.

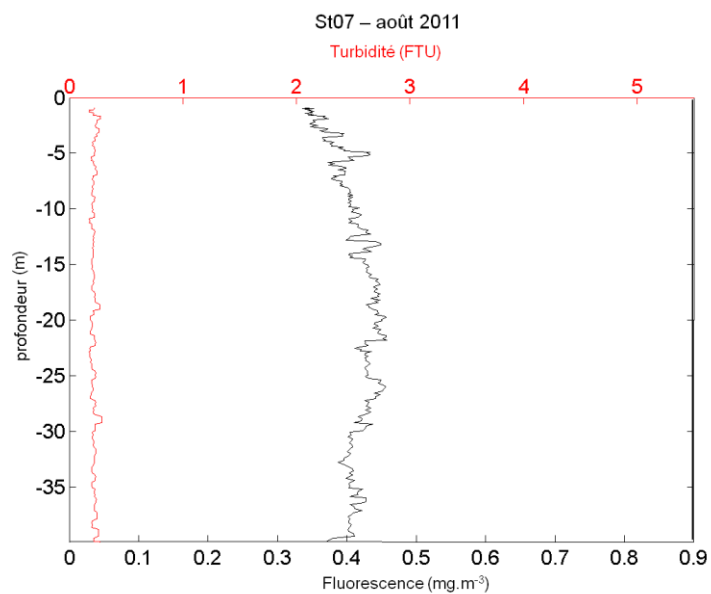
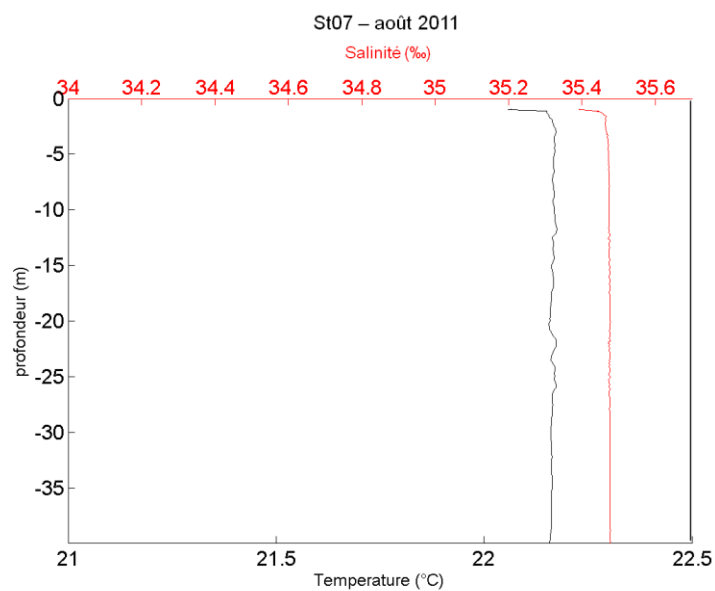
Station St02 (Basse Chambeyron)

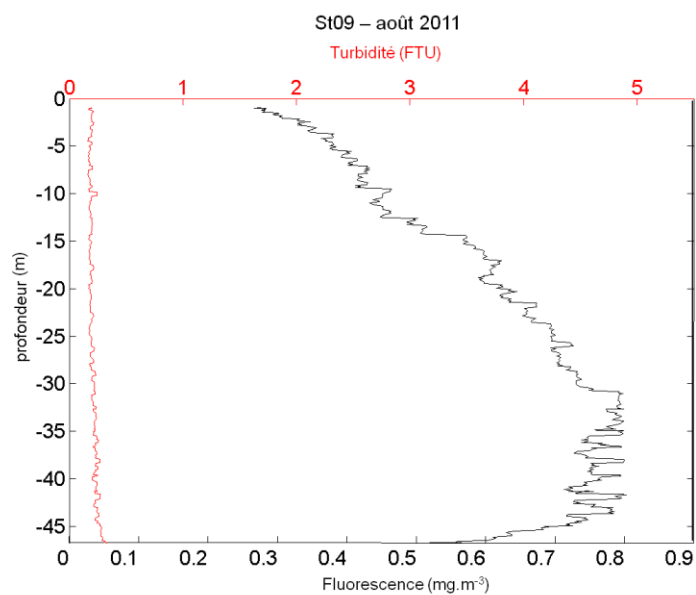
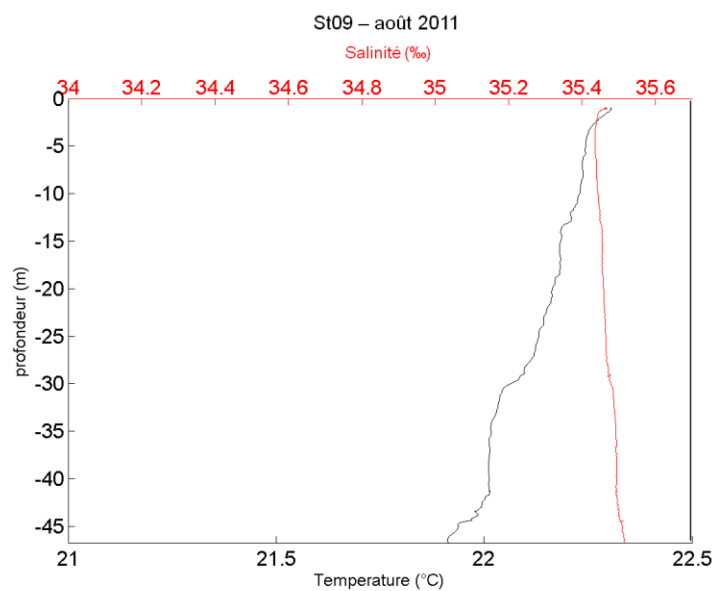


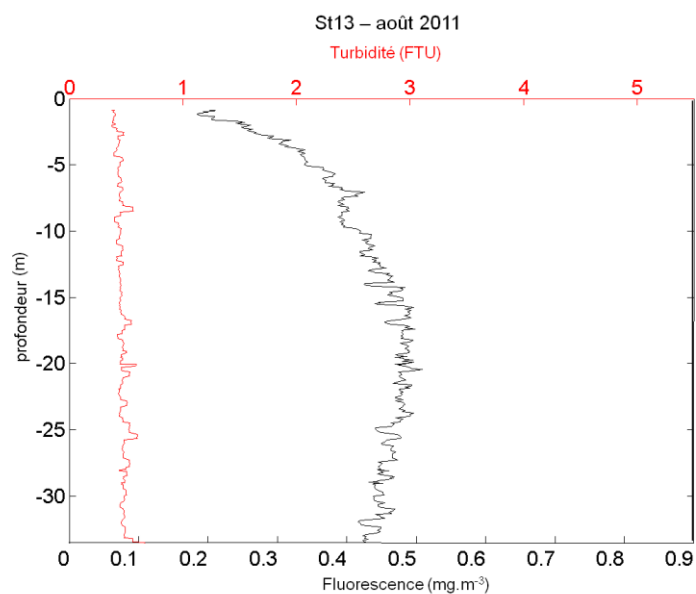
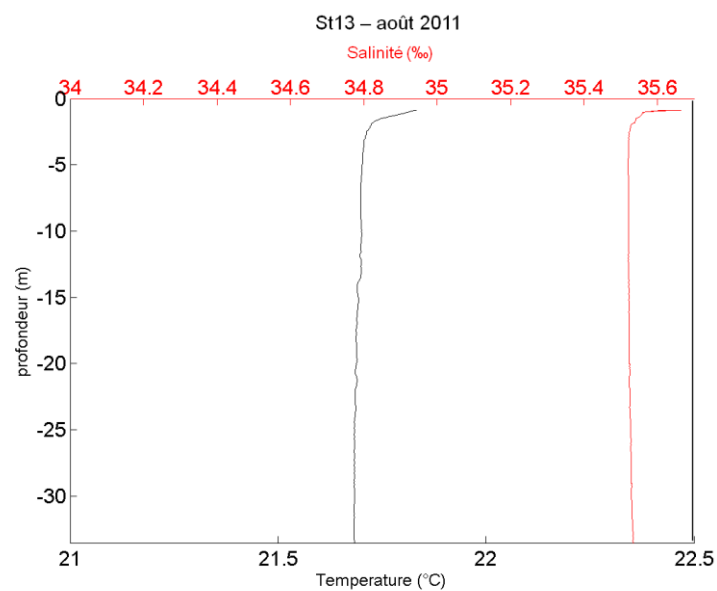
Station St03 (Baie Port Boisé)

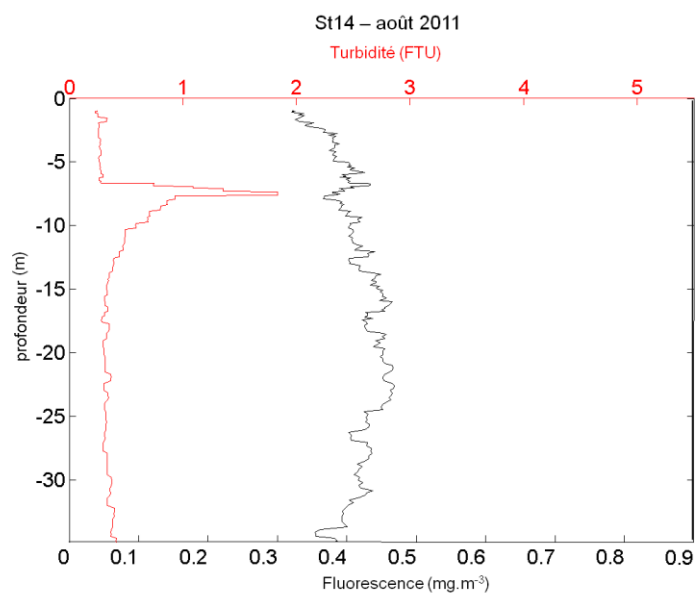
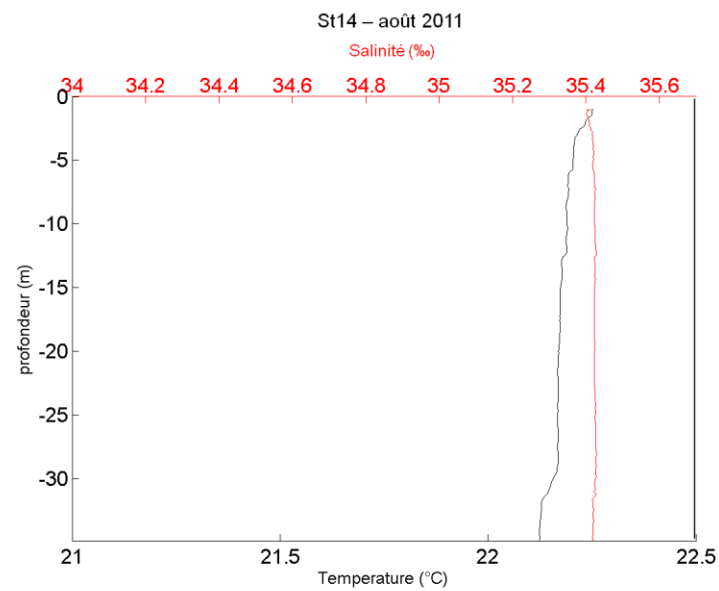
Station St05 (Ilot Kié)

Station St06 (Récif de la Baie Kwé)

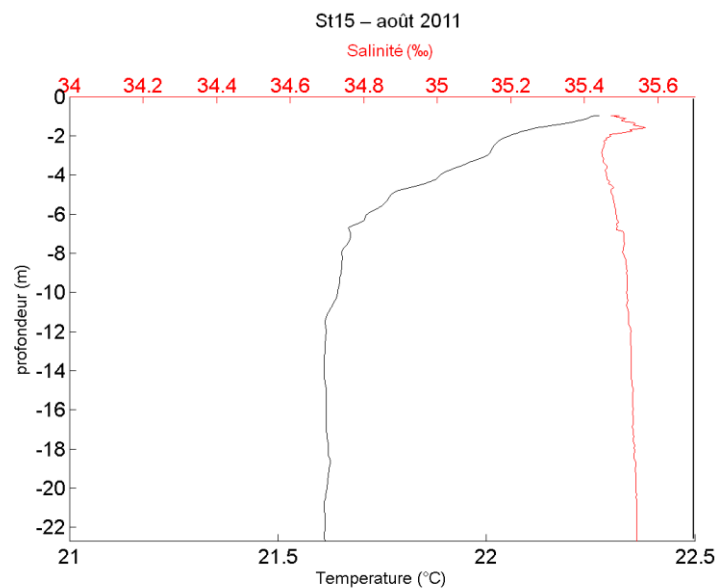
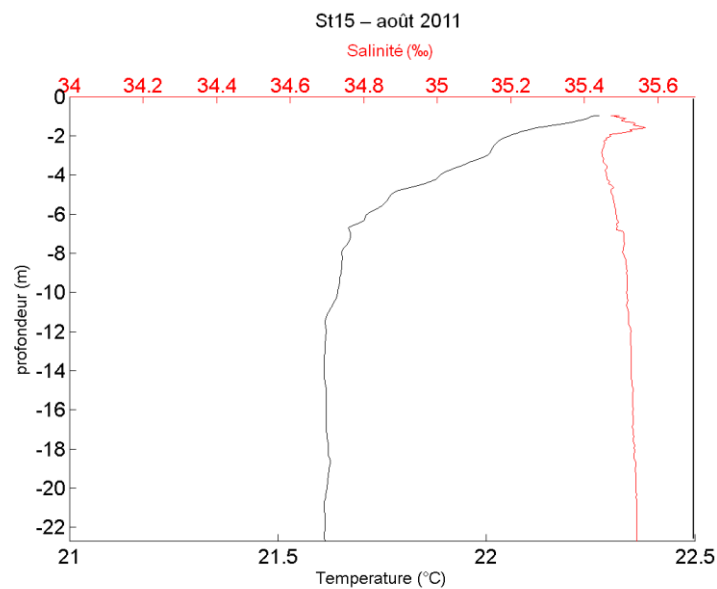
Station St07 (Récif Ioro)

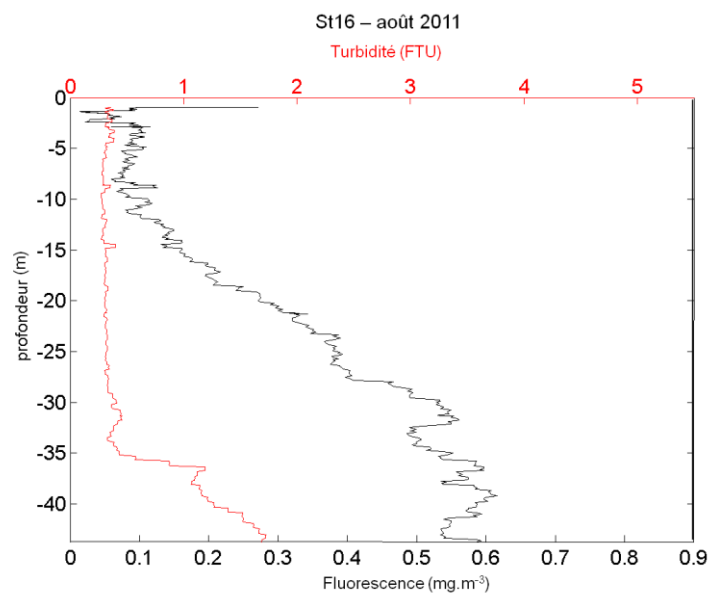
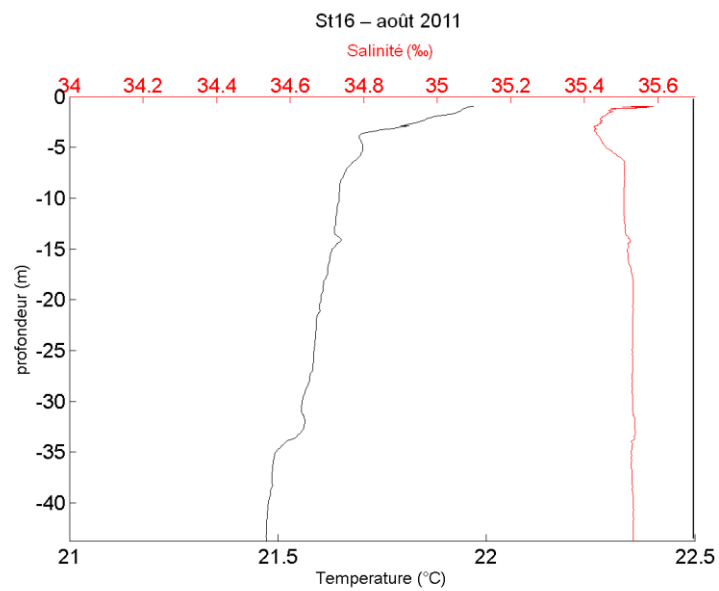
Station St09 (Canal de la Havannah)

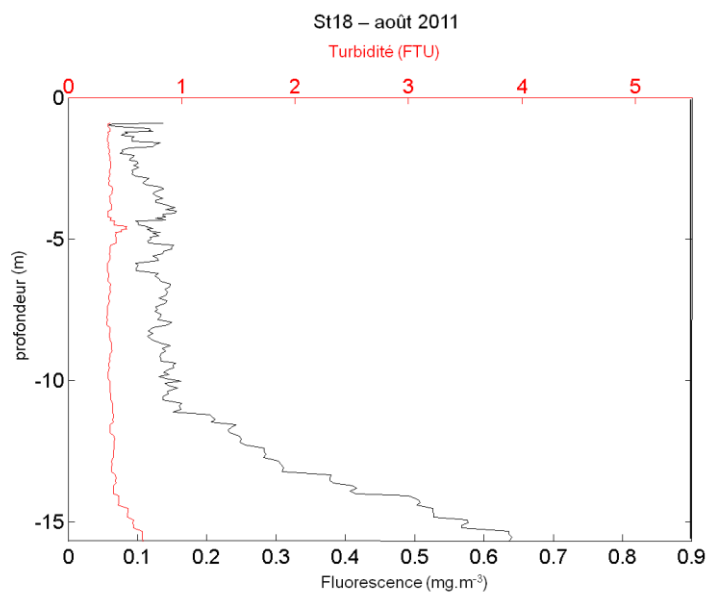
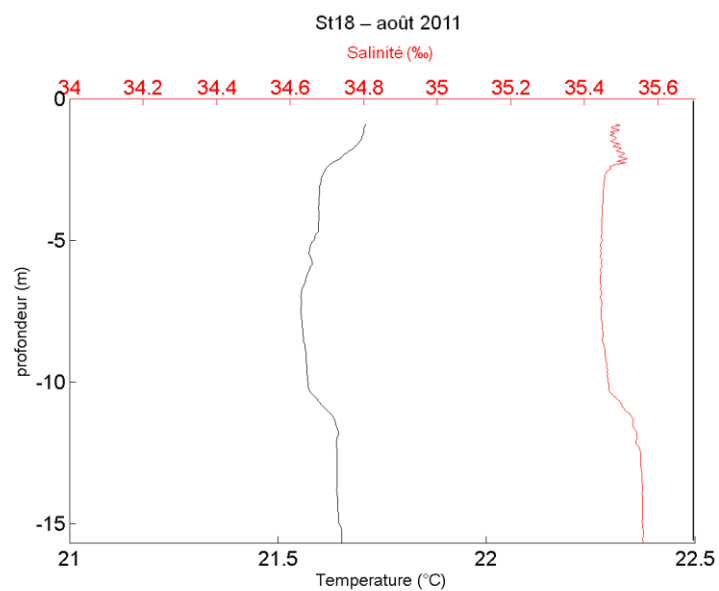
Station St13 (Pointe Nord du récif Ma)

Station St14 (Port de Goro)

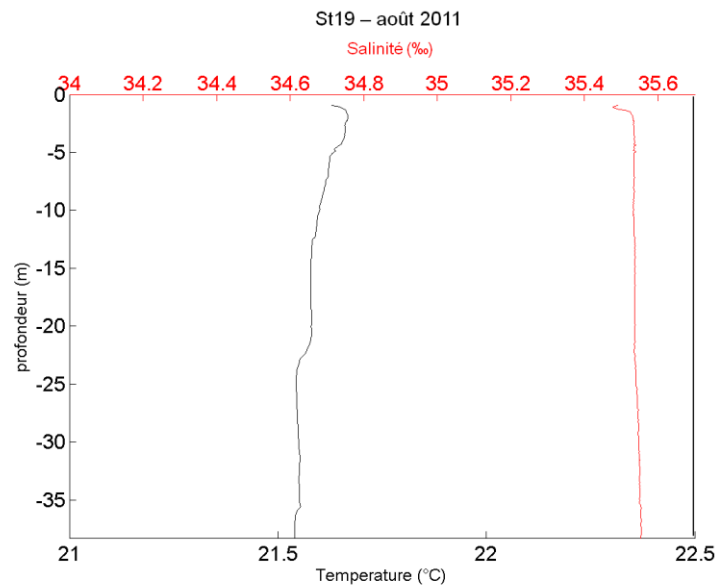
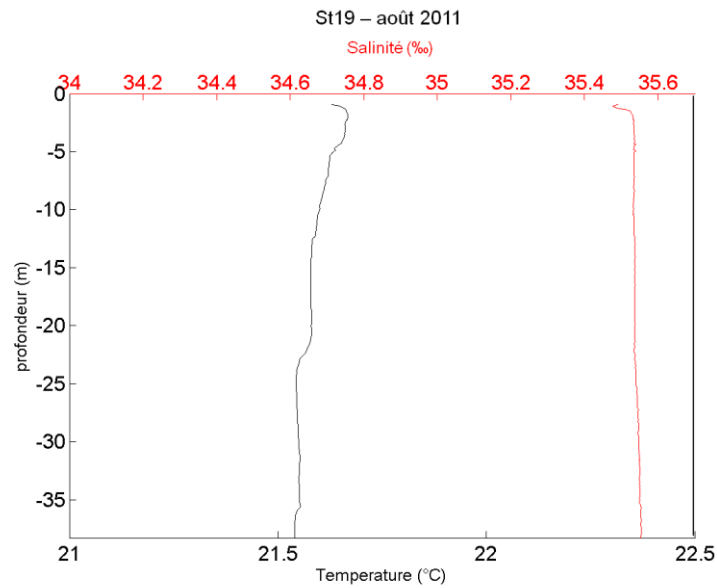
Station St15 (Prony Creek Baie Nord)

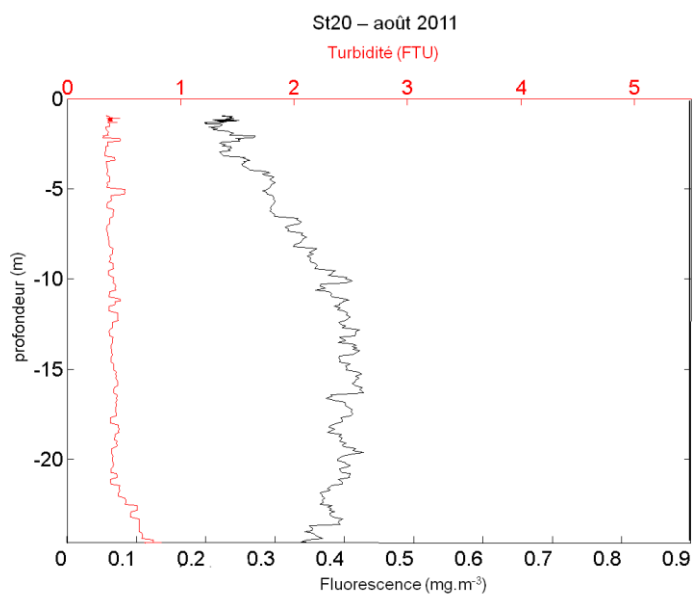
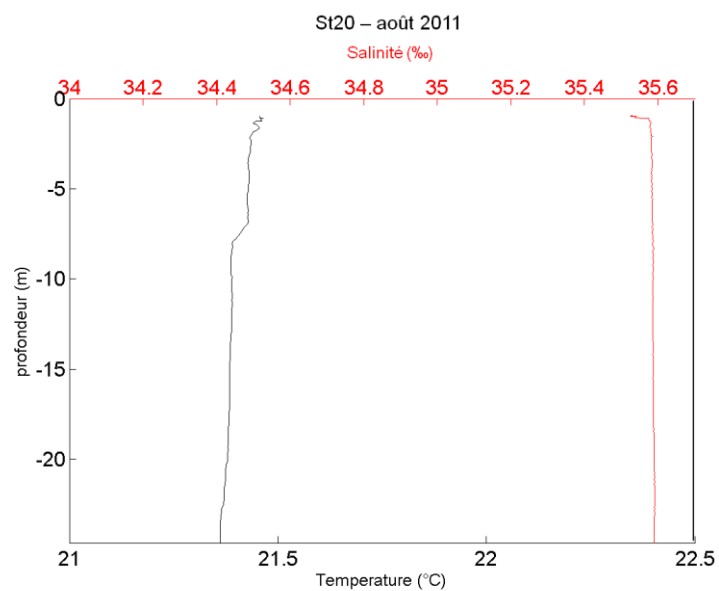


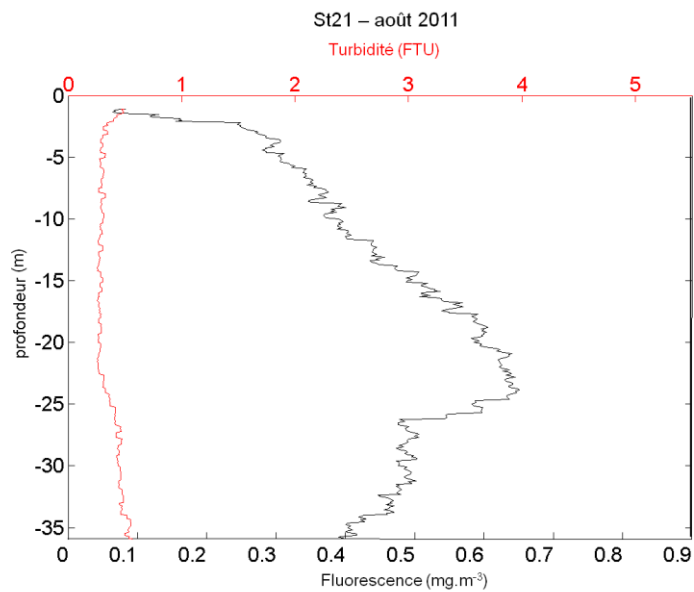
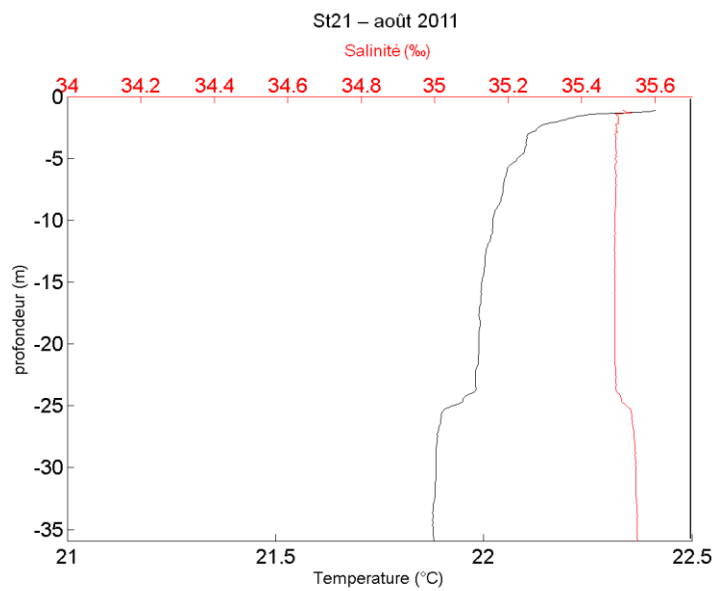
Station St16 (Prony Wharf)

Station St18 (Prony Ilot Casy)

Station St19 (Rade de l'est)



Station St20 (Baie Iré)

Station St21 (Ilot Ugo)

ANNEXE 4

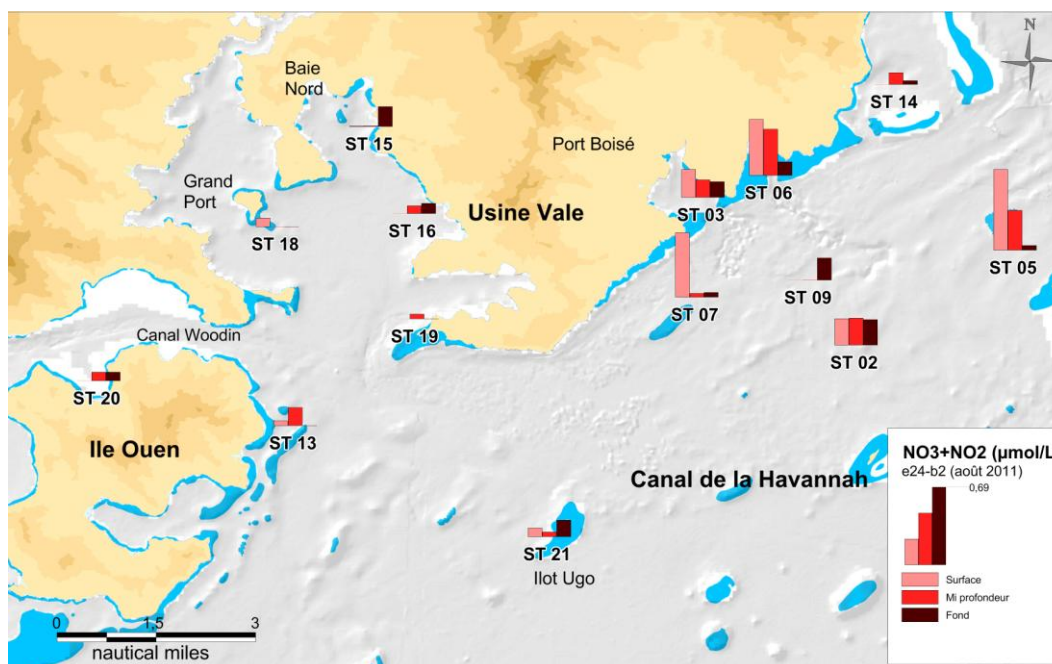
CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS

Concentrations des sels nutritifs ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$, NH_4 , PO_4 et SiO_4) des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; Nd = valeur non déterminée.

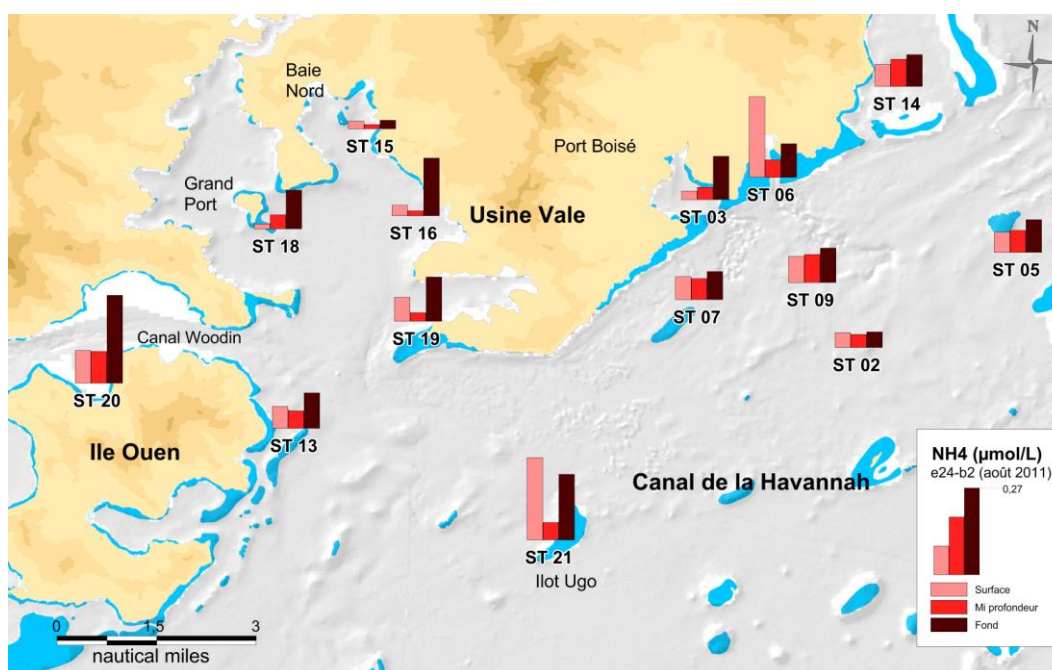
Station	Niveau	$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)	NH_4 ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)	PO_4 ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)	SiO_4 ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)
St 02	S	$0,22 \pm 0,02$	$0,045 \pm 0,015$	Nd	Nd
St 02	M	$0,23 \pm 0,01$	$0,041 \pm 0,008$	$0,042 \pm 0,011$	Nd
St 02	F	$0,22 \pm 0,01$	$0,046 \pm 0,013$	$0,058 \pm 0,008$	$0,42 \pm 0,01$
St 03	S	$0,24 \pm 0,01$	$0,026 \pm 0,002$	$0,056 \pm 0,006$	$2,05 \pm 0,11$
St 03	M	$0,15 \pm 0,01$	$0,037 \pm 0,003$	$0,032 \pm 0,028$	$0,59 \pm 0,21$
St 03	F	$0,14 \pm 0,05$	$0,131 \pm 0,005$	$0,050 \pm 0,006$	$1,21 \pm 0,22$
St 05	S	$0,69 \pm 0,05$	$0,061 \pm 0,001$	$0,011 \pm 0,004$	$0,03 \pm 0,04$
St 05	M	$0,34 \pm 0,02$	$0,067 \pm 0,004$	$0,061 \pm 0,006$	$0,02 \pm 0,03$
St 05	F	$0,04 \pm 0,03$	$0,097 \pm 0,031$	$0,032 \pm 0,008$	Nd
St 06	S	$0,47 \pm 0,01$	$0,242 \pm 0,002$	$0,033 \pm 0,013$	$4,34 \pm 0,60$
St 06	M	$0,39 \pm 0,04$	$0,053 \pm 0,003$	$0,042 \pm 0,006$	$0,63 \pm 0,10$
St 06	F	$0,12 \pm 0,01$	$0,100 \pm 0,001$	$0,052 \pm 0,003$	$1,20 \pm 1,15$
St 07	S	$0,55 \pm 0,13$	$0,068 \pm 0,007$	$0,031 \pm 0,037$	$0,08 \pm 0,14$
St 07	M	$0,03 \pm 0,02$	$0,064 \pm 0,005$	Nd	$0,04 \pm 0,07$
St 07	F	$0,04 \pm 0,01$	$0,084 \pm 0,007$	Nd	Nd
St 09	S	Nd	$0,079 \pm 0,004$	$0,025 \pm 0,021$	Nd
St 09	M	Nd	$0,086 \pm 0,029$	$0,058 \pm 0,029$	$0,03 \pm 0,05$
St 09	F	$0,19 \pm 0,02$	$0,103 \pm 0,009$	$0,056 \pm 0,002$	$0,70 \pm 0,04$
St 13	S	$0,04 \pm 0,02$	$0,067 \pm 0,036$	$0,084 \pm 0,006$	Nd
St 13	M	$0,16 \pm 0,04$	$0,053 \pm 0,002$	$0,036 \pm 0,001$	$0,74 \pm 0,28$
St 13	F	Nd	$0,107 \pm 0,016$	$0,035 \pm 0,009$	$0,31 \pm 0,02$
ST 14	S	Nd	$0,066 \pm 0,002$	$0,027 \pm 0,008$	$0,05 \pm 0,06$
ST 14	M	$0,10 \pm 0,01$	$0,083 \pm 0,021$	$0,059 \pm 0,008$	$0,75 \pm 0,03$
ST 14	F	$0,04 \pm 0,04$	$0,094 \pm 0,07$	$0,024 \pm 0,003$	$2,13 \pm 2,46$
St 15	S	$0,02$ (n=1)	$0,025 \pm 0,002$	$0,052 \pm 0,005$	$2,65 \pm 0,17$
St 15	M	$0,02$ (n=1)	$0,014 \pm 0,001$	$0,074 \pm 0,016$	$1,47 \pm 0,30$
St 15	F	$0,17 \pm 0,03$	$0,027 \pm 0,010$	$0,015 \pm 0,008$	$0,72 \pm 0,20$
St 16	S	Nd	$0,031 \pm 0,006$	$0,115 \pm 0,016$	$1,73 \pm 0,05$
St 16	M	$0,07 \pm 0,02$	$0,016 \pm 0,004$	$0,083 \pm 0,007$	$1,24 \pm 0,30$
St 16	F	$0,09 \pm 0,01$	$0,172 \pm 0,004$	$0,050 \pm 0,004$	$1,86 \pm 0,01$

Station	Niveau	NO ₃ + NO ₂ (μmol.L ⁻¹) (n=3)	NH ₄ (μmol.L ⁻¹) (n=3)	PO ₄ (μmol.L ⁻¹) (n=3)	SiO ₄ (μmol.L ⁻¹) (n=3)
St 18	S	0,08 ± 0,01	0,017 ± 0,004	0,049 ± 0,010	1,24 ± 0,22
St 18	M	Nd	0,041 ± 0,005	0,091 ± 0,006	1,26 ± 0,11
St 18	F	Nd	0,116 ± 0,020	0,203 ± 0,002	0,84 ± 0,08
St 19	S	Nd	0,071 ± 0,001	0,102 ± 0,007	0,56 ± 0,58
St 19	M	0,04 ± 0,01	0,027 ± 0,002	0,098 ± 0,006	0,62 ± 0,42
St 19	F	Nd	0,132 ± 0,003	0,076 ± 0,028	0,39 ± 0,05
St 20	S	Nd	0,098 ± 0,004	Nd	1,37 ± 1,32
St 20	M	0,08 ± 0,01	0,096 ± 0,012	Nd	0,85 ± 0,51
St 20	F	0,07 ± 0,04	0,263 ± 0,059	Nd	0,29 ± 0,23
St 21	S	0,08 ± 0,01	0,247 ± 0,018	0,063 ± 0,010	Nd
St 21	M	0,05 ± 0,01	0,052 ± 0,012	Nd	0,55 ± 0,65
St 21	F	0,14 ± 0,01	0,196 ± 0,029	0,035 ± 0,013	0,13 ± 0,12

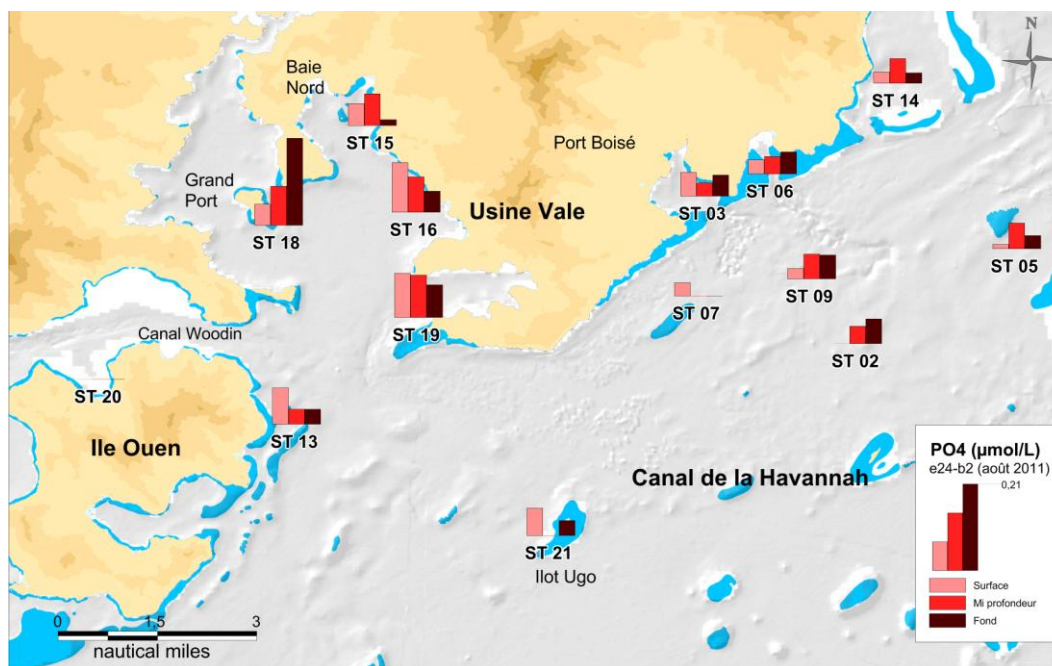
Concentration de Nitrates+Nitrites (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



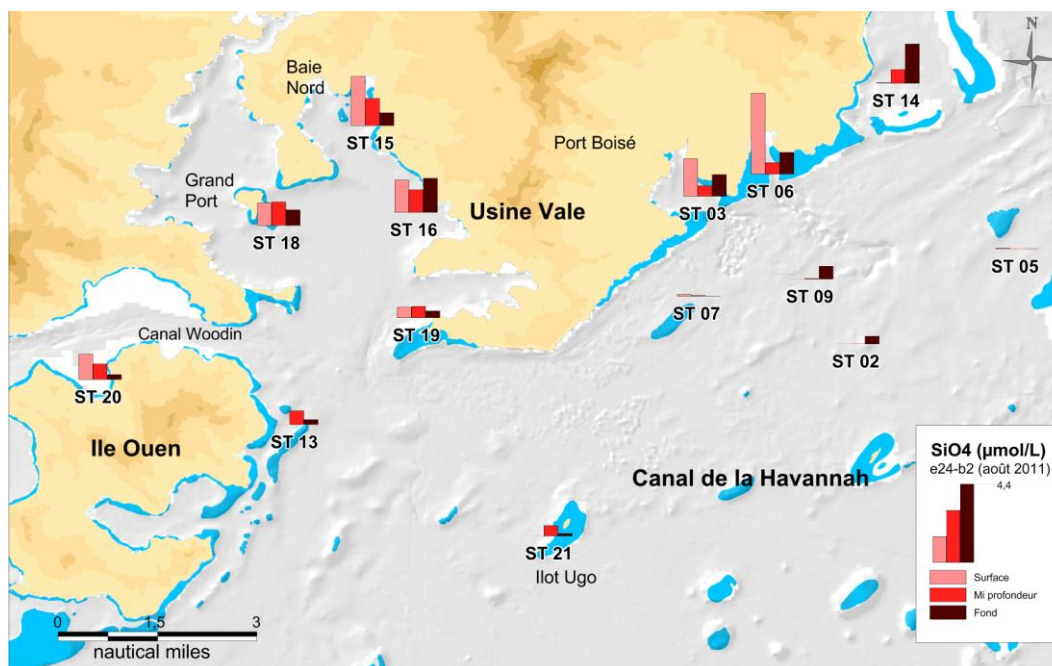
Concentration d'ammonium (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



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



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





ANNEXE 5

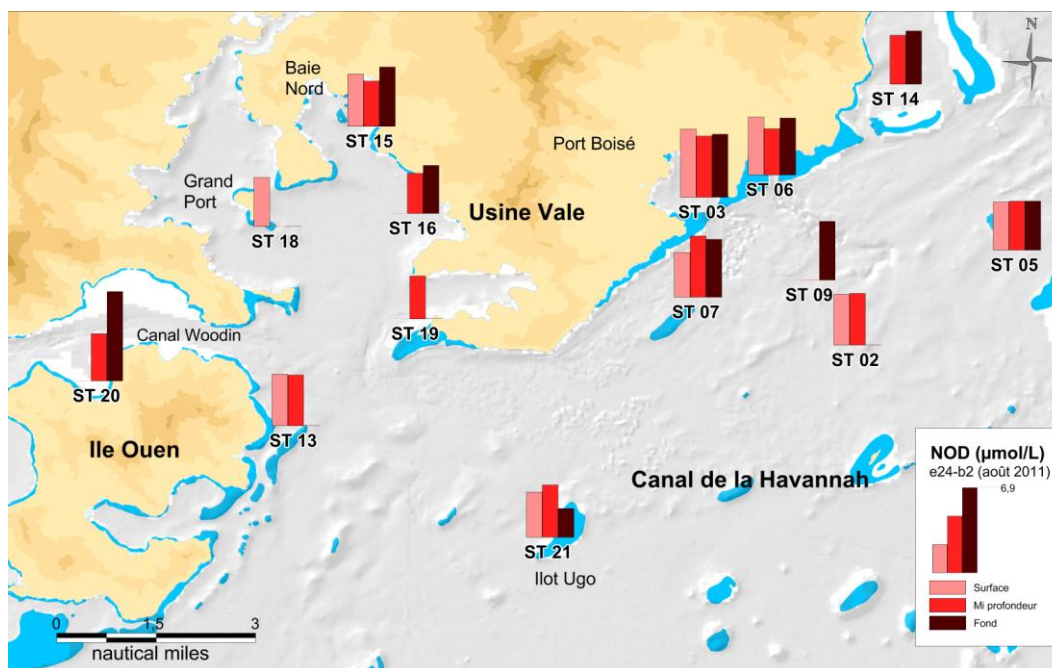
CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUE, PARTICULAIRE ET TOTALE

Concentrations de l'azote et du phosphore organiques dissous (NOD et POD), de l'azote, phosphore et carbone organiques particulaires (NOP, COP et POP) et de l'azote et phosphore total (NT et PT) des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; Nd = valeur non déterminée.

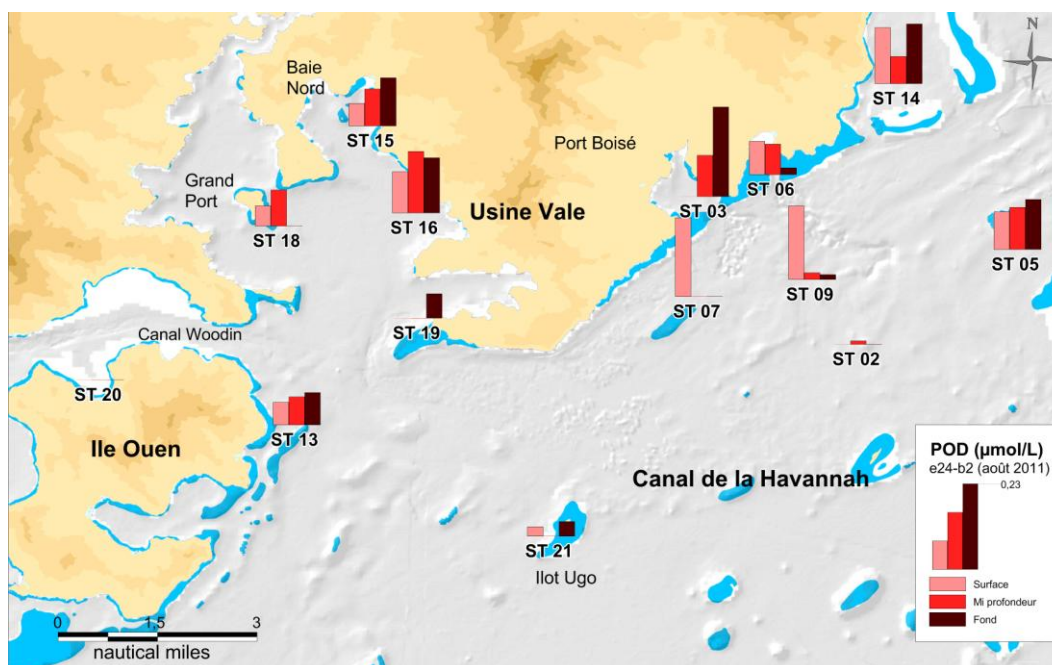
Station	Niveau	NOD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	NOP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	COP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	NT ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)	PT ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)
St 02	S	3,92	Nd	0,57	0,031	55,0	4,76 (n=1)	0,12 $\pm$ 0,05
St 02	M	3,96	0,009	0,74	0,039	12,4	4,97 $\pm$ 0,09	0,09 $\pm$ 0,03
St 02	F	Nd	Nd	1,21	0,071	10,5	Nd	Nd
St 03	S	5,31	Nd	0,68	0,038	15,7	6,25 $\pm$ 0,14	0,09 $\pm$ 0,04
St 03	M	4,74	0,105	0,80	0,050	15,6	5,72 $\pm$ 0,17	0,19 $\pm$ 0,14
St 03	F	4,86	0,230	0,86	0,033	9,7	5,99 $\pm$ 0,14	0,31 $\pm$ 0,08
St 05	S	3,73	0,096	0,64	0,037	13,4	6,83 $\pm$ 0,17	0,14 $\pm$ 0,03
St 05	M	3,81	0,107	0,63	0,015	9,1	7,34 $\pm$ 0,12	0,18 $\pm$ 0,03
St 05	F	3,78	0,128	0,49	0,050	12,0	5,32 $\pm$ 0,11	0,21 $\pm$ 0,05
St 06	S	4,45	0,086	0,76	0,038	15,6	5,92 $\pm$ 0,49	0,16 $\pm$ 0,01
St 06	M	3,56	0,078	0,81	0,040	12,0	4,82 (n=1)	0,16 $\pm$ 0,05
St 06	F	4,39	0,017	0,49	0,031	15,3	5,09 $\pm$ 0,15	0,10 $\pm$ 0,01
St 07	S	3,46	0,204	0,66	0,012	15,0	4,74 $\pm$ 0,21	0,25 $\pm$ 0,13
St 07	M	4,76	Nd	0,41	0,043	15,6	5,27 $\pm$ 0,37	0,17 $\pm$ 0,32
St 07	F	4,49	Nd	0,37	0,032	9,4	4,98 $\pm$ 0,08	0,15 $\pm$ 0,04
St 09	S	Nd	0,189	0,63	0,040	13,2	5,12 $\pm$ 0,47	0,25 $\pm$ 0,03
St 09	M	Nd	0,017	0,45	0,056	10,2	4,84 $\pm$ 0,21	0,13 $\pm$ 0,01
St 09	F	4,50	0,012	0,52	0,049	10,6	4,40 $\pm$ 0,39	0,12 $\pm$ 0,04
St 13	S	4,01	0,059	0,80	0,065	21,1	4,92 $\pm$ 0,13	0,21 $\pm$ 0,02
St 13	M	3,94	0,072	0,58	0,056	15,3	4,73 (n=1)	0,16 $\pm$ 0,05
St 13	F	Nd	0,083	1,20	0,043	12,1	5,50 $\pm$ 0,39	0,16 $\pm$ 0,04
ST 14	S	Nd	0,145	0,66	0,022	8,4	5,14 $\pm$ 0,45	0,19 $\pm$ 0,03
ST 14	M	3,76	0,069	0,88	0,033	13,4	4,82 $\pm$ 0,18	0,16 $\pm$ 0,03
ST 14	F	4,13	0,152	0,55	0,037	11,1	4,80 $\pm$ 0,21	0,21 $\pm$ 0,12
St 15	S	4,04	0,058	0,90	0,057	10,7	4,97 $\pm$ 0,01	0,17 $\pm$ 0,05
St 15	M	3,51	0,095	0,84	0,057	11,2	4,37 $\pm$ 0,11	0,23 $\pm$ 0,05
St 15	F	4,57	0,123	0,44	0,033	13,4	5,20 $\pm$ 0,34	0,17 $\pm$ 0,02
St 16	S	Nd	0,107	0,54	0,022	9,7	5,54 $\pm$ 0,07	0,24 $\pm$ 0,02
St 16	M	3,11	0,158	0,67	0,023	10,8	3,86 $\pm$ 0,22	0,26 $\pm$ 0,02
St 16	F	3,72	0,142	0,74	0,029	9,4	4,72 $\pm$ 0,06	0,22 $\pm$ 0,03

Station	Niveau	NOD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	NOP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	POP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	COP ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	NT ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)	PT ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) (n=3)
St 18	S	3,82	0,052	0,63	0,049	9,1	4,54 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,06
St 18	M	Nd	0,093	0,64	0,050	11,0	5,10 $\pm$ 0,09	0,23 $\pm$ 0,06
St 18	F	Nd	Nd	0,63	0,052	12,3	4,82 (n=1)	0,12 $\pm$ 0,01
St 19	S	Nd	Nd	0,65	0,043	14,7	6,78 $\pm$ 0,29	0,12 $\pm$ 0,01
St 19	M	3,28	Nd	0,81	0,038	11,8	4,16 $\pm$ 0,40	0,13 $\pm$ 0,03
St 19	F	Nd	0,062	0,36	0,032	14,6	4,44 $\pm$ 0,06	0,17 $\pm$ 0,17
St 20	S	Nd	Nd	1,25	0,037	20,1	5,01 $\pm$ 0,36	0,10 $\pm$ 0,08
St 20	M	3,67	Nd	Nd	0,024	22,4	3,84 $\pm$ 0,05	0,06 $\pm$ 0,06
St 20	F	6,87	Nd	0,73	0,015	15,2	7,94 $\pm$ 0,34	0,11 $\pm$ 0,01
St 21	S	3,51	0,026	0,48	0,011	8,5	4,32 $\pm$ 0,16	0,10 $\pm$ 0,04
St 21	M	4,03	Nd	0,75	0,028	9,3	4,88 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,01
St 21	F	2,26	0,039	0,88	0,020	12,3	3,47 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,02

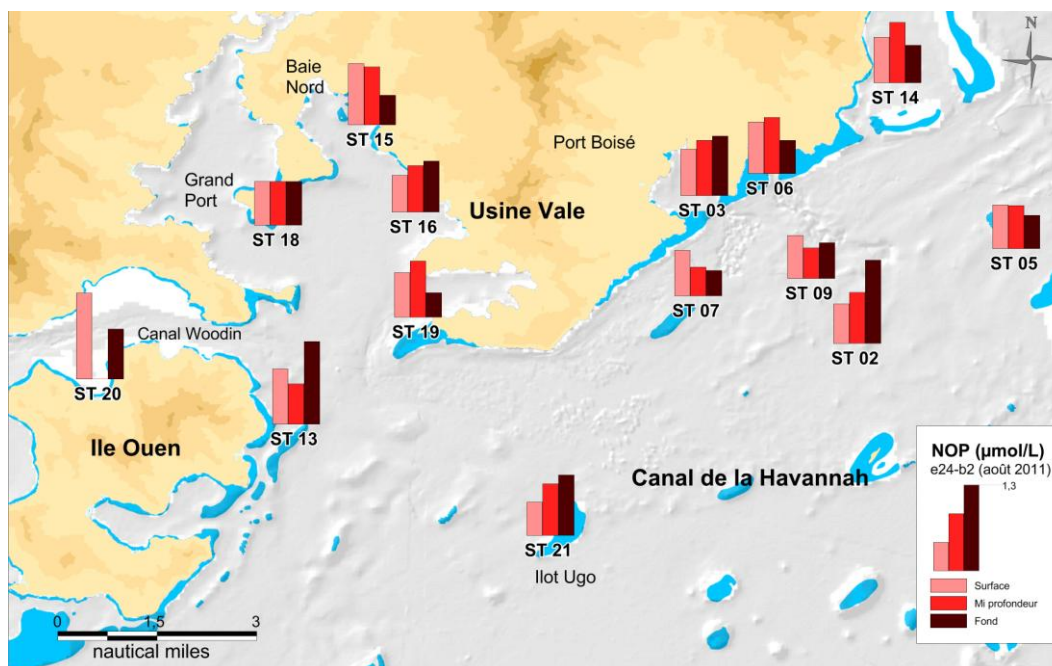
Concentration d'azote organique dissous (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



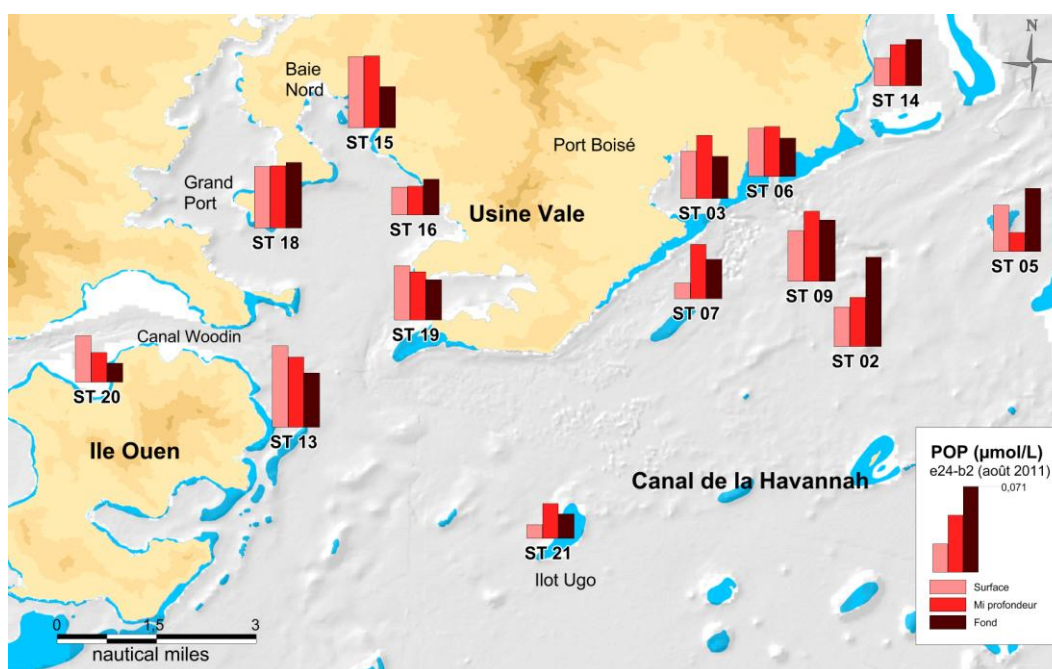
Concentration de phosphore organique dissous (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



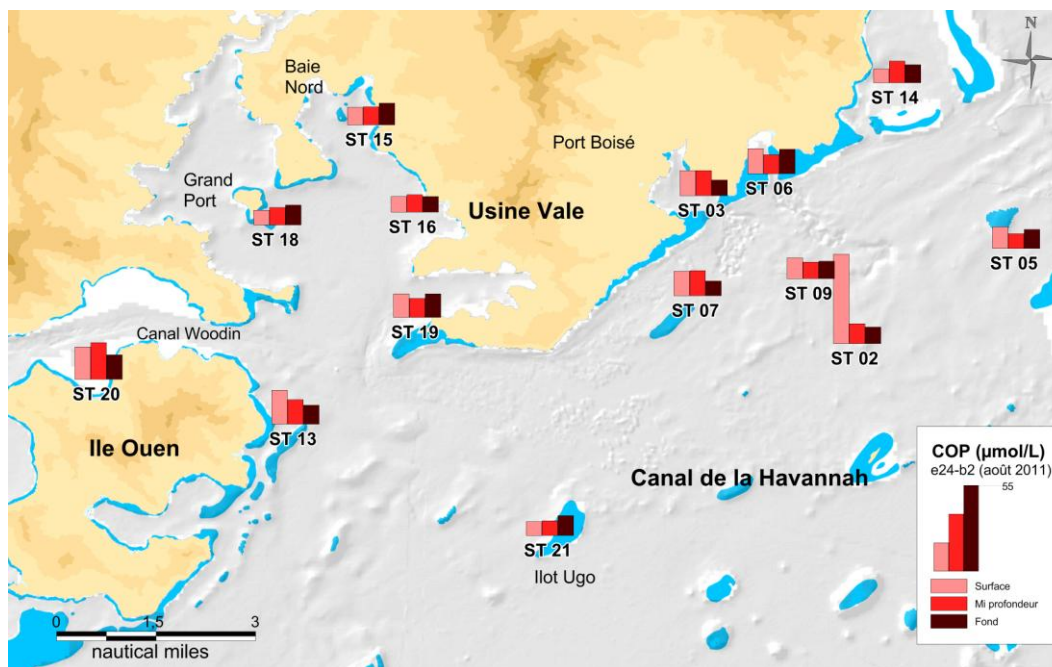
Concentration d'azote organique particulaire (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



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



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



ANNEXE 6

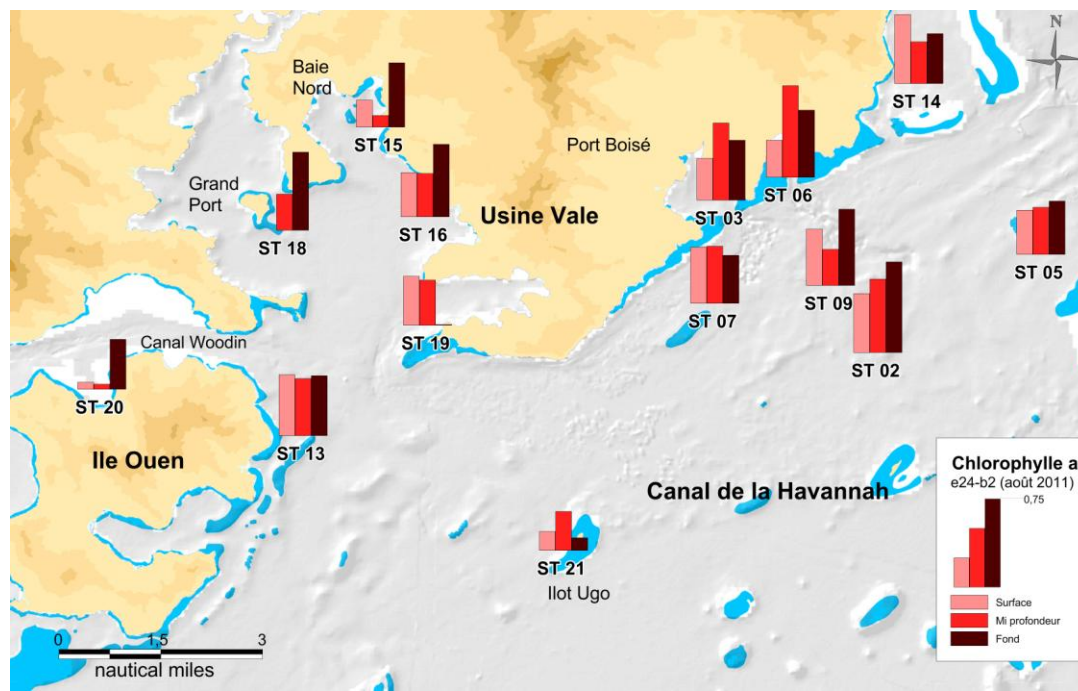
CONCENTRATIONS DE LA CHLOROPHYLLE *a* ET DES PHEOPIGMENTS

Concentrations de la chlorophylle *a* et des phéopigments des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; Nd = valeur non déterminée,

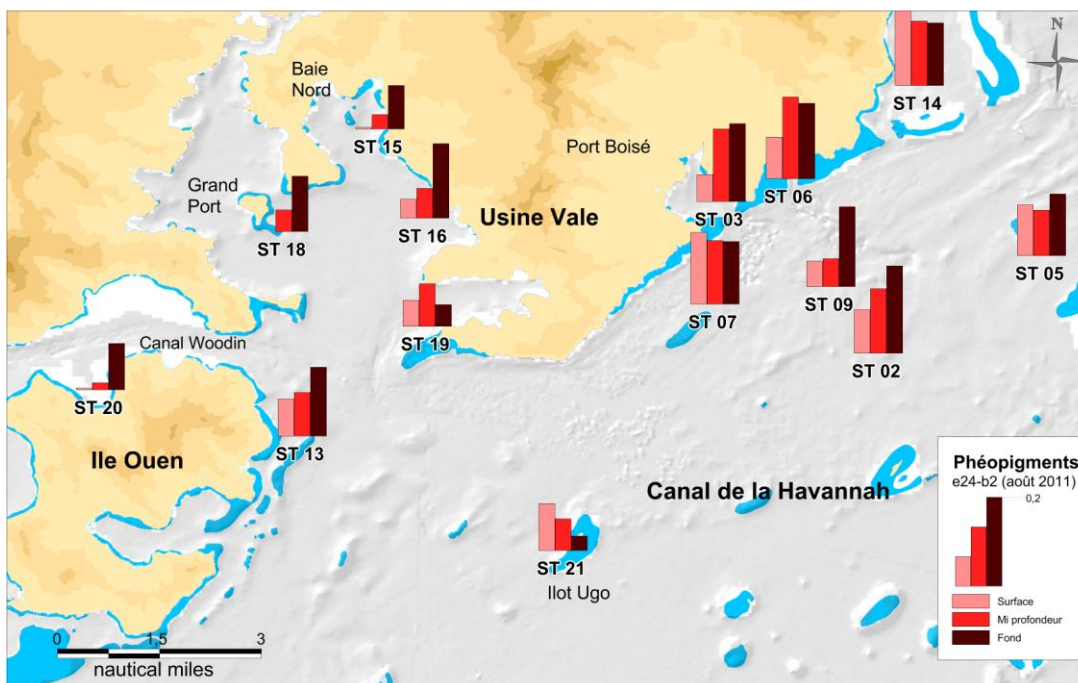
Station	Niveau	Chlorophylle <i>a</i>	Phéopigment	% Phéopigment
		($\mu\text{g.L}^{-1}$)	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	
ST 02	S	0,48	0,09	16,3
ST 02	M	0,60	0,14	19,0
ST 02	F	0,73	0,19	20,3
ST 03	S	0,34	0,06	15,1
ST 03	M	0,62	0,16	20,2
ST 03	F	0,48	0,17	25,8
ST 05	S	0,36	0,11	23,4
ST 05	M	0,39	0,10	20,3
ST 05	F	0,44	0,13	23,5
ST 06	S	0,30	0,09	22,7
ST 06	M	0,75	0,18	19,2
ST 06	F	0,55	0,16	22,9
ST 07	S	0,45	0,15	25,4
ST 07	M	0,46	0,14	22,9
ST 07	F	0,39	0,13	25,7
ST 09	S	0,45	0,06	10,8
ST 09	M	0,29	0,06	17,3
ST 09	F	0,61	0,17	21,9
ST 13	S	0,49	0,08	14,0
ST 13	M	0,46	0,09	16,9
ST 13	F	0,49	0,15	23,3
ST 14	S	0,56	0,19	25,8
ST 14	M	0,34	0,14	28,9
ST 14	F	0,40	0,14	25,3
ST 15	S	0,22	0,00	1,5
ST 15	M	0,10	0,03	24,2
ST 15	F	0,52	0,09	15,4
ST 16	S	0,36	0,04	10,0
ST 16	M	0,35	0,07	15,6
ST 16	F	0,59	0,16	21,4
ST 18	S	Nd	Nd	Nd
ST 18	M	0,29	0,05	14,0
ST 18	F	0,63	0,12	16,0

Station	Niveau	Chlorophylle <i>a</i>	Phéopigment	% Phéopigment
		(µg/l)	(µg/l)	
ST 19	S	0,40	0,06	12,5
ST 19	M	0,37	0,09	19,8
ST 19	F	0,01	0,05	90,1
ST 20	S	0,06	0,00	7,2
ST 20	M	0,05	0,01	24,5
ST 20	F	0,41	0,10	19,8
ST 21	S	0,15	0,10	39,6
ST 21	M	0,31	0,07	18,1
ST 21	F	0,10	0,03	23,7

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



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



ANNEXE 7

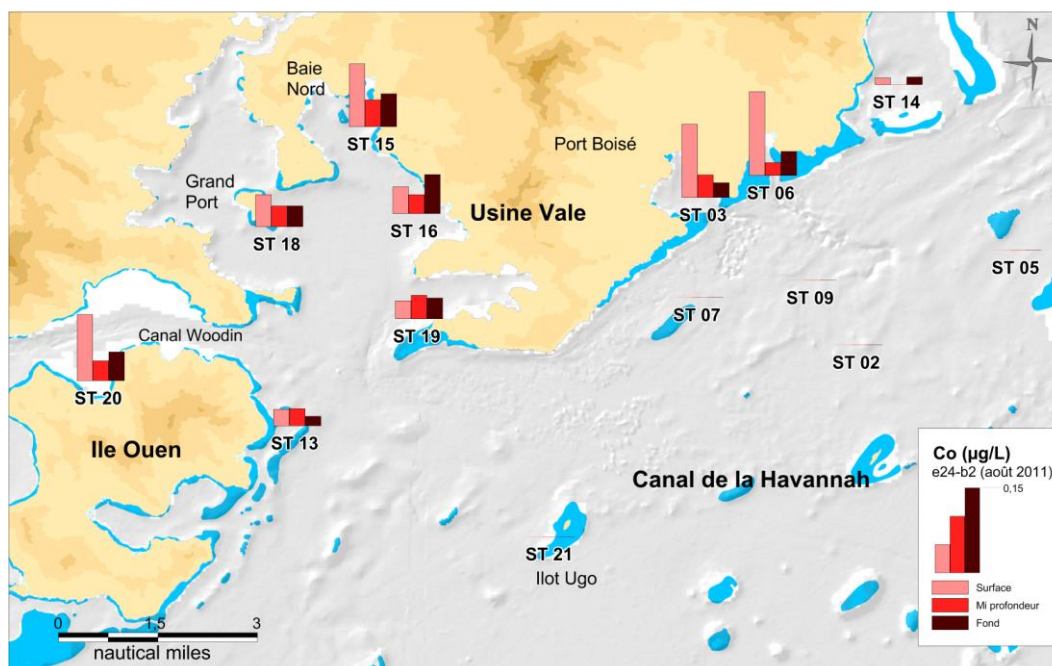
CONCENTRATIONS DES MÉTAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

Concentrations des métaux dissous des 14 stations de la zone d'étude lors de la campagne semestrielle d'août 2011 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 profondeurs : S = surface +3 m, M = mi-profondeur, F = fond -3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification ; Nd = valeur non déterminée,

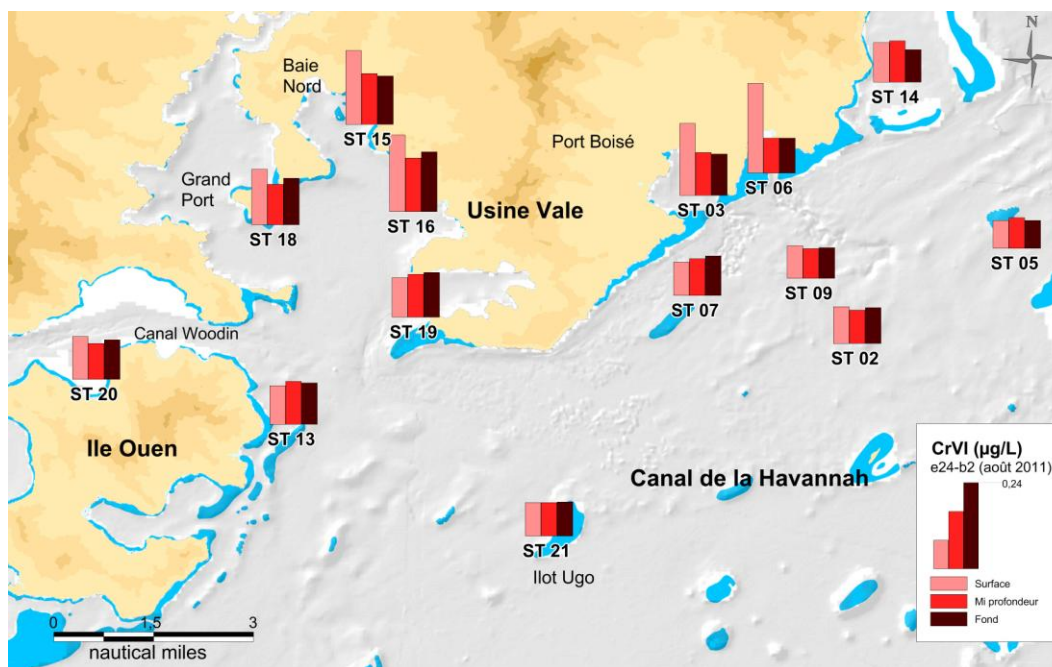
Station	Niveau	Cd ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr(VI) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
St02	S	<LQ	<LQ	0,10	0,21	<LQ	0,07	0,10	0,10	<LQ	0,30
St02	M	<LQ	<LQ	0,09	0,12	<LQ	0,08	0,10	0,10	<LQ	0,26
St02	F	<LQ	<LQ	0,10	0,19	0,07	0,06	0,11	0,11	<LQ	0,46
St03	S	<LQ	0,12	0,19	0,30	0,13	0,06	0,75	0,75	<LQ	0,23
St03	M	<LQ	0,04	0,12	0,22	<LQ	0,06	0,29	0,27	<LQ	0,41
St03	F	<LQ	0,03	0,11	0,25	0,03	0,06	0,28	0,25	<LQ	<LQ
St05	S	<LQ	<LQ	0,08	0,16	0,06	0,02	0,08	0,09	<LQ	0,14
St05	M	<LQ	<LQ	0,08	0,16	<LQ	0,02	0,08	0,10	<LQ	0,08
St05	F	<LQ	<LQ	0,07	0,20	0,22	0,05	0,12	0,13	<LQ	1,22
St06	S	<LQ	0,14	0,24	0,30	0,02	0,37	1,43	0,87	<LQ	0,29
St06	M	<LQ	0,02	0,09	0,16	<LQ	0,09	0,27	0,23	<LQ	0,20
St06	F	<LQ	0,04	0,09	0,15	0,04	0,11	0,40	0,25	<LQ	0,37
St07	S	<LQ	<LQ	0,09	0,13	0,04	0,03	0,10	0,11	<LQ	0,26
St07	M	<LQ	<LQ	0,10	0,12	<LQ	0,03	0,11	0,11	<LQ	0,27
St07	F	<LQ	<LQ	0,11	0,13	0,03	<LQ	0,10	0,11	<LQ	0,10
St09	S	<LQ	<LQ	0,09	0,12	0,13	0,07	0,12	0,12	<LQ	0,80
St09	M	<LQ	<LQ	0,08	0,13	<LQ	0,09	0,10	0,10	<LQ	0,08
St09	F	<LQ	<LQ	0,08	0,17	<LQ	0,15	0,12	0,14	<LQ	0,14
St13	S	<LQ	0,03	0,10	0,15	0,66	0,10	0,24	0,24	<LQ	1,03
St13	M	<LQ	0,03	0,11	0,14	0,04	0,09	0,23	0,24	<LQ	Nd
St13	F	<LQ	0,02	0,11	0,15	0,18	0,07	0,22	0,23	<LQ	0,48
St14	S	<LQ	0,01	0,11	0,13	0,04	0,09	0,19	0,17	<LQ	0,54
St14	M	<LQ	<LQ	0,11	0,15	0,08	0,08	0,21	0,19	<LQ	0,31
St14	F	<LQ	0,01	0,09	0,12	<LQ	0,13	0,23	0,19	<LQ	0,26
St15	S	<LQ	0,11	0,20	0,26	0,03	0,06	0,72	0,54	<LQ	0,24
St15	M	<LQ	0,05	0,14	0,17	0,02	0,03	0,31	0,36	<LQ	0,11
St15	F	<LQ	0,06	0,13	0,20	0,03	0,02	0,62	0,41	<LQ	0,15
St16	S	<LQ	0,05	0,21	0,23	0,03	0,04	0,40	0,41	<LQ	0,19
St16	M	<LQ	0,03	0,14	0,18	0,05	<LQ	0,22	0,30	<LQ	0,17
St16	F	<LQ	0,07	0,16	0,24	0,02	<LQ	0,35	0,46	<LQ	<LQ
St18	S	<LQ	0,05	0,15	0,21	0,36	0,04	0,39	0,42	<LQ	0,41
St18	M	<LQ	0,04	0,11	0,25	<LQ	0,03	0,32	0,34	<LQ	<LQ
St18	F	<LQ	0,04	0,12	0,20	0,20	0,02	0,28	0,32	<LQ	0,20
St19	S	<LQ	0,03	0,11	0,16	0,24	0,02	0,28	0,29	<LQ	0,71
St19	M	<LQ	0,04	0,11	0,19	0,05	<LQ	0,27	0,31	<LQ	0,08
St19	F	<LQ	0,04	0,12	0,16	0,02	0,03	0,30	0,33	<LQ	0,51
Station	Niveau	Cd ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr(VI) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cr total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
St20	S	<LQ	0,11	0,12	0,16	1,21	0,08	0,32	0,35	<LQ	0,84

St20	M	<LQ	0,03	0,10	0,15	0,10	0,02	0,29	0,31	<LQ	0,07
St20	F	<LQ	0,05	0,11	0,18	0,09	0,06	0,37	0,36	<LQ	0,72
St21	S	<LQ	<LQ	0,09	0,15	0,23	0,29	0,21	0,16	<LQ	0,55
St21	M	<LQ	<LQ	0,09	0,13	0,09	0,08	0,13	0,13	<LQ	0,43
St21	F	<LQ	<LQ	0,09	0,17	0,04	0,05	0,14	0,15	<LQ	0,61

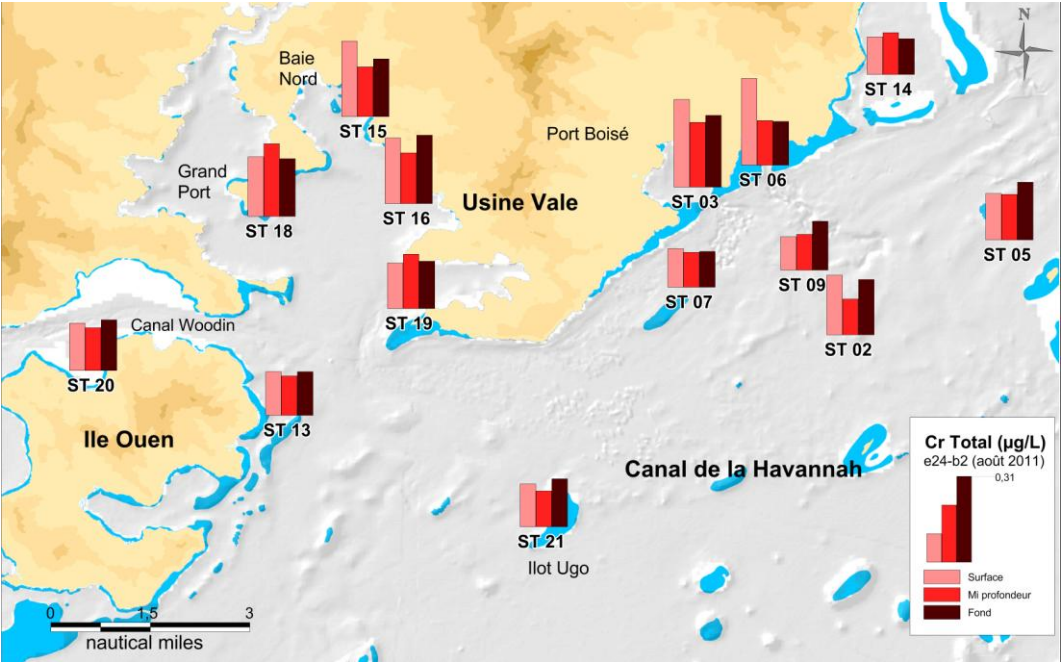
Concentration de cobalt (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



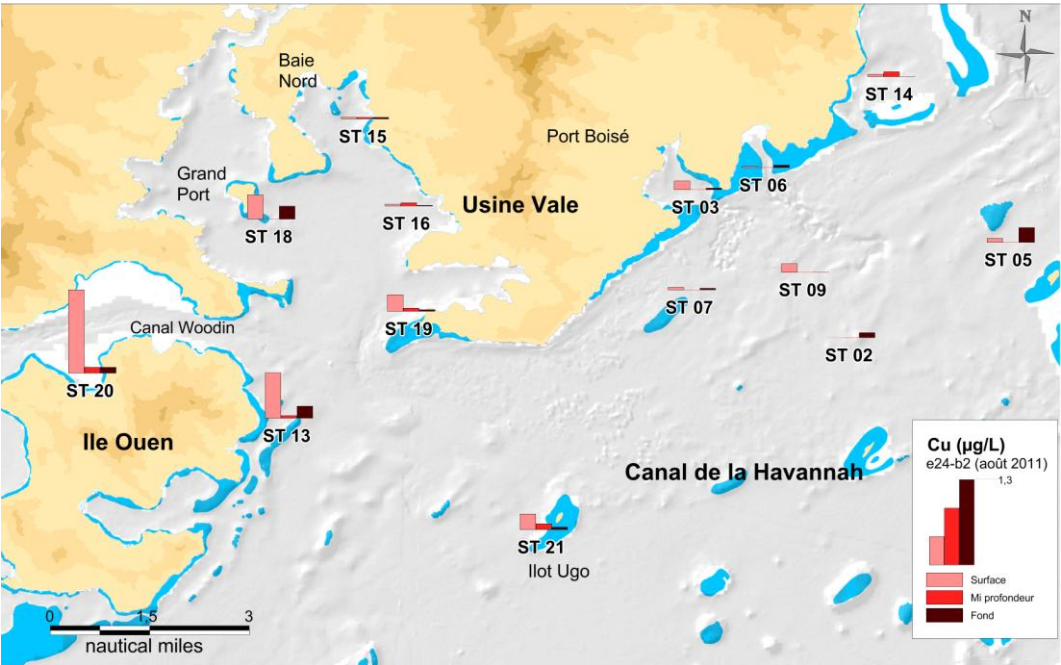
Concentration de chrome(VI) (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



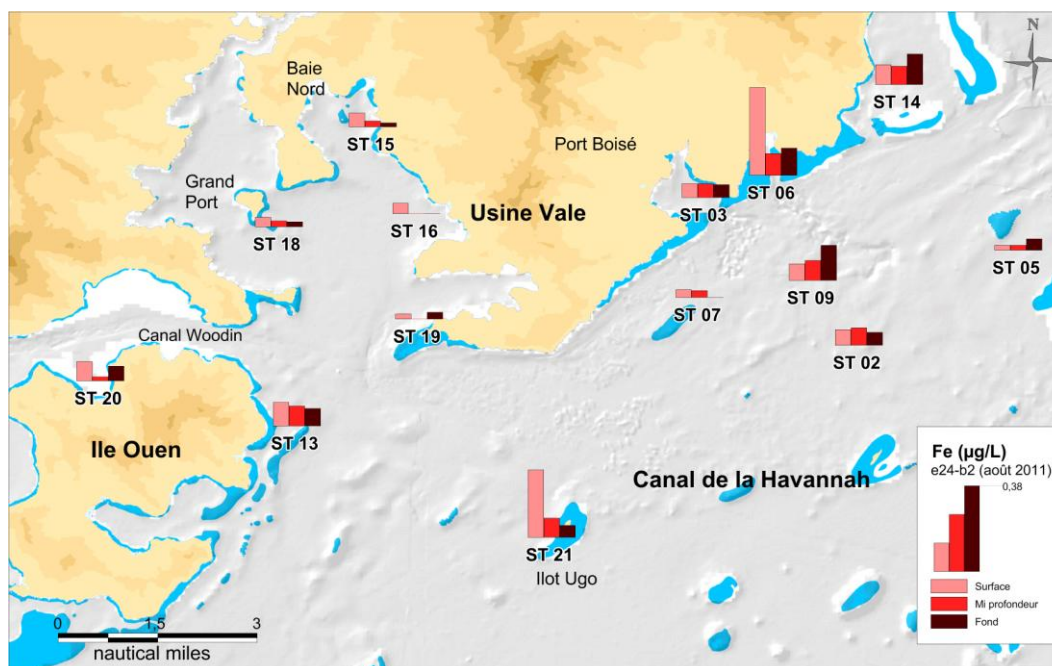
Concentration de chrome total (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



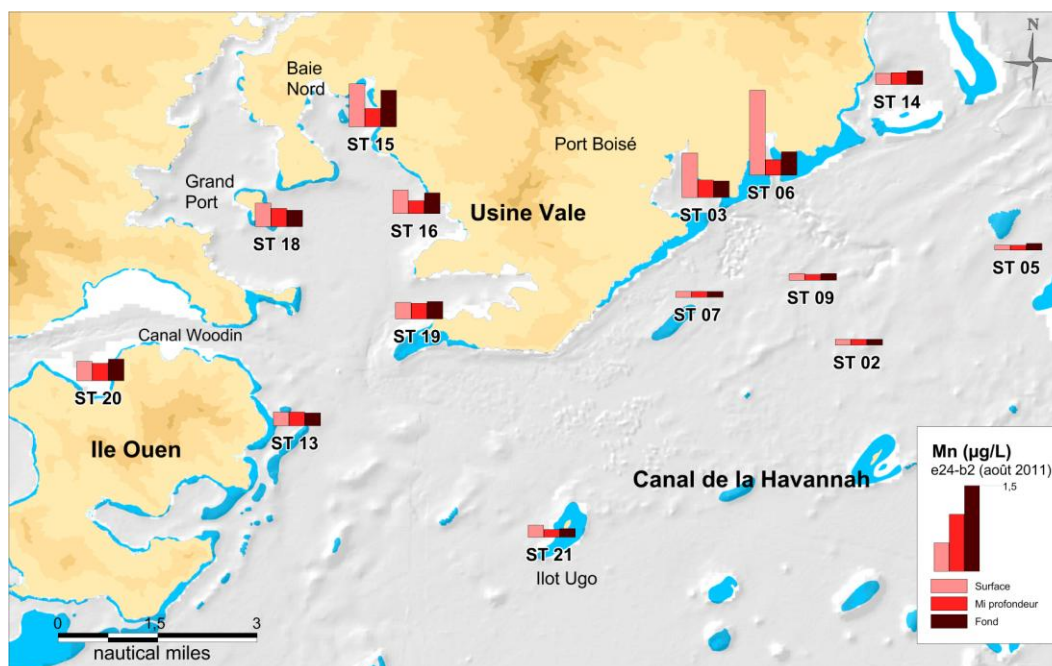
Concentration de cuivre (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



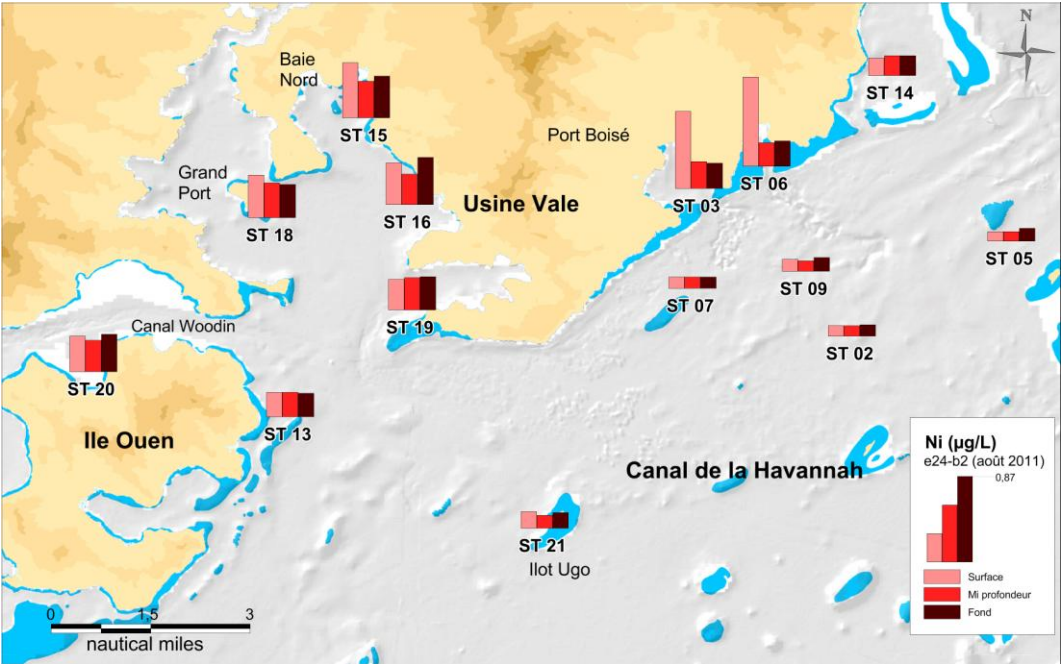
Concentration de fer (S = surface, M = mi-profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude



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

