

## **CONTRAT DE CONSULTANCE IRD/GORO-NI**

Convention n° 1312

### **ETAT DE REFERENCE : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU CANAL DE LA HAVANNAH ET DE LA BAIE DU PRONY (SAISON HUMIDE)**



Rapport final  
IRD-Nouméa, 30/09/07

Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A

UR-103 CAMELIA, IRD-Nouméa

Nouvelle-Calédonie

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>OBJECTIFS .....</b>	<b>3</b>
<b>METHODOLOGIE .....</b>	<b>3</b>
ECHANTILLONNAGE.....	3
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	5
<i>Profils verticaux .....</i>	5
<i>Sels nutritifs dissous .....</i>	6
<i>Matière organique particulaire .....</i>	7
ANALYSE DES METAUX .....	8
<i>Conditionnement et analyse.....</i>	8
<b>RESULTATS.....</b>	<b>10</b>
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	10
<i>Structure des masses d'eaux.....</i>	10
<i>Sels nutritifs dissous .....</i>	12
<i>Carbone, azote et phosphore organiques .....</i>	14
<i>Chlorophylle a et phéopigments .....</i>	16
<i>Conclusions .....</i>	16
DISTRIBUTION DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU .....	17
<i>Distribution spatiale des concentrations.....</i>	18
<i>Evolution temporelles des concentrations.....</i>	20
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>21</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>23</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>24</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>25</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>26</b>

## INTRODUCTION

Ce document regroupe les études conduites dans le cadre de la définition de l'Etat de Référence de la colonne d'eau en saison humide suite à la demande d'autorisation d'exploitation d'une usine de traitement de minerai latéritique à octroyer à la Société Goro-Ni. Cette commande a été passée en avril 2007 et correspond aux besoins de Goro-Nickel pour consolider sa base de données et pour caractériser les variations saisonnières.

La demande d'arrêté ICPE requiert la définition de l'Etat de Référence du milieu marin autour du point de rejet de l'effluent traité dans le canal de la Havannah et en Baie de Prony où auront lieu les activités portuaires.

## OBJECTIFS

Les objectifs sont de caractériser la colonne d'eau, en analysant les principaux paramètres physico-chimiques (Température, salinité, turbidité,...), les sels nutritifs (nitrates, phosphates, ...) et les concentrations en certains métaux dissous (Mn, Ni, Co, ...).

Cette étude du milieu marin complètera la base de référence acquise pour la saison sèche destinée à la surveillance de l'impact industriel dans l'environnement. Cette étude a été réalisée sur 14 stations localisées dans le Canal de la Havannah et 4 stations dans la Baie du Prony conformément au cahier des charges de l'appel d'offre.

Ce document présente les résultats détaillés de l'Etat de Référence de la colonne d'eau en saison humide.

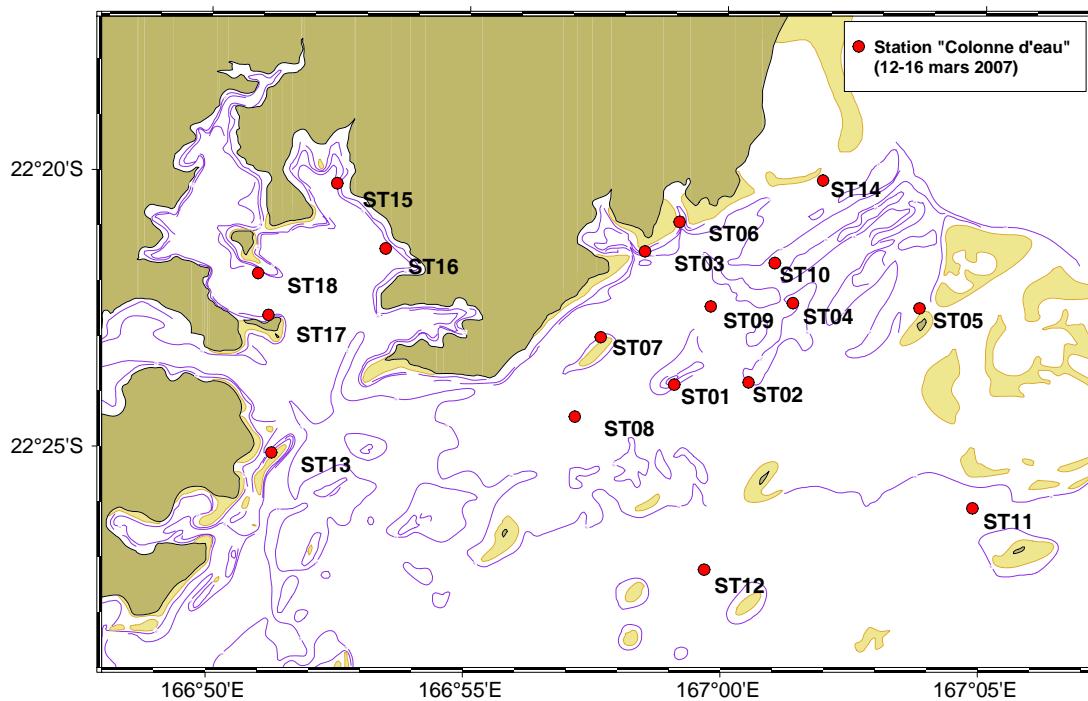
## METHODOLOGIE

### ***Echantillonnage***

Les opérations de terrain ont été réalisées au cours d'une campagne de prélèvements à bord du *N/O CORIS* de l'IRD (12-16 mars 2007) sur les 18 stations telles que prédefinies (Tableau 1 et Figure 1). Les opérations suivantes ont été réalisées :

- Profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, modèle SBE 19);
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous et de la matière organique particulières ;
- Prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous.

Les prélèvements d'eau destinés à la détermination des paramètres trophiques (sels nutritifs) ont été effectués par bouteilles Niskin. Pour l'analyse des métaux dissous, les prélèvements ont été réalisés avec une bouteille General Oceanics, Metal-Free (Go-Flo, modèle 1080).

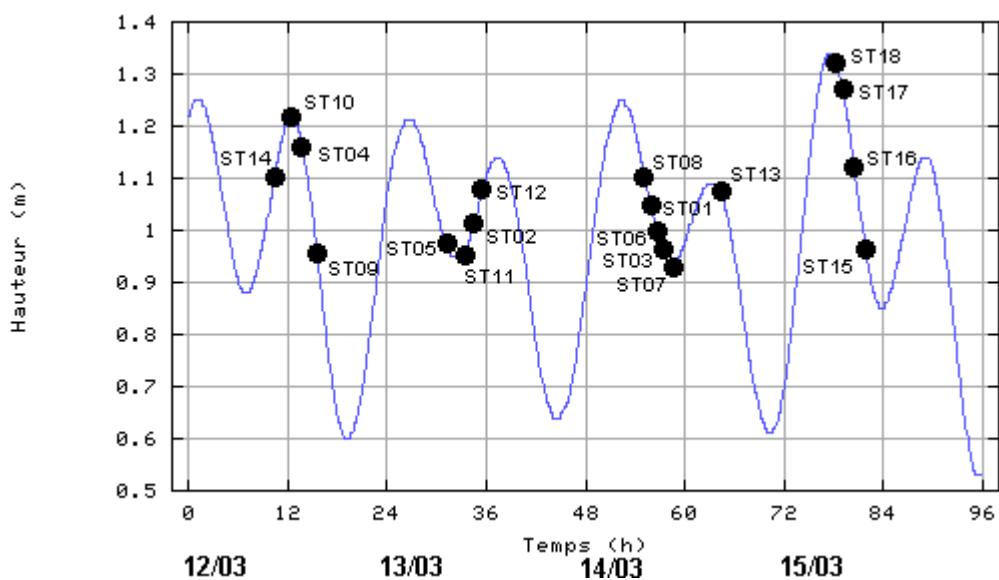


**Figure 1:** Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau (mission du 12-16 mars 2007).

Les profondeurs échantillonnées ont été les suivantes : Sub-surface (-2 m), mi-profondeur et fond (2 m au-dessus du fond).

#### Conditions météorologiques et hydrodynamiques (Figure 2)

- 12/03/07 : Vent W, 10-15 noeuds, mer agitée, clair, visibilité bonne ;
- 13/03/07 : Vent W, <5 noeuds, mer peu agitée, clair, visibilité bonne ;
- 14/03/07 : Vent W, 10 noeuds, mer peu agitée, variable, visibilité bonne.
- 15/03/07 : Vent SE, 10 noeuds, mer peu agitée, variable, visibilité bonne ;



**Figure 2 :** Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme du 12 au 15 mars 2007.

**Tableau 1 :** Liste et localisation des stations.

Stations	N°	Stations « colonne d'eau »			Stations « sédiments »		
		Longitude E	Latitude S	Prof. (m)	Longitude E	Latitude S	Prof. (m)
Corne NE du banc Ionontea	1	166° 59' 03	22° 23' 78	35	166° 59' 172	22° 23' 674	29
Basse Chambeyron	2	167° 00' 45	22° 23' 70	36	167° 00' 506	22° 23' 599	30
Récif pointe Puka	3	166° 58' 46	22° 21' 38	13	166° 58' 463	22° 21' 378	12
Bancs de Kié	4	167° 01' 30	22° 22' 25	36	167° 01' 518	22° 21' 949	20
Ilot Kié	5	167° 03' 75	22° 22' 33	20	167° 03' 761	22° 22' 334	20
Récif de la Baie Kwé	6	166° 59' 10	22° 20' 83	15	166° 59' 112	22° 20' 830	15
Récif loro	7	166° 57' 62	22° 22' 90	31	166° 57' 623	22° 22' 889	30
Canal de la Havannah (A 28)	8	166° 57' 14	22° 24' 33	47	166° 57' 453	22° 24' 323	48
Canal de la Havannah (A 29)	9	166° 59' 42	22° 22' 35	35	166° 59' 754	22° 22' 540	43
Canal de la Havannah (A 30)	10	167° 00' 93	22° 21' 51	37	167° 01' 593	22° 21' 665	45
Fosse Est	11	167° 04' 87	22° 25' 92	55	167° 04' 867	22° 25' 926	55
Fosse Ouest	12	167° 00' 13	22° 27' 71	69	166° 59' 023	22° 26' 269	62
Pointe Nord du récif Ma	13	166° 51' 22	22° 25' 10	27	166° 51' 354	22° 24' 914	33
Tombant Est de L'île Toémo	14	167° 01' 96	22° 20' 05	23	167° 01' 965	22° 20' 062	23
Prony Creek Baie Nord	15	166° 52' 40	22° 20' 25	33	166° 52' 590	22° 20' 037	27
Prony Wharf	16	166° 53' 30	22° 21' 45	25	166° 53' 365	22° 21' 210	24
Prony Ilot Montravel	17	166° 51' 10	22° 22' 75	10	166° 51' 257	22° 22' 597	25
Prony Ilot Casy	18	166° 50' 95	22° 21' 85	15	166° 51' 061	22° 21' 668	20

## Paramètres physico-chimiques

### Profils verticaux

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

Les paramètres mesurés par la sonde CTD sont les suivants :

- La pression, elle permet de calculer la profondeur ;
- La salinité déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélosométrie exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) :  $1\text{FTU} \approx 1 \text{ mg L}^{-1}$  de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;
- La fluorescence *in-vivo* exprimée en unités arbitraires et permettant après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons

collectées, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).

## Sels nutritifs dissous

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

- PEHD pour être stockés à -20°C en vue de leur traitement ultérieur à l'IRD. Ces dosages concernent les nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3^-$ ), les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un duplicitat ;
- Verre borosilicaté et addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 24 heures) de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Compte tenu des faibles valeurs attendues, chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat.

### Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour leur dosage est celle fondée sur le dosage des ions nitrites obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates par photométrie (Oudot et al., 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 Autoanalyseur III.

### Ammonium

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac  $\text{NH}_3$  et d'ion ammonium  $\text{NH}_4^+$  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  $\text{nmol.L}^{-1}$ .

### Phosphates

Le dosage des orthophosphates a été effectué selon la méthode de Murphy et Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide ( $\text{pH}<1$ ) de phosphomolybdate d'ammonium, complexe de couleur jaune 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 et Riley (1965), modifiée par Fanning et 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.

### 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., 1999) présente l'avantage d'être simple et rapide à mettre en oeuvre 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 quotidiennement sur des filtres Whatman GF/F (porosité  $0,7 \mu\text{m}$ ). Leur conservation a été assurée par congélation à  $-20^{\circ}\text{C}$  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  $450 \text{ nm}$ , par mesure de la fluorescence émise à  $670 \text{ nm}$  (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamétrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle a par rapport à la somme chlorophylle a + Phéophytine a. Etant donné les interférences dues aux chlorophylles b et c, la précision des mesures dépend de la nature même des communautés de producteurs primaires. La limite de détection pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de  $10\text{ng.L}^{-1}$ .

## Analyse des métaux

Pour chacune des 18 stations, les 3 profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en double et les échantillons ont été conditionnés dans deux lots de 54 flacons pour être analysés dans deux unités distinctes à des fins d'inter-calibrations : le laboratoire *Ultra Traces Analyses Aquitaine* (UT2A) de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et le l'UR-103 du centre IRD-Nouméa.

## Conditionnement et analyse

### **Première série d'échantillons**

Le premier lot de 54 prélèvements d'eau a été filtré à 0,45 µm (filtres Millipore, qualité HA, pré-lavés) puis acidifié à raison de 1 mL/L avec HNO<sub>3</sub> Ultrapur®, immédiatement après les opérations d'échantillonnage. Ces échantillons ont ensuite été expédiés en Métropole au laboratoire UT2A.

Au laboratoire, les échantillons ont été fractionnés en deux aliquotes pour constituer deux séries. Une des séries a été passée directement sur des colonnes cationiques pour la pré-concentration des métaux sélectionnés, à l'exception d'As. La deuxième série a subi une photolyse préalable aux UV pour la destruction des complexes organo-métalliques dissous avant d'être à son tour percolée sur résine échangeuse.

Le dosage de l'arsenic a nécessité la mise en place d'une étape préalable de génération d'hydrures.

Les analyses ont été effectuées par ICP-MS.

Les limites de quantification fournies par le laboratoire UT2A sont respectivement (ng/L) : As(0,01), Cd(0,001), Co(0,005), Cr(0,005), Cu(0,005), Mg(1), Mn(0,005), Ni(0,05), Pb(0,005) et Zn(0,1). L'élément Fe, n'étant pas facilement dosable en ICP-MS en raison des nombreuses interférences polyatomiques, il n'a pas été dosé par le laboratoire UT2A.

### **Deuxième série d'échantillons**

Les 54 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 enfin de concentrer les métaux dissous dès le jour même du prélèvement. Les percolations terminées chaque colonne de résine été fermée 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 à l'IRD-Nouméa par ICP-OES (Marque Perkin Elmer, modèle Optima 3200 DV). Les dosages ont été réalisées aux longueurs d'ondes suivantes : Cd 228.802 ; Co 230.786 ; Cu 327.393 ; Fe 238.204 ; Mn 257.610 ; Ni 231.604 ; Pb 217.000 ; Zn 206.200.

Deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrées par la société *Environment Canada* (Tableau 2) ont été intercalés dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations.

**Tableau 2 :** Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26.3 et TMDA-61.

Elément	TM-26.3 ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )		TMDA-61 ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Cd	6,3 ± 0,1	7,1 ± 1	62,4 ± 0,1	59,3 ± 5,8
Co	7,2 ± 0,1	8,1 ± 1	61,8 ± 1,5	62,9 ± 5,8
Cu	15,9 ± 0,8	13,4 ± 1,9	74,9 ± 0,5	69,2 ± 7,4
Fe	21,6 ± 0,4	21 ± 3,6	79,2 ± 0,4	81,1 ± 10,1
Mn	18,6 ± 0,3	17 ± 1,4	74,0 ± 0,3	74,8 ± 7,3
Ni	10,8 ± 0,2	10,2 ± 1,3	56,4 ± 0,3	58,7 ± 6,4
Pb	11,3 ± 3,7	10,5 ± 1,2	64,0 ± 0,0	64,4 ± 5,8
Zn	39,6 ± 1,4	39,0	67,3 ± 1,4	71,3 ± 8,7

### Validation des résultats

La validation des résultats a été vérifiée par le dosage de deux échantillons certifiés : CASS-4 Nearshore seawater et NASS-5 Open ocean seawater du National Research Council, du Canada. Les valeurs obtenues par les laboratoires LAMA (IRD) et UT2A (Université de Pau) sont regroupées respectivement dans les tableaux 3 et 4.

**Tableau 3 :** LAMA (IRD) : 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	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	ND	ND	0,023 ± 0,007	0,026 ± 0,003
Cu	0,324	0,297 ± 0,046	0,558 ± 0,034	0,592 ± 0,055
Fe	0,281	0,207 ± 0,035	0,635	0,713 ± 0,058
Mn	1,010	0,919 ± 0,057	2,75 ± 0,06	2,78 ± 0,19
Ni	0,273	0,253 ± 0,028	0,295 ± 0,025	0,314 ± 0,030

(CASS-4 n=5) ND = Non déterminé

**Tableau 4 :** UT2A (Univ Pau) : 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	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	0,025	0,011 ± 0,003	0,040 ± 0,002	0,026 ± 0,003
Cu	0,311	0,297 ± 0,046	0,59 ± 0,10	0,592 ± 0,055
Fe	-	0,207 ± 0,035	-	0,713 ± 0,058
Mn	0,824	0,919 ± 0,057	2,63 ± 0,54	2,78 ± 0,19
Ni	0,290	0,253 ± 0,028	0,40 ± 0,16	0,314 ± 0,030

## RESULTATS

### **Paramètres physico-chimiques**

#### **Structure des masses d'eaux**

Pour l'ensemble de la zone étudiée, les valeurs des paramètres *température*, *salinité*, *turbidité* et *fluorescence* montrent des écarts souvent notables non seulement entre les stations mais également le long des profils verticaux effectués (Tableau 5 et Annexe 1). Par ailleurs, hormis les valeurs de turbidité qui traduisent la présence de couches turbides de fond (néphéloïdes benthiques), les profils de fluorescence liés à la concentration en chlorophylle montrent que globalement la production primaire semble largement inférieure à celle enregistrée en saison sèche.

D'une façon générale, les valeurs de l'ensemble des paramètres mesurés lors de cette campagne permettent de distinguer clairement une stratification des masses d'eau tant au niveau de la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah. Cette structure contraste avec les résultats obtenus pendant la saison sèche où l'homogénéité des masses d'eau était quasi générale (Convention Goro-Ni/IRD N°1142).

Ces observations permettent de distinguer une évolution dans les caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau selon les secteurs suivants :

- Dans la Baie du Prony, la présence d'une couche néphéloïde benthique a été observée systématiquement au niveau des stations St13, St15, St16, St17 et St18. En général, cette couche turbide occupe les derniers 5 mètres de colonne d'eau où la turbidité atteint parfois plus de 4 FTU (St15) alors que la valeur moyenne dans la colonne d'eau n'avoisine que 0,4 FTU. On notera que ces valeurs sont proches de celles enregistrées dans la Baie de Prony en saison sèche pour les stations St15 et St16 seulement, ailleurs, dans la baie (St13, St17 et St18), aucune structure turbide n'avait alors été décelée.

L'influence des eaux douces continentales est signalée par une dessalure de surface qui est parfois très prononcée (30,7 PSU à la station St18) ;

- Dans le Canal de la Havannah, les eaux proches de la côte se distinguent soit par une dessalure qui occupe les 7 premiers mètres de la colonne d'eau et la présence d'une structure turbide benthique (St06, Baie Kwé), soit par une stratification dont les valeurs de turbidités, fluorescences et températures sont bien différenciées dans chacune des deux couches identifiées (St03, Port Boisé) ;
- Au sud du Canal de la Havannah, les stations les plus profondes, respectivement St11 (55m) et St12 (69m) se singularisent par des stratifications relativement bien individualisées en termes de températures puisque les valeurs passent par paliers d'environ 26,7°C en surface à 23,9°C dans les eaux profondes correspondant aux masses océaniques. Bien que dans une moindre mesure, ces couches d'eau se diffèrentient également par les valeurs de la fluorescence et par la présence d'un néphéloïde benthique généré probablement par l'hydrodynamisme local. Cette formation turbide s'intensifie progressivement dans les 10 derniers mètres de la colonne d'eau ;

**Tableau 5 :** Valeurs maximales et minimales pour les paramètres Température, Salinité, Turbidité, Fluorescence (calculée en équivalent-chlorophylle et exprimée en mg/m<sup>3</sup>) et Irradiance

Station		Température °C	Salinité PSU	Turbidité FTU	Fluorescence mg/m3	Irradiance
<b>St01</b>	Min	26,3	35,3	0,24	0,21	22,0
	Max	26,4	35,3	0,43	0,45	110,3
<b>St02</b>	Min	25,5	35,1	0,23	0,08	120
	Max	26,6	35,3	0,48	0,44	2590
<b>St03</b>	Min	25,5	35,2	0,20	0,12	98
	Max	26,6	35,3	0,48	0,44	476
<b>St04</b>	Min	25,9	35,2	0,17	0,12	100
	Max	26,4	35,2	0,33	0,33	905
<b>St05</b>	Min	25,5	35,2	0,20	0,07	65
	Max	26,0	35,3	0,34	0,24	436
<b>St06</b>	Min	26,3	34,3	0,25	0,16	17,6
	Max	26,7	35,3	3,36	0,42	297,6
<b>St07</b>	Min	25,7	32,7	0,18	0,20	40,1
	Max	26,5	35,3	0,70	0,49	681,3
<b>St08</b>	Min	25,2	35,3	0,19	0,17	2,4
	Max	26,5	35,4	1,09	0,50	121
<b>St09</b>	Min	25,5	35,1	0,17	0,08	41,9
	Max	27,0	35,3	0,56	0,61	1684,2
<b>St10</b>	Min	25,6	35,0	0,19	0,09	114,8
	Max	26,8	35,3	0,34	0,37	2838,2
<b>St11</b>	Min	23,9	35,2	0,18	0,12	8,4
	Max	26,6	35,6	1,09	0,40	373
<b>St12</b>	Min	23,7	35,2	0,23	0,07	1,1
	Max	26,7	35,5	1,01	0,44	143,9
<b>St13</b>	Min	26,2	35,2	0,37	0,25	1,2
	Max	26,9	35,3	7,88	0,85	124,4
<b>St14</b>	Min	26,0	35,0	0,07	0,06	209,6
	Max	26,7	35,2	0,43	0,24	2058,6
<b>St15</b>	Min	25,8	34,6	0,04	0,13	18,5
	Max	26,8	35,3	8,52	0,66	905,7
<b>St16</b>	Min	25,4	34,9	0,24	0,13	17,4
	Max	26,7	35,4	1,72	0,80	1600,3
<b>St17</b>	Min	26,1	34,7	0,09	0,17	25,9
	Max	26,8	35,3	0,82	0,48	617,4
<b>St18</b>	Min	26,0	30,7	0,15	0,19	17,8
	Max	26,8	35,3	1,04	0,37	174,7

- A l'ouest de la zone d'études, les profils CDT des stations St07 et St08 mettent en évidence la formation de couches turbides de fond (néphéloïdes benthiques) bien développés dans les 10 à 15 derniers mètres de la colonne d'eau. Notamment pour St07, cette présence peut être corrélée avec la proximité des récifs coralliens (Recif Ioro, récifs frangeants) qui sont sources de particules carbonatées.
- A l'est, de part et d'autre de la Passe de la Havannah, les eaux des stations St05 et St14 présentent des similarités en termes de stratification : Deux

masses d'eau se diffèrentient de part et d'autre d'une thermocline peu prononcée.

- Au centre de la zone d'études (St01, St02, St04, St09 et St10), les masses d'eau sont peu différenciées et seule une thermocline peu prononcée existe parfois (St02 et St09), ailleurs toute la colonne d'eau est relativement homogène.

## Sels nutritifs dissous

### Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui une fois dégradé rend au système l'azote sous forme minérale. 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 des algues.

Pour l'ensemble de la zone étudiée (Tableau 6 et Annexe 2), les concentrations en *nitrates+nitrites* déterminées en saison humide sont comprises entre la limite de détection ( $0,002 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) et  $4,921 \pm 0,002 \mu\text{mol.L}^{-1}$  avec une moyenne qui se situe à  $0,236 \pm 0,006 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Toutefois, malgré cette apparente homogénéité, les concentrations dans la Baie du Prony sont environ 4 fois plus faibles que dans le Canal de la Havannah où les concentrations sont généralement plus élevées au fond qu'en surface. Cet écart est notamment bien visible aux stations St08, St11 et St12 sous influence marine ; Cet enrichissement en azote inorganique plaide dans le sens d'une injection de nutriments provenant des couches océaniques profondes qui pourraient être mises par un upwelling côtier, comme cela a déjà été évoqué dans un rapport précédent (Fichez et al., 2005). Dans la Baie du Prony, les concentrations des eaux de fond de la station St17 et de surface de St15 ne semblent pas fiables (Annexe 2).

Globalement les concentrations sont beaucoup plus basses que celles mesurées en saison sèche.

### Ammonium

Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium. Naturellement, il provient des excréptions animales 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.

En général avec des valeurs plus fortes dans les couches de fond qu'en surface (Tableau 6 et Annexe 2), les concentrations d'ammonium sont plus élevées dans le Canal de la Havannah ( $0,102 \pm 0,004 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) qu'en Baie du Prony ( $0,044 \pm 0,003 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ). Les valeurs maximales sont mesurées dans les eaux du canal et en particulier dans la couche profonde, comme à la station St08 ( $0,413 \pm 0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) qui pourrait être alimentée par un upwelling côtier de faible ampleur (Fichez et al., 2005).

Si la gamme de concentrations est globalement du même ordre de grandeur que celles obtenue en saison sèche pour l'ensemble de la zone, la distribution spatiale est radicalement inversée puisque les eaux de la Baie du Prony sont, en saison humide, les moins chargées.

## Phosphates

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

Les concentrations en phosphates sont comprises entre  $0,003 \mu\text{mol.L}^{-1}$  et  $0,125 \mu\text{mol.L}^{-1}$  avec une valeur moyenne pour l'ensemble de la zone étudiée de  $0,037 \pm 0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (Tableau 6 et Annexe 2).

Globalement, les eaux profondes contiennent des concentrations plus élevées que les couches superficielles à l'exception des deux stations proches de la Baie Kwé et de Port Boisé. Les eaux les plus riches en phosphates sont mesurées aux stations les plus éloignées (St08, St11 et St12) où les concentrations avoisinent  $0,100 \mu\text{mol.L}^{-1}$  dans les eaux profondes (Annexe 2). Ces mesures sont cohérentes avec l'hypothèse de la présence d'un upwelling. Pour les eaux de surface cette distribution s'inverse, les concentrations augmentant à mesure que se rapproche des côtes, c'est-à-dire en concordance avec une signature terrigène des apports.

Les concentrations sont du même de grandeur qu'en saison sèche mais, une fois encore, les valeurs les plus fortes sont cette fois-ci mesurées dans les eaux du Canal de la Havannah (Tableau 6).

## Silicates

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 qui peut devenir insuffisante par suite 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.

Pour l'ensemble de la zone, les concentrations en silice sont comprises entre  $0,432 \mu\text{mol.L}^{-1}$  et  $4,073 \mu\text{mol.L}^{-1}$  et la valeur moyenne est de  $1,358 \pm 0,097 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (Tableau 6 et Annexe 2).

Contrairement aux autres sels nutritifs dissous présentés ci-dessus, la distribution de la silice (Annexe 2) permet de distinguer les deux domaines suivants : La Baie du Prony dont les eaux contiennent en moyenne  $2,385 \pm 0,173 \mu\text{mol.L}^{-1}$  et le Canal de la Havannah où l'on mesure les concentrations les plus faibles ( $1,065 \pm 0,076 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ; Tableau 6). Dans le Canal de la Havannah, il est possible de faire la distinction entre une veine d'eaux côtières influencées par les apports terrigènes (St08, St07, St09, St03, St06, St10 et St14) où la concentration moyenne est de  $1,262 \pm 0,311 \mu\text{mol.L}^{-1}$  et les eaux océaniques (St08, St02, St04, St05, St11 et St12) pauvres en silicates ( $0,714 \pm 0,174 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ). Cette distribution spatiale est bien plus marquée en saison humide qu'en saison sèche.

En Baie du Prony, la signature terrigène est manifeste et les eaux de surfaces sont systématiquement plus concentrées en silicates qu'en profondeur.

D'une façon générale, la gamme de concentrations et la distribution spatiale des silicates sont très similaires d'une saison à l'autre.

**Tableau 6 :** Concentrations en sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates et silicates) dans la zone d'étude en saison humide.

		Zone d'études	Baie du Prony	Canal Havannah
<b>Nitrates+nitrites</b>	Moyenne	0,236	0,075	0,274
	Ecart-type	0,006	0,010	0,005
	Valeur min	0,002	0,019	0,002
	Valeur max	4,921	0,340	4,921
<b>Ammonium</b>	Moyenne	0,089	0,044	0,102
	Ecart-type	0,004	0,003	0,004
	Valeur min	0,009	0,012	0,009
	Valeur max	0,413	0,168	0,413
<b>Phosphates</b>	Moyenne	0,037	0,037	0,037
	Ecart-type	0,007	0,008	0,006
	Valeur min	0,003	0,007	0,003
	Valeur max	0,125	0,058	0,125
<b>Silicates</b>	Moyenne	1,358	2,385	1,065
	Ecart-type	0,097	0,173	0,076
	Valeur min	0,432	1,254	0,432
	Valeur max	4,073	4,073	1,967

## Carbone, azote et phosphore organiques

La distinction entre matière dissoute et particulaire est arbitraire, cependant dans les études environnementales, il est admis que la limite de taille pour les séparer est de 0,45 µm (Strickland et Parsons, 1972).

### Azote et phosphore dissous

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 répartitions spatiales de l'azote (NOD) et du phosphore organique dissous (POD ; Annexe 2) ne présentent pas de distribution particulière (Tableau 7 et Annexe 2). En effet, notamment pour l'azote, les concentrations ne montrent aucun gradient horizontal ni vertical bien défini; les valeurs pour l'azote sont comprises entre 3,360 et 5,727 µmol.L<sup>-1</sup> en Baie du Prony et entre 2,756 et 7,263 µmol.L<sup>-1</sup> dans le Canal de la Havannah. Cette homogénéité est encore plus marquée pour le phosphore organique dissous dont les valeurs oscillent entre 0,045 et 0,149 µmol.L<sup>-1</sup> en Baie du Prony et entre 0,025 et 0,187 µmol.L<sup>-1</sup>.

Les quantités d'azote organique dissous sont légèrement plus élevées en saison humide (4,300 ±0,391 µmol.L<sup>-1</sup> qu'en saison sèche (2,941 ±0,368 µmol.L<sup>-1</sup>). A l'inverse, pour le phosphore organique dissous, les concentrations sont près de 4 fois plus basses en saison humide (0,109 ±0,015 µmol.L<sup>-1</sup>) qu'en saison sèche (0,429 ±0,053 µmol.L<sup>-1</sup>).

## Carbone, azote et phosphore particulaires

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

Contrairement aux fractions dissoutes de l'azote et du phosphore, les fractions particulières de ces deux éléments se distribuent selon des schémas remarquablement superposables (Tableau 7 et Annexe 2) et une grande homogénéité spatiale. En effet les concentrations moyennes pour la Baie du Prony et le Canal de la Havannah sont respectivement de  $0,061 \pm 0,019$  et  $0,060 \pm 0,015 \mu\text{mol.L}^{-1}$  pour le POP. Pour le NOP ces valeurs sont comprises entre  $0,810 \pm 0,323$  et  $0,816 \pm 0,304 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Ainsi, à l'inverse des valeurs mesurées en saison sèche, aucune influence océanique n'est pas nettement identifiable.

Les valeurs sont du même ordre de grandeur d'une saison à l'autre en Baie du Prony, alors que pour le Canal de la Havannah, en saison humide les quantités de POP et de NOP sont deux fois plus élevées qu'en saison sèche.

**Tableau 7 :** Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particulaires dans la zone d'étude en saison humide.

		Zone d'études	Baie du Prony	Canal Havannah
<b>AZOTE organique dissous</b>	Moyenne	4,300	4,212	4,327
	Ecart-type	0,391	0,310	0,414
	Valeur min	2,756	3,360	2,756
	Valeur max	7,263	5,727	7,263
<b>PHOSPHORE organique dissous</b>	Moyenne	0,109	0,103	0,110
	Ecart-type	0,015	0,012	0,015
	Valeur min	0,025	0,045	0,025
	Valeur max	0,187	0,149	0,187
<b>AZOTE organique particulaire</b>	Moyenne	0,814	0,810	0,816
	Ecart-type	0,391	0,310	0,414
	Valeur min	0,371	0,371	0,438
	Valeur max	1,753	1,393	1,753
<b>PHOSPHORE organique particulaire</b>	Moyenne	0,060	0,061	0,060
	Ecart-type	0,015	0,012	0,015
	Valeur min	0,038	0,038	0,041
	Valeur max	0,109	0,109	0,107
<b>CARBONE organique particulaire</b>	Moyenne	88,2	85,4	89,1
	Ecart-type	-	-	-
	Valeur min	48,9	54,0	48,9
	Valeur max	160,6	126,7	160,6

Le carbone organique particulaire suit une distribution spatiale semblable à celle de l'azote et du phosphore, c'est-à-dire sans grande évolution. Cependant, un gradient vertical de concentration est mis en évidence, en particulier dans les eaux du Canal de la Havannah où les

concentrations maximales de carbone sont mesurées dans les couches profondes (Tableau 7 et Annexe 2). En effet, les concentrations passent de près de 50 µg/L en surface à près de 160 µg/L dans les eaux profondes.

Les rapports C/N ne permettent pas de délimiter clairement les deux domaines c'est-à-dire la Baie du Prony et le Canal de la Havannah.

## **Chlorophylle a et phéopigments**

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 la phéopigments.

Hormis une station (St13), il n'est pas possible de distinguer des domaines de concentrations différents (Tableau 7 et Annexe 2). Pour l'ensemble de la zone, les valeurs sont comprises entre 0,274 et 0,587 µg.L<sup>-1</sup> en Baie du Prony et entre 0,201 et 0,970 µg.L<sup>-1</sup> dans le Canal de la Havannah. Ces valeurs sont identiques à celles mesurées pendant la saison sèche.

Toutefois, comme en saison sèche, on notera un très faible gradient entre les stations de pleine eau ( $0,365 \pm 0,117 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ ) et les stations proches de la côte ( $0,452 \pm 0,062 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ ), augmentation principalement attribuable aux apports terrigènes.

En matière de phéopigments, les tendances sont en tous points similaires à celles décrites pour la chlorophylle. Les concentrations sont comprises entre 0,071 and 0,208 µg.L<sup>-1</sup> dans la Baie du Prony et entre 0,039 and 0,283 µg.L<sup>-1</sup> dans le Canal de la Havannah ; les eaux profondes contenant plus de phéopigments indicateurs de la dégradation plus avancée des chloropigments.

## **Conclusions**

1. En général, les concentrations en sels nutritifs sont du même ordre de grandeur avec cependant des variations inverses d'une saison à l'autre. Ainsi, les eaux du Canal de la Havannah semblent plus riches en ammonium, phosphates et en POP qu'en saison sèche, phénomène qui s'inverse pour le POD d'un facteur quatre.
2. Hormis, les silicates, la distribution des sels nutritifs analysés ne permet pas de dégager de gradient de concentrations, comme en saison sèche, entre la Baie du Prony et l'ensemble du Canal de la Havannah. En effet, les valeurs obtenues en saison humide décrivent plutôt une zone de relativement grande homogénéité des masses d'eau dont les limites intègrent la Baie du Prony et la moitié N-W du Canal de la Havannah. La moitié S-E des eaux du Canal semble posséder des caractéristiques d'influence plus océanique, notamment pour les couches profondes. Celles-ci pourraient être liées à l'apparition d'un upwelling côtier, phénomène qui n'est pas à exclure.
3. Dans le Canal de la Havannah, les mesures effectuées en saison humide permettent d'identifier clairement deux masses d'eau parallèles à la côte dont les signatures sont distinctement, terrigène pour la plus proche de la Grande Terre et océanique pour la plus éloignée. Les principaux paramètres de discrimination sont les silicates (produits de lixiviation des péridotites) et les phéopigments (produits de dégradation de la chlorophylle) dont les fortes concentrations près des côtes sont à relier avec les apports

terrègnes. Bien que dans une moindre mesure, le NOP et le POP suivent également cette même distribution.

4. Dans le milieu marin, il est admis que les rapports C/N/P sont voisins de 106/16/1 (Redfield, 1934), tant pour les eaux superficielles que les eaux profondes, dans l'océan ouvert comme en milieu côtier.

Dans notre aire d'études, les valeurs moyennes diffèrent de celles obtenues en saison sèche (Tableau 8). Toutefois, il est possible de distinguer les eaux de surface du système constitué par la Baie du Prony dont les rapports C/P et C/N sont sensiblement plus élevés que dans le Canal de la Havannah. Inversement, pour les eaux profondes du Canal de la Havannah, ces mêmes rapports sont plus élevés qu'en Baie du Prony. Les rapports C/N sont proches de 10 (ratio optimale en matière de vitesse de minéralisation) voire dépassent cette valeur dans les eaux de surface de la Baie du Prony alors que les rapports baissent en saison humide. Ces constatations permettent de conclure à une limitation de la production primaire par le phosphore.

5. Comme pour la saison sèche, les concentrations en chlorophylle, toutes nettement inférieures à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ , montrent que le milieu peut être considéré actuellement comme typiquement pauvre en sels nutritifs (oligotrophe), (Fichez et al., 2005).

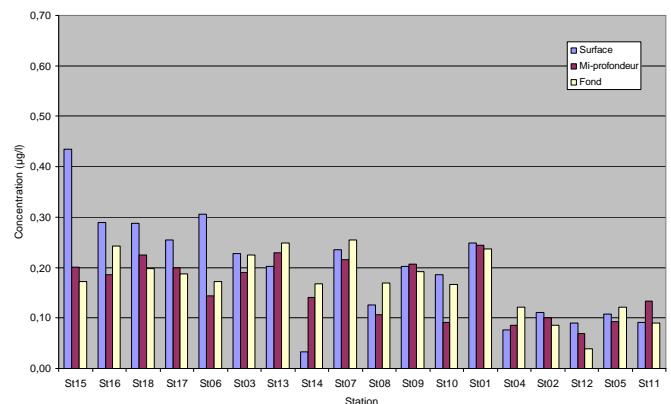
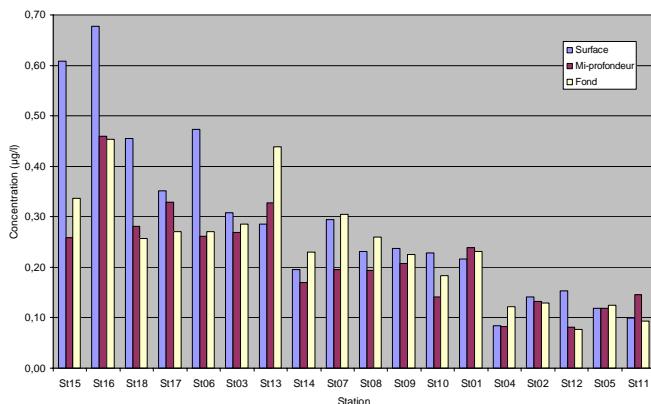
**Tableau 8 :** Valeurs des rapports C/N/P pour l'ensemble de la zone étudiée et pour les profondeurs échantillonnées

Niveau	Site	C/P	N/P	C/N
<b>Surface</b>	Canal Havannah	127	14	9
	Baie du Prony	148	14	11
<b>Mi-Profondeur</b>	Canal Havannah	115	12	10
	Baie du Prony	100	13	8
<b>Fond</b>	Canal Havannah	135	15	9
	Baie du Prony	129	16	9
<b>Colonne</b>	Canal Havannah	122	13	9
	Baie du Prony	126	14	9
<b>Canal H + Baie P</b>		<b>123</b>	<b>13</b>	<b>9</b>

## **Distribution des métaux dissous dans la colonne d'eau**

Les résultats des analyses effectuées dans les deux laboratoires (UT2A-Bordeaux et IRD-Nouméa) sont extrêmement proches (Figure 3). Toutefois, certaines différences sont observables pour des échantillons (non irradiés aux UV) traités par les laboratoires. Ces différences proviennent du mode de conservation des échantillons destinés à l'expédition en France. En effet, les échantillons analysés en France ont nécessité une acidification préalable (après filtration) pour stabiliser les eaux, notamment limiter les phénomènes de sorption sur les parois des flacons (et dans une moindre mesure stopper les processus bactériens encore existants). Cette étape a eu pour effet de libérer les métaux initialement associés à des composés d'origine organo-minérale (colloïdes). A l'inverse, les échantillons d'eau traités à l'IRD-Nouméa ont été traités le jour même par préconcentration sur lit de résine sans modification de la matrice naturelle (Figure 3).

Cette différence dans les concentrations est plus marquée pour les eaux des baies où la charge en particules et la quantité de colloïdes sont plus élevées que dans les eaux d'influence plus océaniques.



**Figure 3 :** Résultats des analyses effectuées avec acidification préalable des échantillons (UT2A-Bordeaux) et sans par pré-concentration directe des métaux sur résine (IRD-Nouméa).

## Distribution spatiale des concentrations

Les résultats d'analyses des métaux dissous sont regroupés dans le Tableau 9 et l'Annexe 3.

### Distribution horizontale

Pour l'ensemble des zones étudiées, le cuivre et le cadmium et l'arsenic dissous sont les seuls éléments métalliques à montrer une distribution d'une très grande homogénéité spatiale accompagnée de niveaux de concentration très faibles. En effet, respectivement les valeurs moyennes sont de  $0,08 \pm 0,02 \mu\text{g/L}$ ,  $0,021 \pm 0,006 \mu\text{g/L}$  et  $1,30 \pm 0,08 \mu\text{g/L}$ . Pour le cuivre, ces concentrations peuvent être cependant multipliées par un facteur 2 approximativement ( $0,15 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$ ) dans les échantillons traités par exposition préalable aux UV (Tableau 9 et Annexe 3). Ce traitement est habituellement appliqué pour la désagrégation des composés organiques pour lesquels le cuivre (et d'autre métaux) présente une très grande affinité et avec lesquels il forme des complexes organo-métalliques stables. La destruction de ces complexes par irradiation aux UV permet alors de doser la concentration totale dissoute.

Les faibles niveaux de concentration en Cu et Cd sont à imputer aux très faibles teneurs en cuivre et en cadmium des roches qui constituent le sud de la Nouvelle-Calédonie, les seules sources notables de cuivre étant localisées en Province Nord (Atlas de la Nouvelle Caledonie, 1981).

A l'inverse, la distribution des éléments métalliques dissous tels que Co, Mn, Ni, Zn (et dans une moindre mesure Cr) possèdent des caractéristiques très différentes. En effet, les concentrations montrent des variations spatiales qui peuvent être importantes. Ainsi, il est possible de distinguer trois phénomènes :

- Une diminution globale des concentrations en direction du large. Ce gradient de concentration est, bien sûr, à relier à l'influence des apports terrigène et sa diminution au fur et mesure que l'on s'éloigne du rivage (Figure 4 et Annexe 3) ;

- La singularisation de la Baie du Prony où les concentrations en métaux sont bien plus élevées que dans le Canal de la Havannah. Cette zonation avait déjà été mise en évidence en saison sèche. Ainsi pour le manganèse et le nickel, les concentrations sont respectivement de l'ordre de 0,39 et 0,61 µg/L dans la Baie du Prony à 0,17 et 0,28 µg/L dans le Canal de la Havannah (Tableau 9, Annexe 3). ;
- L'existence de deux veines d'eau parallèles qui s'écoulent le long du Canal de la Havannah. Ces veines sont identifiées par les niveaux de concentrations deux à trois fois plus faibles dans les eaux des stations St02, St04, St05, St11 et St12 que dans celles des stations « côtières » St01, St03, St06, St07, St08, St09, St10 et St14. En effet, pour Mn, Ni et Co par exemple, les concentrations sont respectivement de  $0,22 \pm 0,04$  µg/L,  $0,32 \pm 0,05$  µg/L et  $0,035 \pm 0,007$  µg/L pour la frange « côtière » et de  $0,11 \pm 0,03$ ,  $0,22 \pm 0,06$  et  $0,023 \pm 0,011$  µg/L pour le large (Annexe 3).

**Tableau 9 : Concentrations minimales, maximales et moyennes des principaux éléments métalliques détectés dans les eaux de mer du domaine étudié (sans UV).**

		Mg (mg/L)	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Pb (µg/L)
<b>Domaine entier</b>	Min	1341	0,023	0,08	0,03	0,011	0,16	0,03	0,16	1,07	0,01	0,02
	Max	1836	0,182	0,68	0,41	0,143	0,92	0,15	1,29	1,47	0,03	0,06
	Moyenne	1566	0,110	0,25	0,11	0,048	0,38	0,08	0,54	1,30	0,02	0,04
<b>Canal de la Havannah</b>	Min	1341	0,023	0,08	0,05	0,011	0,16	0,03	0,16	1,20	0,01	0,03
	Max	1836	0,182	0,30	0,41	0,055	0,43	0,15	1,07	1,47	0,03	0,06
	Moyenne	1586	0,112	0,17	0,12	0,030	0,28	0,08	0,35	1,33	0,02	0,04
<b>Baie du Prony</b>	Min	1367	0,049	0,26	0,03	0,061	0,41	0,07	0,60	1,07	0,02	-
	Max	1626	0,136	0,68	0,10	0,143	0,92	0,09	1,29	1,32	0,03	-
	Moyenne	1	0,106	0,39	0,06	0,090	0,61	0,08	0,88	1,20	0,02	-

La distribution du fer se singularise des autres répartitions métalliques par des concentrations plus faibles en Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah. En effet, dans la Baie du Prony les concentrations sont plus faibles ( $0,060 \pm 0,017$  µg/L) que dans les eaux d'influence océanique ( $0,091 \pm 0,018$  µg/L) des stations les plus éloignées de la côte (St05, St11 et St12). Les eaux « côtières » du Canal de la Havannah sont jusqu'à deux fois plus concentrées en fer que dans la Baie du Prony puisque les valeurs sont de l'ordre de  $0,131 \pm 0,061$  µg/L.

Dans le Canal de la Havannah, cette distribution spatiale est à relier avec, d'une part, les effets de la dilution générale des métaux directement introduits par les sources terrigènes via des émissaires comme la Kwé. D'autre part, les très faibles concentrations de fer déterminées dans la Baie du Prony sont à mettre en parallèle avec les concentrations en sels nutritifs plus fortes que dans eaux du Canal de la Havannah. En effet, cette relation est en parfait accord avec la consommation d'une fraction du fer dissous qui entre dans les cycles de la production primaire et notamment de développement du phytoplancton.

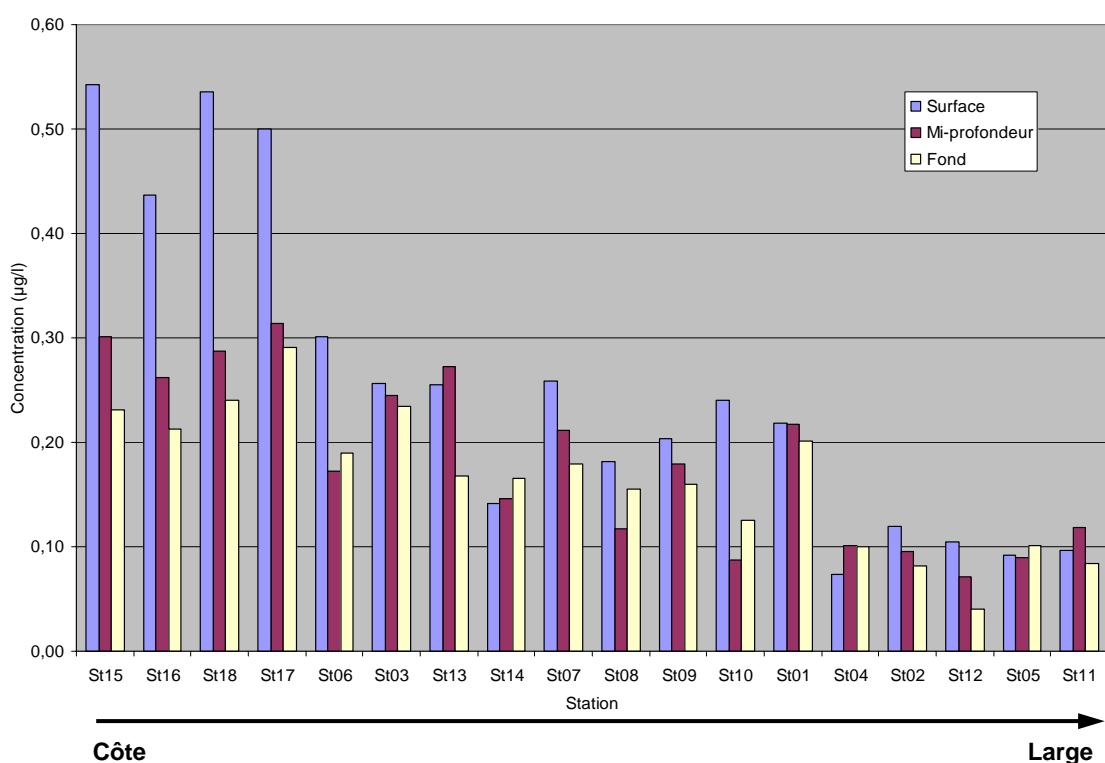
### Distribution verticale

En ce qui concerne la distribution verticale des métaux, d'une manière générale les eaux de surfaces sont plus concentrées en Mn, Co, et Ni, que celles des couches inférieures (Figure 4

et Annexe 3). Ce phénomène s'exprime de manière particulièrement claire pour les eaux proches des sources d'apports terrigènes, comme en Baie du Prony ou au droit de la Baie Kwé ou respectivement on mesure pour Mn, Co et Ni :  $0,572 \pm 0,168 \mu\text{g/L}$ ,  $0,124 \pm 0,017 \mu\text{g/L}$  et  $0,823 \pm 0,071 \mu\text{g/L}$  en surface et  $0,346 \pm 0,108 \mu\text{g/L}$ ,  $0,073 \pm 0,011 \mu\text{g/L}$  et  $0,507 \pm 0,078 \mu\text{g/L}$  dans les niveaux inférieurs.

Ailleurs, au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers le large, les gradients de concentration dans la colonne d'eau s'estompent. Cette observation est particulièrement justifiée pour les stations d'influence océanique St02, St04, St 06, St11 et St12 où les concentrations en Mn, Co et Ni, quelque soit le niveau de prélèvement, sont respectivement de l'ordre de  $0,108 \pm 0,026 \mu\text{g/L}$ ,  $0,023 \pm 0,011 \mu\text{g/L}$  et  $0,243 \pm 0,085 \mu\text{g/L}$ .

Pour les métaux tels que Cu, Cd et Fe, voire As, aucun gradient vertical n'est à noter.



**Figure 4 :** Concentrations de Ni dissous déterminées à IRD. Gradient de concentration pour les stations en fonction de la distance à la côte.

### Evolution temporelles des concentrations

L'ordre de grandeur des concentrations en métaux mesurées pour la saison humide (Tableau 10) sont peu différentes de celles déterminées lors de la campagne d'échantillonnage effectuée en avril 2005 (Saison sèche). Ce constat s'avère particulièrement exacte pour les éléments comme Cd, Co et Cu. Pour d'autres métaux comme Mn et Ni, si les concentrations moyennes mais surtout les valeurs minimales sont à peu près égales d'une saison à l'autre, les valeurs maximales sont elles plus élevées dans les échantillons prélevés en saison sèche et sont surtout plus hétérogènes.

En matière de gradient vertical des concentrations, pendant la saison sèche il n'apparaît pas vraiment d'organisation en termes de répartition dans la colonne d'eau. Au contraire, la saison

humide permet de clairement visualiser pour des métaux d'origine terrigènes comme Mn, Ni et Co, des enrichissements dans les eaux de surface. Cette observation est bien à relier avec les sources d'apport comme la rivière Kwé

**Tableau 10 :** Comparaisons des concentrations en métaux obtenues en saison humide et saison sèche.

		Saison humide					Saison sèche				
		As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)
<b>Domaine entier</b>	Min	1,07	0,01	0,011	0,08	0,16	0,54	0,02	0,03	0,07	0,25
	Max	1,47	0,03	0,143	0,68	0,92	1,41	0,23	0,08	5,05	3,61
	Moyenne	1,30	0,02	0,048	0,25	0,38	0,98	0,07	0,04	1,02	0,81
<b>Canal de la Havannah</b>	Min	1,20	0,01	0,011	0,08	0,16	0,54	0,02	0,03	0,07	0,27
	Max	1,47	0,03	0,055	0,30	0,43	1,33	0,23	0,07	5,05	1,62
	Moyenne	1,33	0,02	0,030	0,17	0,28	0,92	0,07	0,04	0,71	0,56
<b>Baie du Prony</b>	Min	1,07	0,02	0,061	0,26	0,41	0,79	0,03	0,03	0,07	0,25
	Max	1,32	0,03	0,143	0,68	0,92	1,41	0,11	0,08	4,79	3,61
	Moyenne	1,20	0,02	0,090	0,39	0,61	1,03	0,07	0,04	1,56	1,24

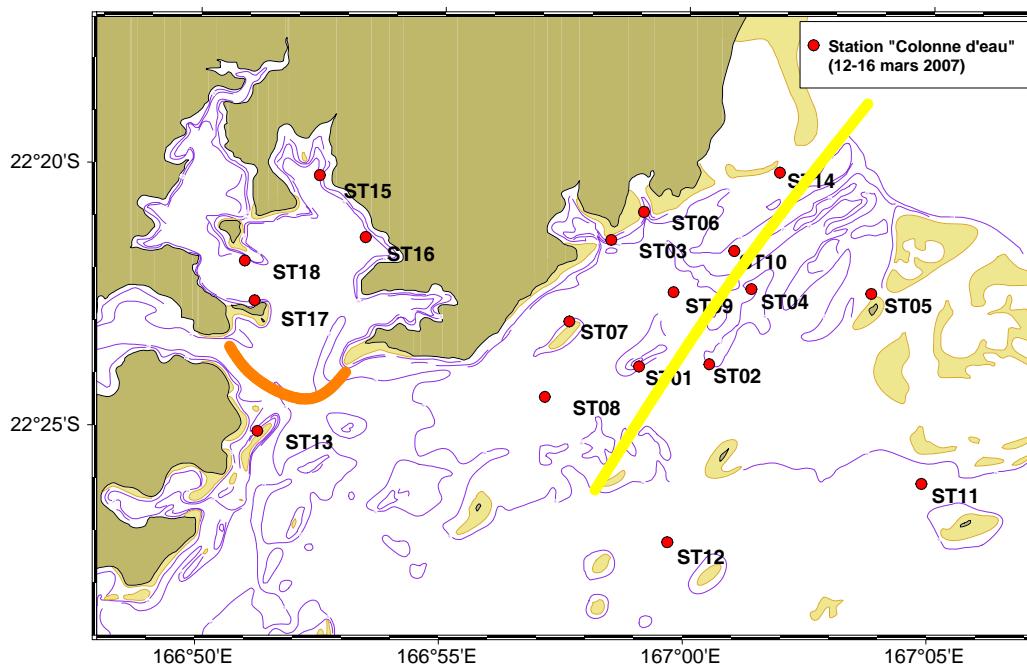
## CONCLUSION

Les études permettent de mettre en évidence des structures hydrologiques différentes en saison humide par rapport à la saison sèche. Ainsi, on distingue (Figure 5) :

- Deux aires d'influence terrigène constituées, d'une part, par la Baie du Prony et particulièrement sa Rade Nord, et d'autre part la Baie Kwé. Dans ces deux systèmes, l'importance des apports en matériel particulaire arraché aux bassins versants par les fortes précipitations (>100mm/j), conduit en mer, à la formation de structures hydrologiques de surface à fortes concentration en métaux et dans une moindre mesure en sels nutritifs comme les silicates. Ces structures sont parfois accompagnées de couches turbides benthiques aux caractéristiques semblables ;
- Une zone de circulation est-ouest constituée par une veine d'eau « cotière » de 2-3 miles de large environ, qui longe la côte sud de Nouvelle Calédonie. Cette structure hydrologique se caractérise par des concentrations relativement élevées tant en sels nutritifs qu'en métaux dont la signature est terrigène ; une des principales sources d'apports désignée étant la rivière Kwé. Contrairement aux résultats obtenus en saison sèche, il ne semble pas exister de zone de mélange localisée, entre les systèmes océanique et terrigène, qui prendrait naissance au droit de la Baie du Prony.
- Une zone d'influence clairement océanique qui s'étend vers le large au-delà de la veine d'eau « cotière ». Cette aire se caractérise par des teneurs faibles, tant en sels nutritifs qu'en métaux et une homogénéité relative des concentrations dans toute la colonne d'eau. Les résultats de mesure dans ce secteur semblent indiquer qu'un changement dans l'hydrodynamique est à l'origine de ces particularités géochimiques, comme la présence d'un upwelling côtier de faible ampleur ;

Comme, dans l'étude précédente, la mise en place d'un suivi temporel nécessite de focaliser l'attention sur :

- La Rade Nord en ce qui concerne l'impact d'une part des rejets domestiques (St15) et d'autre part des installations portuaires (St16) ;
- Le secteur du Canal de la Havannah et particulièrement la veine d'eau « côtière » qui peut être le siège de sur-concentrations potentielles des métaux (St03, St07 et St08), phénomène lié aux mouvements de marée.



**Figure 5 :** Carte de la structure horizontale des masses d'eaux dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony

## BIBLIOGRAPHIE

Fanning G.O., Pilson M.E.Q., 1973. On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters. *Anal. Chem.*, 45 : 136-140.

Fichez R., Moreton B., Pringault O., Viret H., 2005 – Fiche 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux. Convention de Recherche IRD/Goro-Ni N°9104

Fichez R., Adjeroud M., Bozec Y.M., Breau L., Chancerelle Y., Chevillon C., Douillet P., Fernandez J.M., 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

Holms-Hansen O., Lorenzen C.J., Holmes R.W., Strickland J.D.H., 1965. Fluorimetric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 30 : 3-15.

Lorenzen C.J., 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Res.*, 13 : 223-227.

Murphy J., Riley J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27 : 31-36.

Oudot C., Montel Y., 1988. A high sensitivity method for the determination of nanomolar concentrations of nitrate and nitrite in seawater with a Technicon Autoanalyzer II. *Mar. Chem.*, 24 : 239-252.

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

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau (mission du 12-16 mars 2007).....	4
Figure 2 : Chronologie des prélèvements dans la colonne d'eau et marégramme du 12 au 15 mars 2007.....	4
Figure 3 : Résultats des analyses effectuées avec acidification préalable des échantillons (UT2A-Bordeaux) et sans par pré-concentration directe des métaux sur résine (IRD-Nouméa). .....	18
Figure 4 : Concentrations de Ni dissous déterminées à IRD. Gradient de concentration pour les stations en fonction de la distance à la cote.....	20
Figure 5 : Carte de la structure horizontale des masses d'eaux dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony .....	22

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Liste et localisation des stations.....	5
Tableau 2 : Résultats d'analyse des échantillons certifiés TM-26.3 et TMDA-61.....	9
Tableau 3 : LAMA (IRD) : Résultats d'analyses des échantillons de référence NASS-5 et CASS-4.....	9
Tableau 4 : UT2A (Univ Pau) : Résultats d'analyses des échantillons de référence NASS-5 et CASS-4.....	9
Tableau 5 : Valeurs maximales et minimales pour les paramètres Température, Salinité, Turbidité, Fluorescence (calculée en <i>équivalent-chlorophylle</i> et exprimée en mg/m <sup>3</sup> ) et Irradiance.....	11
Tableau 6 : Concentrations en sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates et silicates) dans la zone d'étude en saison humide. ....	14
Tableau 7 : Concentrations en carbone, azote et phosphore organiques dissous et particulaires dans la zone d'étude en saison humide.....	15
Tableau 8 : Valeurs des rapports C/N/P pour l'ensemble de la zone étudiée et pour les profondeurs échantillonnées.....	17
Tableau 9 : Concentrations minimales, maximales et moyennes des principaux éléments métalliques détectés dans les eaux de mer du domaine étudié (sans UV). .....	19
Tableau 10 : Comparaisons des concentrations en métaux obtenues en saison humide et saison sèche.....	21

## **LISTE DES ANNEXES**

### **Annexe 1**

Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétrique SBE 19.

### **Annexe 2**

Concentrations en sels nutritifs dans la colonne d'eau.

### **Annexe 3**

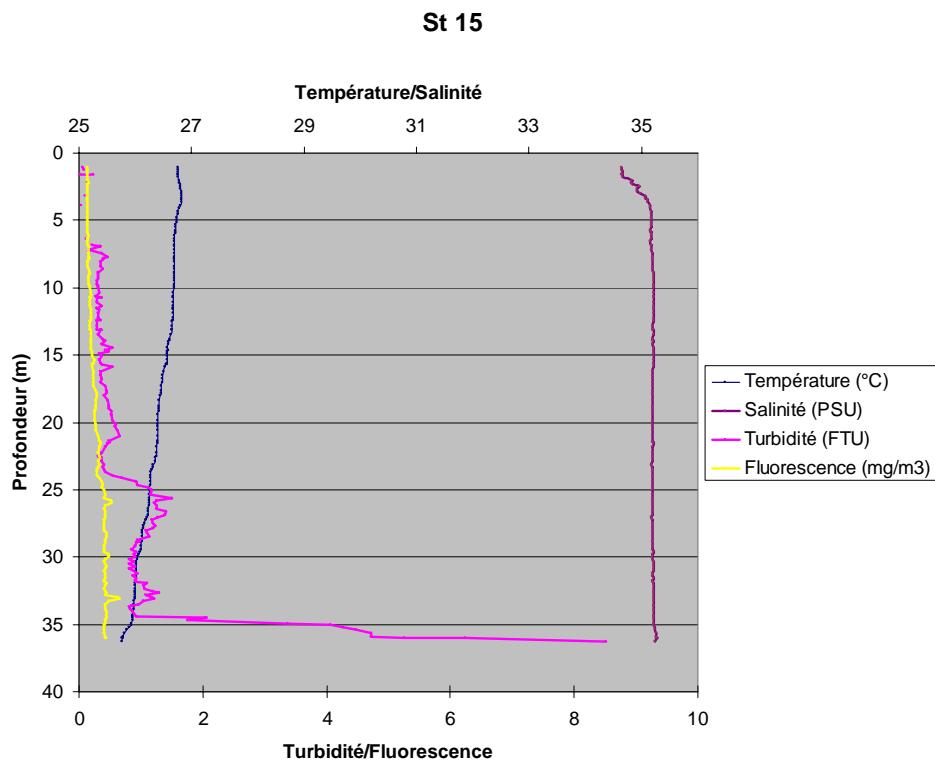
Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau.

## ANNEXE 1

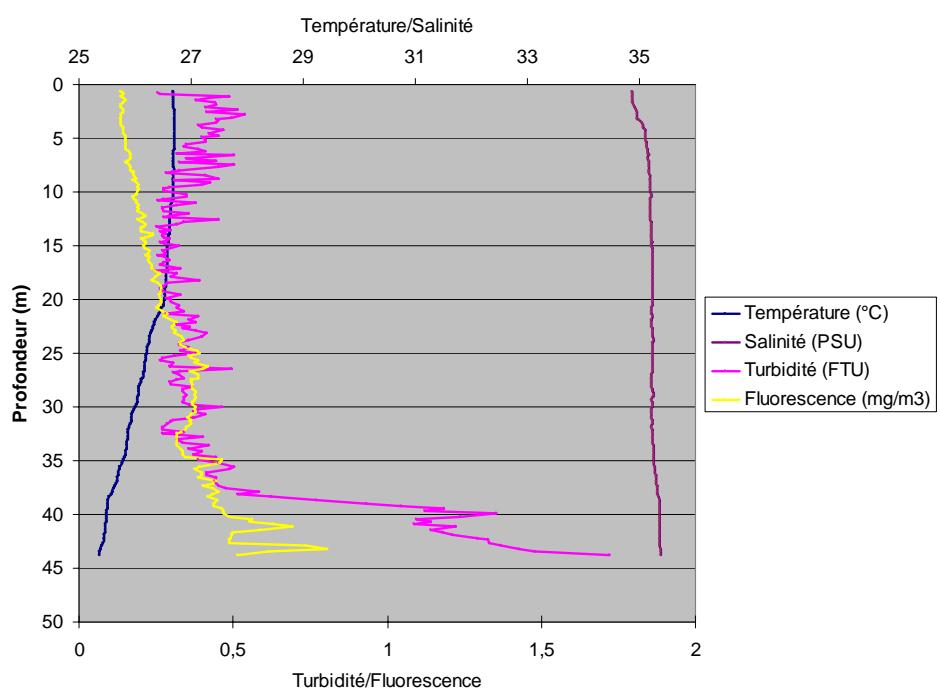
### Principales caractéristiques physico-chimiques : Profils CTD obtenus avec une sonde multiparamétrique SBE 19.

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

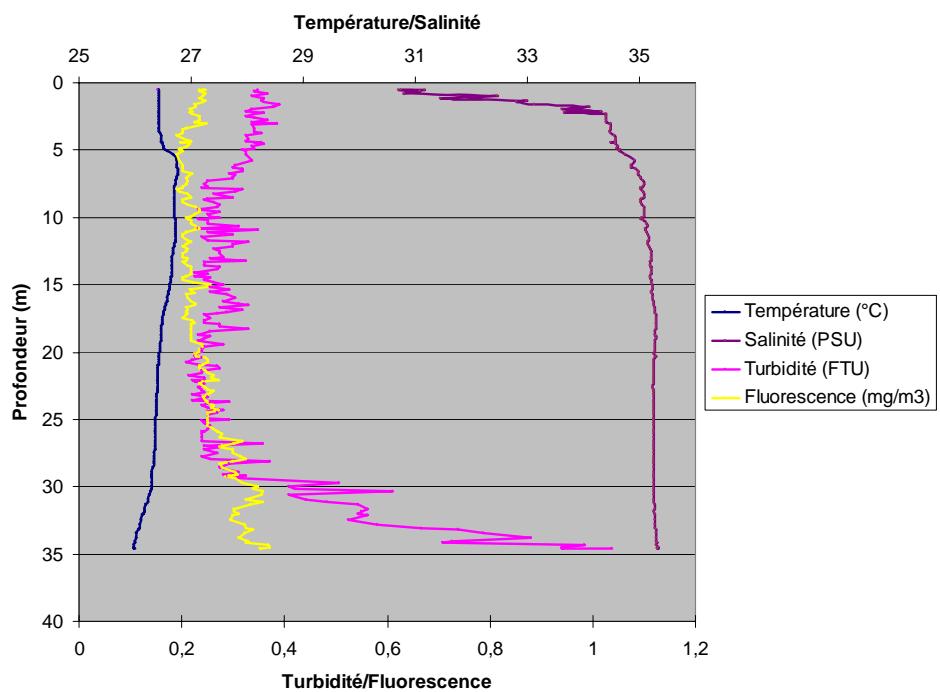
- St13, St15, St16, St17 et St18 correspondent aux eaux de la Baie du Prony ;
- St03 et St06 décrivent les eaux de la frange littorale du Canal de la Havannah ;
- St01, St02, St07, St08, St09 et St12 sont représentatifs des eaux intermédiaires du Canal;
- St04, St05, St11 et St14 sont proches de la signature des eaux océaniques.



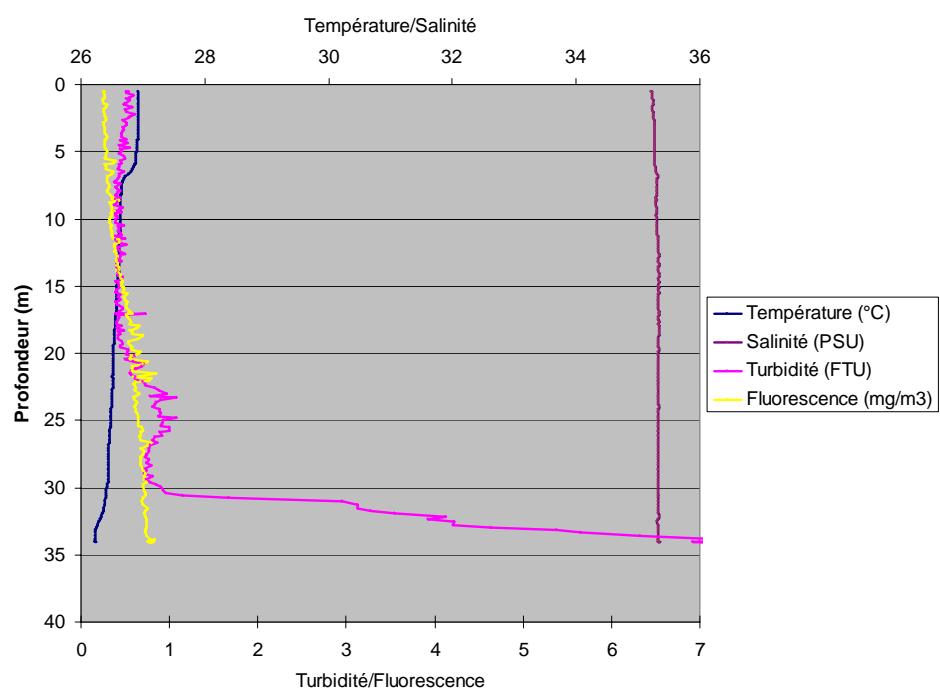
### St 16



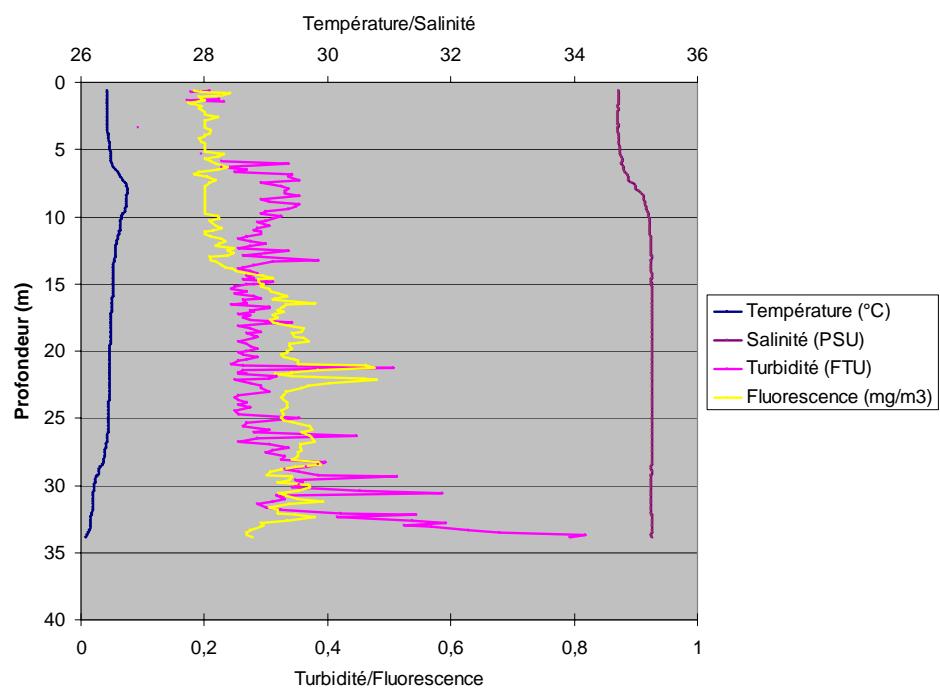
### St 18



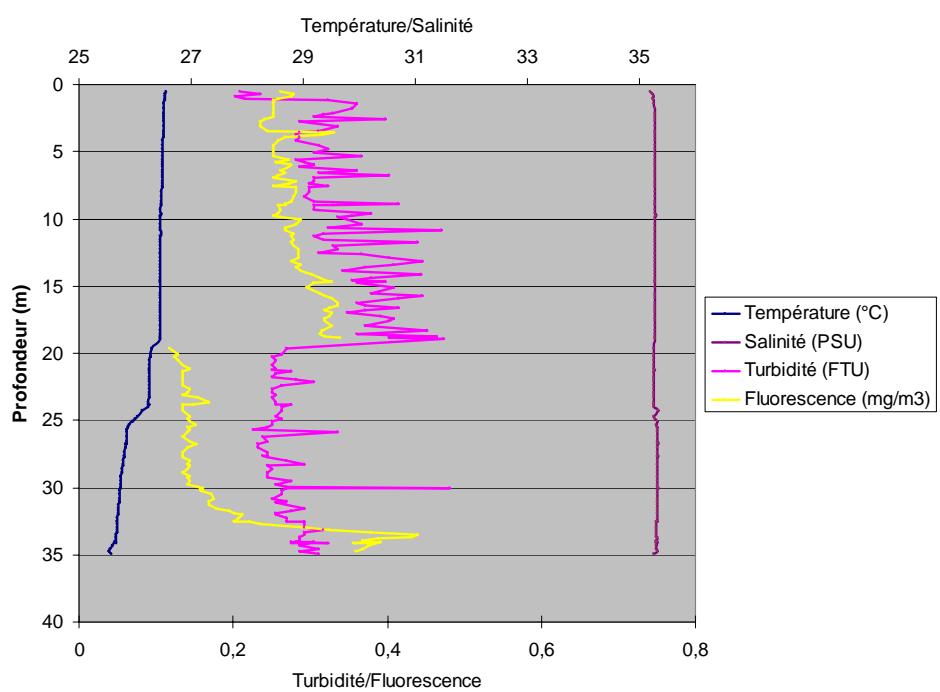
### St 13



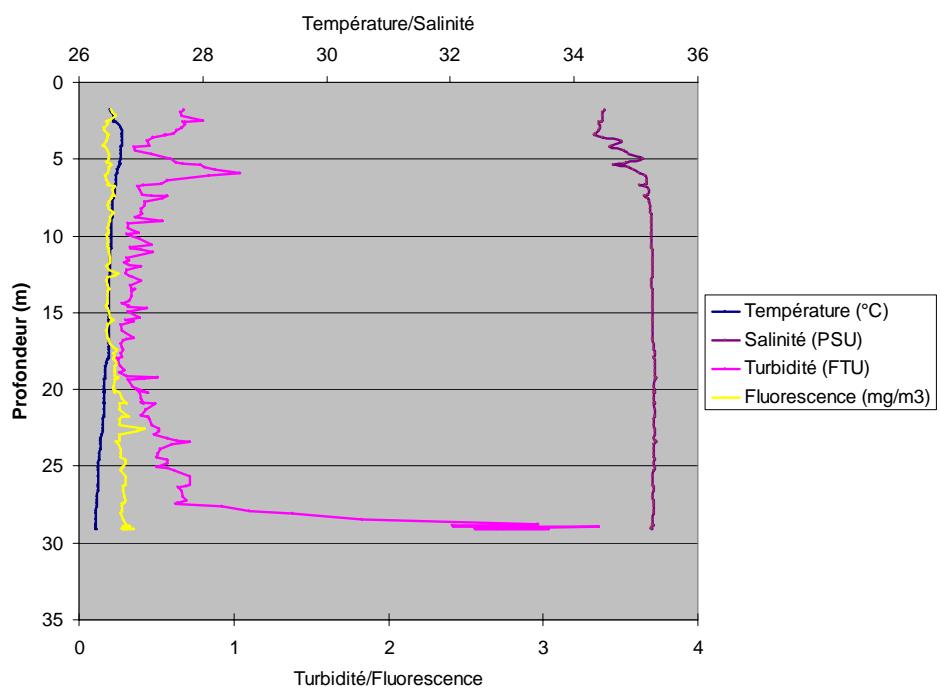
### St 17



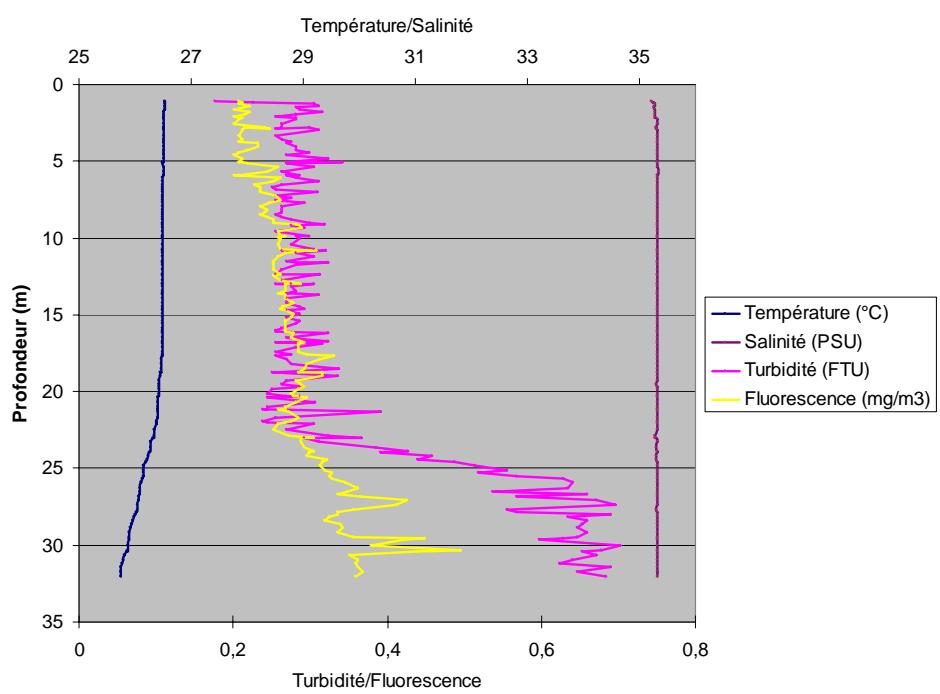
### St 03



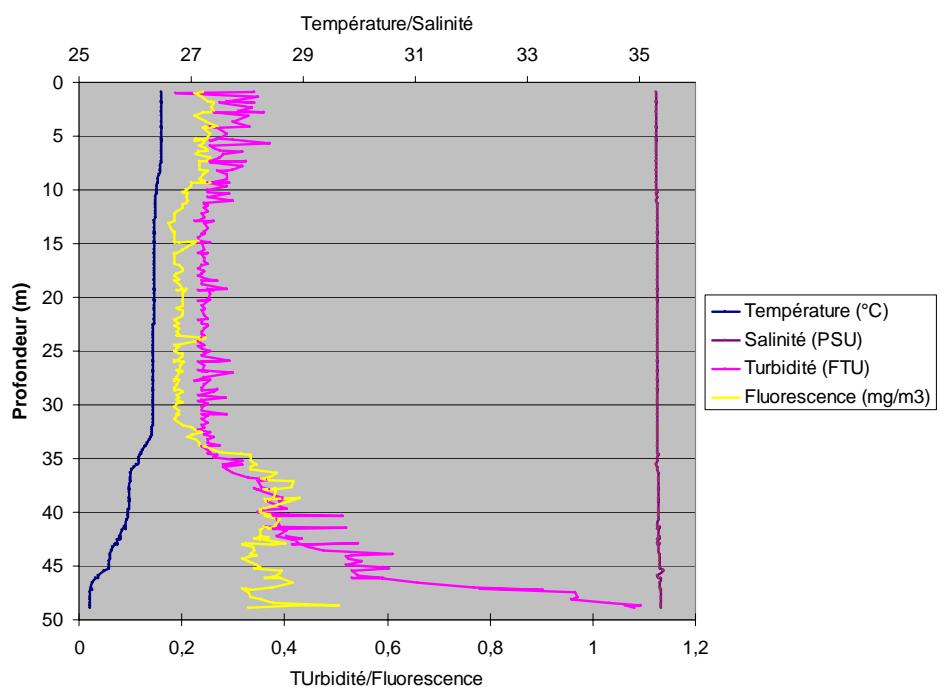
### St 06



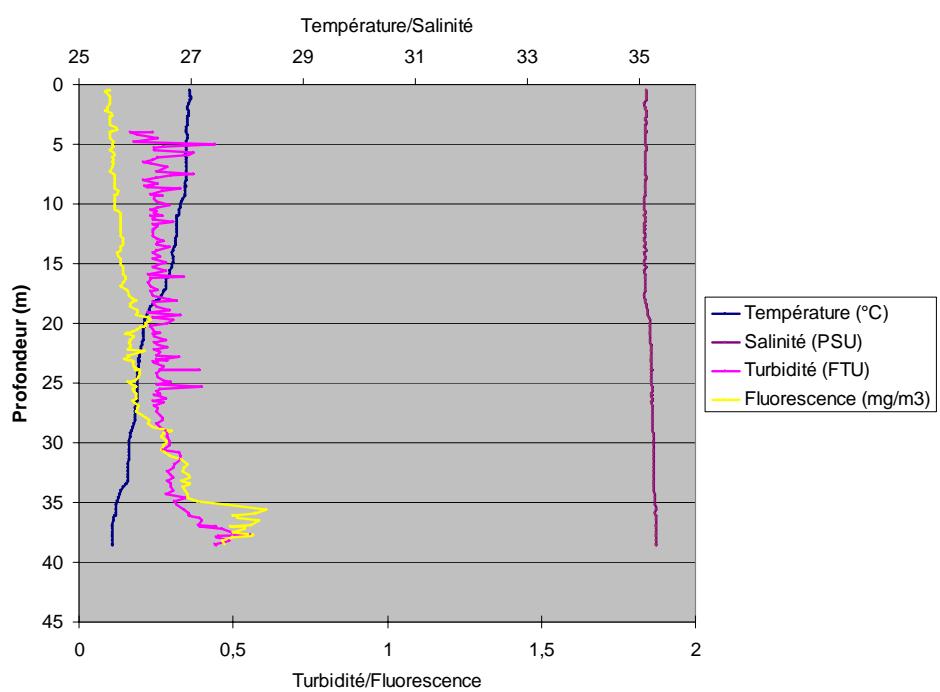
### St 07



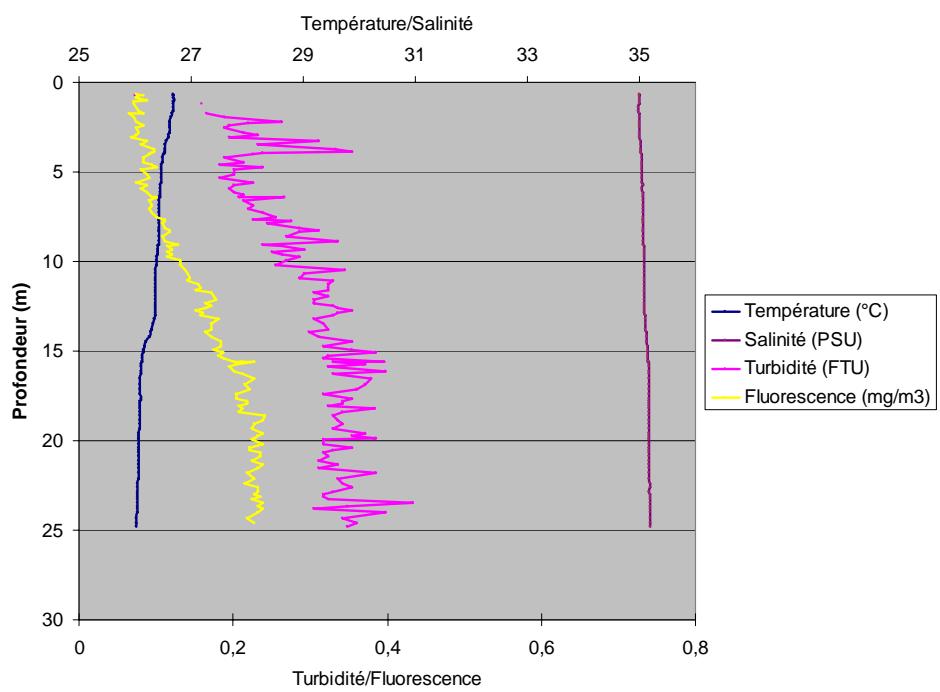
### St 08



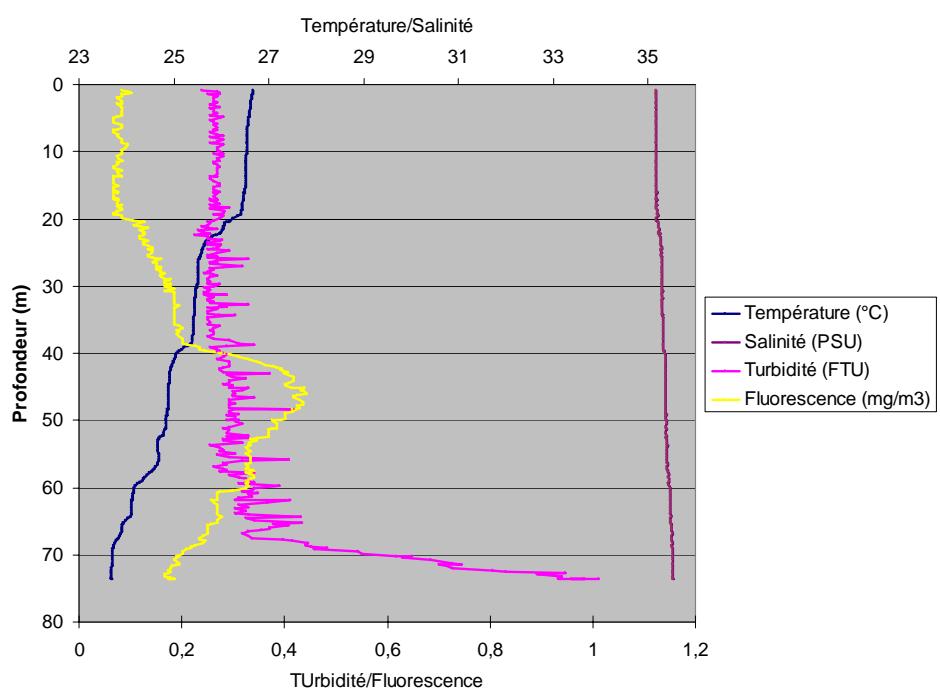
### St 09



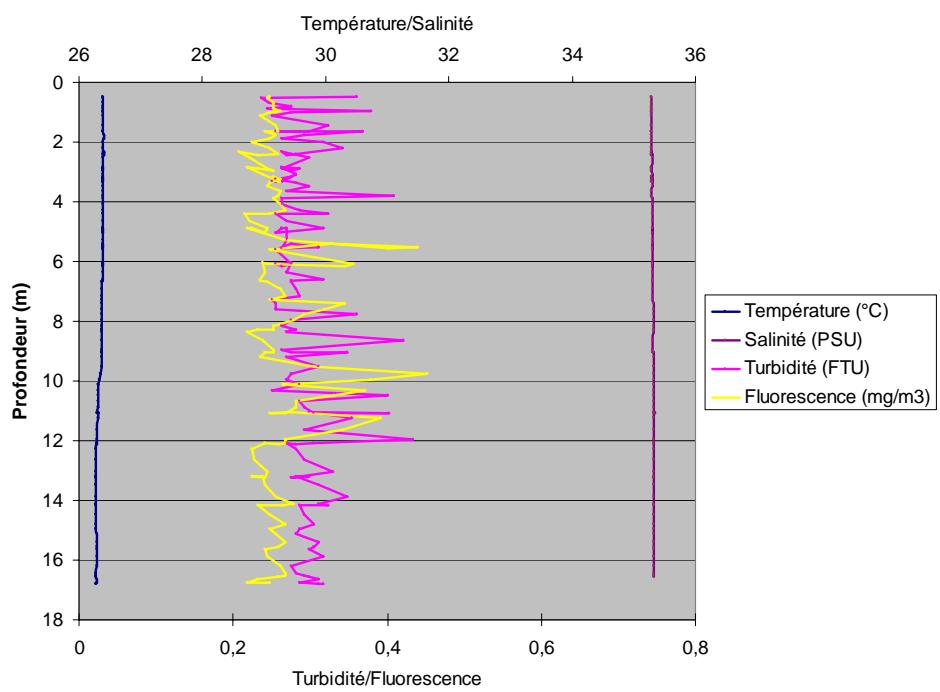
### St 14



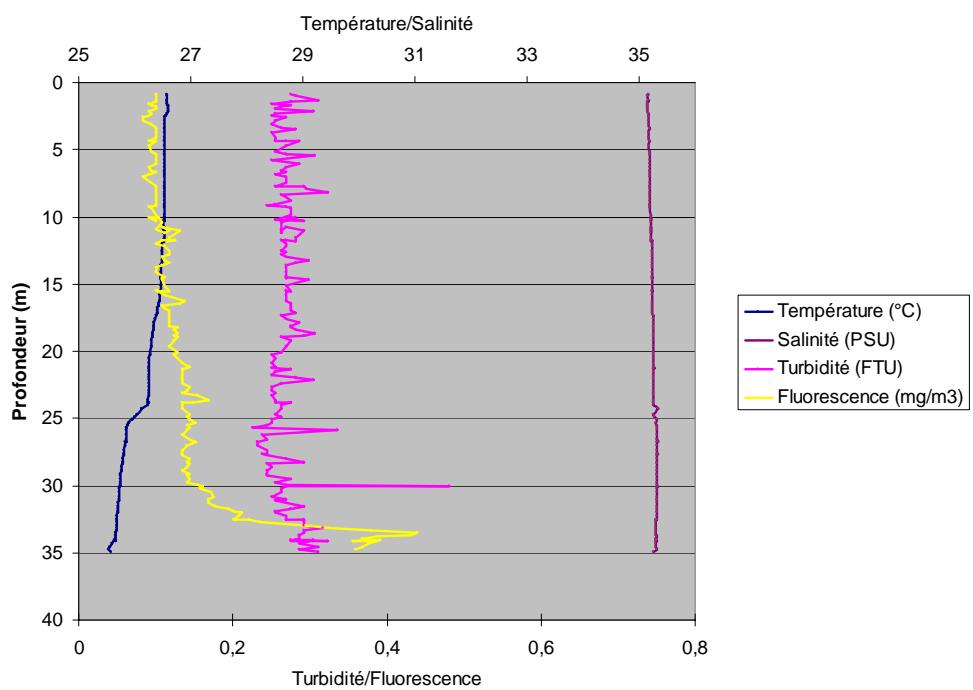
### St 12



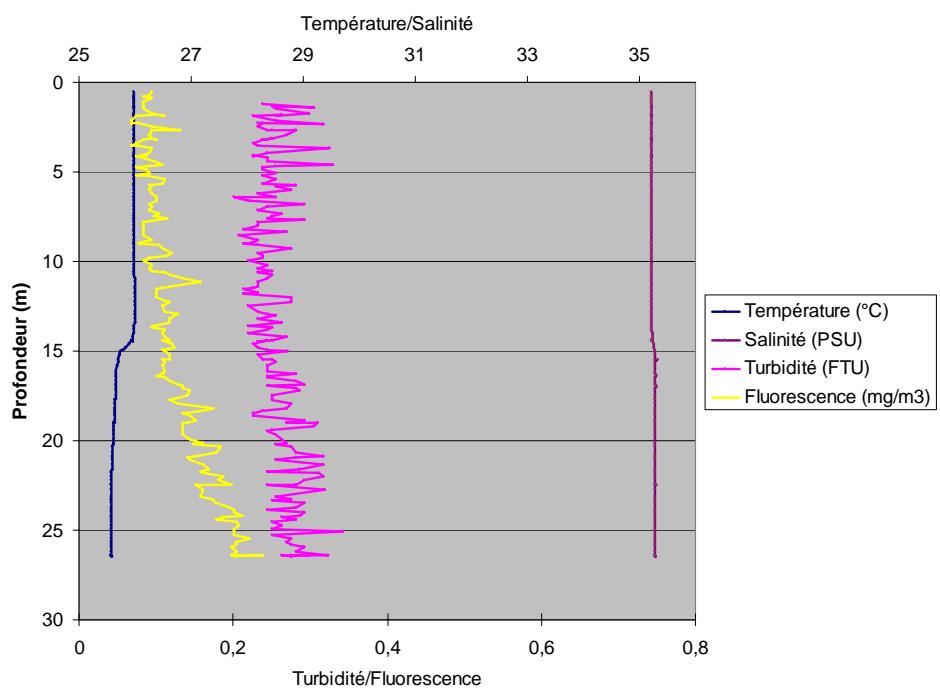
### St 01



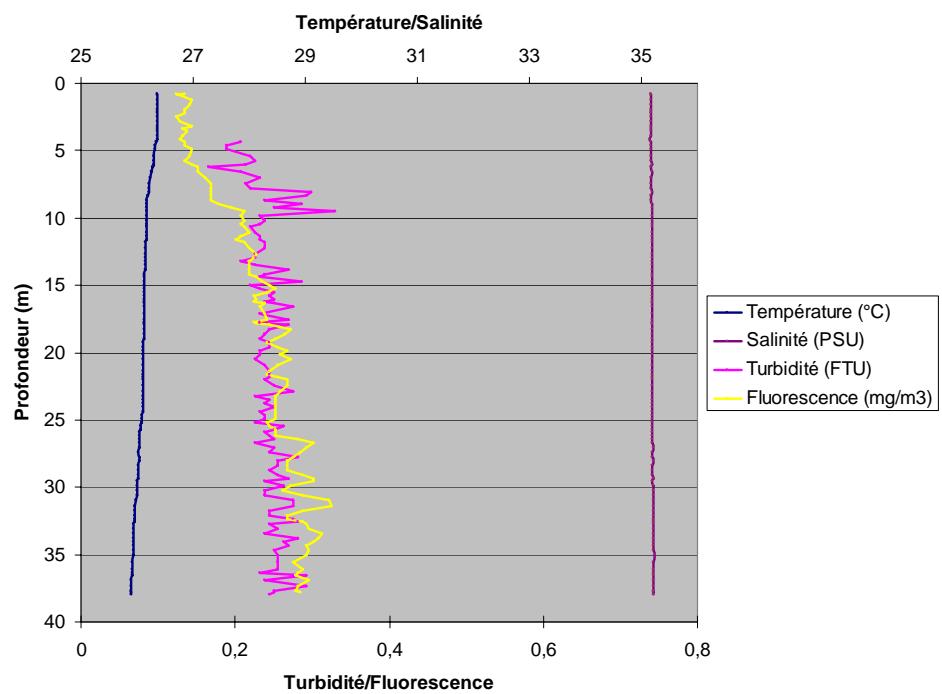
### St 02



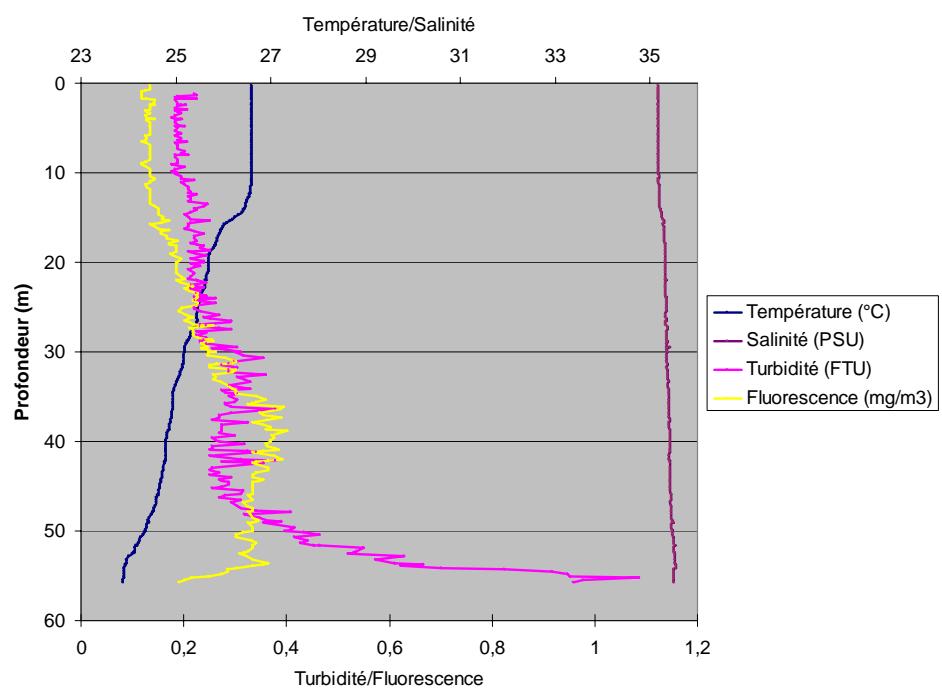
### St 05

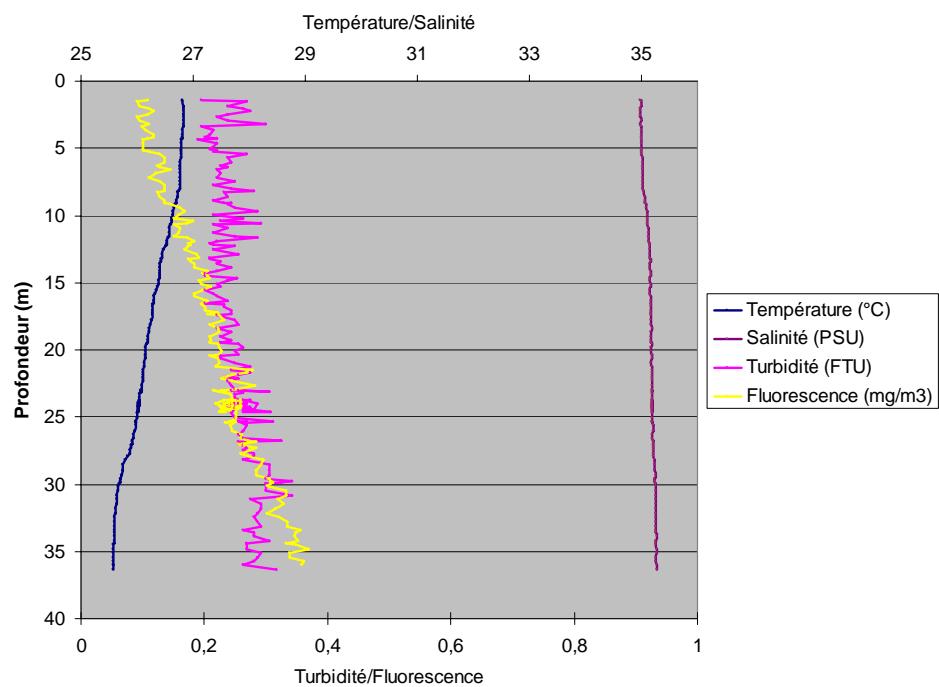


### St 04



### St 11



**St 10**

## ANNEXE 2

### **Chlorophylle a et en Phéopigments**

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

Station	Profondeur	Chloro µg/L (n=1)	Pheo µg/L (n=1)	%Pheo
ST01	S	0,448	0,117	20,6
ST01	M	0,428	0,138	24,4
ST01	F	0,506	0,195	27,9
ST02	S	0,422	0,067	13,6
ST02	M	0,370	0,071	16,2
ST02	F	0,541	0,195	26,5
ST03	S	0,389	0,115	22,7
ST03	M	0,440	0,148	25,2
ST03	F	0,461	0,171	27,0
ST04	S	0,434	0,125	22,3
ST04	M	0,495	0,180	26,6
ST04	F	0,491	0,175	26,3
ST05	S	0,266	0,163	38,0
ST05	M	0,318	0,135	29,8
ST05	F	0,357	0,183	34,0
ST06	S	0,519	0,170	24,7
ST06	M	0,439	0,145	24,8
ST06	F	0,460	0,141	23,5
ST07	S	*	*	*
ST07	M	0,417	0,147	26,0
ST07	F	0,438	0,189	30,2
ST08	S	0,414	0,117	22,1
ST08	M	0,307	0,081	20,8
ST08	F	0,589	0,225	27,6
ST09	S	0,201	0,050	20,1
ST09	M	0,288	0,090	23,8
ST09	F	0,503	0,204	28,8
ST10	S	0,247	0,054	17,8
ST10	M	0,353	0,121	25,5
ST10	F	0,472	0,250	34,7
ST11	S	0,209	0,039	15,7
ST11	M	0,293	0,111	27,4
ST11	F	0,439	0,214	32,8

Station	Profondeur	Chloro µg/L (n=1)	Pheo µg/L (n=1)	%Pheo
ST12	S	0,296	0,041	12,2
ST12	M	0,519	0,172	24,9
ST12	F	0,434	0,283	39,4
ST13	S	0,496	0,187	27,4
ST13	M	0,806	0,249	23,6
ST13	M	0,970	0,295	23,3
ST14	S	0,298	0,119	28,6
ST14	M	0,378	0,162	30,0
ST14	F	0,560	0,212	27,4
ST15	S	0,340	0,096	22,1
ST15	M	0,320	0,096	23,0
ST15	M	0,538	0,208	27,9
ST16	S	0,337	0,071	17,4
ST16	M	0,385	0,125	24,6
ST16	F	0,559	0,233	29,4
ST17	S	0,558	0,104	15,7
ST17	M	0,433	0,134	23,6
ST17	F	0,587	0,193	24,8
ST18	S	0,476	0,097	17,0
ST18	M	0,274	0,097	26,1
ST18	F	0,355	0,137	27,9

## Ammonium

Concentration en NH<sub>4</sub> dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (\*) = Echantillons non traité ; (-) = Echantillon unique, écart-type non calculable.

Station	Profondeur	NH4 µmol/L	Ecart-type (n=3)
ST01	S	0,017	0,001
ST01	M	0,029	0,005
ST01	F	0,092	0,006
ST02	S	0,016	0,005
ST02	M	0,010	0,003
ST02	F	0,040	0,002
ST03	S	0,061	0,007
ST03	M	0,054	0,003
ST03	F	0,103	0,002
ST04	S	0,053	0,008
ST04	M	0,064	0,009
ST04	F	0,070	0,001
ST05	S	0,153	0,010
ST05	M	0,177	0,009
ST05	F	0,178	0,001
ST06	S	0,157	0,007
ST06	M	0,071	0,006
ST06	F	0,075	0,007
ST07	S	0,387	0,010
ST07	M	0,156	0,003
ST07	F	0,154	0,004
ST08	S	0,020	0,004
ST08	M	0,020	0,001
ST08	F	0,413	0,001
ST09	S	0,042	0,003
ST09	M	0,097	0,001
ST09	F	0,129	0,002
ST10	S	0,026	0,003
ST10	M	0,071	0,004
ST10	F	0,184	0,002
ST11	S	0,109	0,012
ST11	M	0,062	0,001
ST11	F	0,262	0,006

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>NH4 µmol/L</b>	<b>Ecart-type (n=3)</b>
ST12	S	0,009	0,002
ST12	M	0,015	0,009
ST12	F	0,186	0,003
ST13	S	0,113	0,003
ST13	M	0,029	0,002
ST13	M	0,057	0,004
ST14	S	0,080	0,007
ST14	M	0,109	0,005
ST14	F	0,140	0,001
ST15	S	0,018	0,002
ST15	M	0,014	0,004
ST15	M	0,025	0,001
ST16	S	0,012	0,006
ST16	M	0,015	0,003
ST16	F	0,168	0,006
ST17	S	0,018	0,006
ST17	M	0,085	0,001
ST17	F	0,062	0,002
ST18	S	0,014	0,001
ST18	M	0,029	0,003
ST18	F	0,071	0,003

## Azote et Phosphore organique dissous

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

Station	Profondeur	POD µmol/L	Ecart-type (n=2)	NOD µmol/L	Ecart-type (n=2)
ST01	S	0,185	0,003	4,507	0,020
ST01	M	0,222	0,004	4,499	0,086
ST01	F	0,276	0,025	5,984	0,140
ST02	S	0,206	0,005	5,310	0,171
ST02	M	0,186	0,006	5,115	0,151
ST02	F	0,188	0,011	5,573	0,904
ST03	S	0,189	0,005	4,419	0,119
ST03	M	0,188	0,008	4,909	0,327
ST03	F	0,238	0,023	5,234	0,199
ST04	S	0,159	0,023	4,822	0,032
ST04	M	0,197	0,004	5,248	0,116
ST04	F	0,193	0,011	5,239	0,674
ST05	S	0,199	0,006	5,146	0,548
ST05	M	0,191	0,001	5,024	0,430
ST05	F	0,279	0,027	5,917	0,235
ST06	S	0,155	0,055	3,969	1,042
ST06	M	0,200	0,003	5,062	0,257
ST06	F	0,217	0,005	5,606	0,983
ST07	S	0,210	0,006	9,894	0,386
ST07	M	0,233	0,027	5,644	0,924
ST07	F	0,194	0,001	5,188	0,283
ST08	S	0,210	0,015	4,835	0,191
ST08	M	0,213	0,011	4,816	0,274
ST08	F	0,217	0,001	6,041	1,971
ST09	S	0,178	0,019	5,225	0,878
ST09	M	0,186	0,019	5,224	0,212
ST09	F	0,199	0,019	5,787	0,357
ST10	S	0,186	0,013	4,886	0,519
ST10	M	0,160	0,020	4,696	0,073
ST10	F	0,214	0,037	5,179	0,417
ST11	S	0,201	0,047	5,428	0,720
ST11	M	0,191	0,008	5,116	0,006
ST11	F	0,215	0,015	5,182	0,406

Station	Profondeur	POD µmol/L	Ecart-type (n=2)	NOD µmol/L	Ecart-type (n=2)
ST12	S	0,220	0,005	5,170	0,415
ST12	M	0,226	0,014	5,337	0,276
ST12	F	0,260	0,074	5,886	1,193
ST13	S	0,228	0,001	5,19	0,176
ST13	M	0,215	0,006	5,05	0,355
ST13	F	0,211	0,001	5,13	0,366
ST14	S	0,208	0,029	4,640	0,059
ST14	M	0,209	0,020	4,826	0,390
ST14	F	0,233	0,004	4,901	0,099
ST15	S	0,200	0,006	5,47	0,218
ST15	M	0,230	0,001	4,81	0,447
ST15	F	0,218	0,009	4,63	0,042
ST16	S	0,224	0,031	5,288	0,800
ST16	M	0,190	0,030	6,316	0,652
ST16	F	0,202	0,011	5,115	0,359
ST17	S	0,185	0,005	5,46	0,502
ST17	M	0,200	0,003	4,92	0,026
ST17	F	0,188	0,012	5,64	0,149
ST18	S	0,172	0,006	4,575	0,109
ST18	M	0,195	0,021	4,479	0,283
ST18	F	0,205	0,014	4,668	0,130

## Phosphates

Concentration en PO<sub>4</sub> dissous dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (\*) = Echantillon non traité ; (-) = Echantillon unique, pas d'écart-type calculable ou absence de résultat.

Station	Profondeur	PO4 µmol/L	Ecart-type (n=2)
ST01	S	0,012	0,003
ST01	M	0,011	0,011
ST01	F	0,028	0,011
ST02	S	0,008	0,002
ST02	M	0,003	0,002
ST02	F	0,020	0,011
ST03	S	0,031	0,013
ST03	M	0,018	0,007
ST03	F	0,023	0,001
ST04	S	0,020	0,006
ST04	M	0,036	0,005
ST04	F	0,050	0,007
ST05	S	0,046	0,005
ST05	M	0,053	0,007
ST05	F	0,062	0,011
ST06	S	0,046	0,001
ST06	M	0,043	0,000
ST06	F	0,025	0,006
ST07	S	0,051	0,004
ST07	M	0,030	0,007
ST07	F	0,035	0,011
ST08	S	0,006	0,009
ST08	M	0,025	0,011
ST08	F	0,125	0,012
ST09	S	0,012	0,007
ST09	M	0,019	0,012
ST09	F	0,071	0,003
ST10	S	0,012	0,009
ST10	M	0,035	0,007
ST10	F	0,069	0,003
ST11	S	0,015	0,002
ST11	M	0,033	0,007
ST11	F	0,091	0,004

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>PO4 µmol/L</b>	<b>Ecart-type (n=2)</b>
ST12	S	0,013	0,007
ST12	M	0,029	0,001
ST12	F	0,099	0,005
ST13	S	0,062	0,005
ST13	M	0,026	0,004
ST13	M	0,040	0,001
ST14	S	0,042	0,009
ST14	M	0,041	0,002
ST14	F	0,048	0,006
ST15	S	0,014	0,009
ST15	M	0,040	0,010
ST15	M	0,053	0,005
ST16	S	0,027	0,004
ST16	M	0,036	0,010
ST16	F	0,058	0,007
ST17	S	0,007	0,009
ST17	M	0,047	0,004
ST17	F	0,053	0,014
ST18	S	0,024	0,007
ST18	M	0,029	0,002
ST18	F	0,051	0,014

## Azote et Phosphore organique particulaires

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

Station	Profondeur	POP µmol/L (n=1)	NOP µmol/L (n=1)
ST01	S	0,062	0,73
ST01	M	0,063	0,90
ST01	F	0,061	0,66
ST02	S	0,060	0,61
ST02	M	0,051	0,69
ST02	F	0,054	0,71
ST03	S	0,107	1,05
ST03	M	0,086	1,07
ST03	F	0,083	1,75
ST04	S	*	0,88
ST04	M	0,075	0,96
ST04	F	0,059	1,24
ST05	S	0,051	0,44
ST05	M	0,042	0,51
ST05	F	0,054	0,89
ST06	S	0,062	0,99
ST06	M	0,062	*
ST06	F	0,055	0,67
ST07	S	Raté	1,22
ST07	M	0,042	0,45
ST07	F	0,048	0,55
ST08	S	0,055	*
ST08	M	0,055	0,70
ST08	F	0,067	0,65
ST09	S	0,047	0,96
ST09	M	0,060	0,71
ST09	F	0,059	1,19
ST10	S	0,042	0,80
ST10	M	0,058	0,53
ST10	F	0,044	0,74
ST11	S	0,056	1,70
ST11	M	0,043	0,58
ST11	F	0,066	0,99

Station	Profondeur	POP µmol/L (n=1)	NOP µmol/L (n=1)
ST12	S	0,013	0,007
ST12	M	0,029	0,001
ST12	F	0,099	0,005
ST13	S	0,062	0,005
ST13	M	0,026	0,004
ST13	M	0,040	0,001
ST14	S	0,042	0,009
ST14	M	0,041	0,002
ST14	F	0,048	0,006
ST15	S	0,014	0,009
ST15	M	0,040	0,010
ST15	M	0,053	0,005
ST16	S	0,027	0,004
ST16	M	0,036	0,010
ST16	F	0,058	0,007
ST17	S	0,007	0,009
ST17	M	0,047	0,004
ST17	F	0,053	0,014
ST18	S	0,024	0,007
ST18	M	0,029	0,002
ST18	F	0,051	0,014

## Silicates

Concentration en SiO<sub>2</sub> dissous dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (\*) = Echantillon non traité ; (-) = Echantillon unique, pas d'écart-type calculable ou absence de résultat.

Station	Profondeur	SiO <sub>2</sub> µmol/L	Ecart-type (n=2)
ST01	S	1,041	0,056
ST01	M	0,856	0,077
ST01	F	0,937	0,078
ST02	S	0,775	0,094
ST02	M	0,564	0,007
ST02	F	0,702	0,100
ST03	S	1,467	0,073
ST03	M	0,988	0,117
ST03	F	1,323	0,385
ST04	S	0,657	0,062
ST04	M	0,716	0,105
ST04	F	0,622	0,011
ST05	S	0,550	0,098
ST05	M	0,688	0,039
ST05	F	0,717	0,057
ST06	S	1,890	0,091
ST06	M	1,202	0,201
ST06	F	0,946	0,034
ST07	S	1,601	0,109
ST07	M	1,411	0,116
ST07	F	1,088	0,030
ST08	S	1,311	0,014
ST08	M	0,882	0,084
ST08	F	1,755	0,044
ST09	S	1,353	0,116
ST09	M	1,353	0,022
ST09	F	1,140	0,040
ST10	S	1,803	0,119
ST10	M	0,911	0,066
ST10	F	1,130	0,028
ST11	S	0,459	0,025
ST11	M	0,961	0,045
ST11	F	0,874	0,090

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>SIO2 µmol/L</b>	<b>Ecart-type (n=2)</b>
ST12	S	0,526	0,056
ST12	M	0,432	0,058
ST12	F	0,769	0,007
ST13	S	1,967	0,137
ST13	M	1,561	0,122
ST13	M	1,844	0,019
ST14	S	1,041	0,082
ST14	M	0,786	0,060
ST14	F	1,118	0,008
ST15	S	3,011	0,053
ST15	M	2,321	0,418
ST15	M	1,724	0,035
ST16	S	2,666	0,078
ST16	M	1,980	0,071
ST16	F	1,790	0,155
ST17	S	4,073	0,544
ST17	M	2,139	0,378
ST17	F	1,692	0,144
ST18	S	3,950	0,069
ST18	M	2,017	0,086
ST18	F	1,254	0,046

## Nitrate + Nitrites

Concentration en NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond - 3m ; (\*) = Echantillon non traité ; (-) = Echantillon unique, pas d'écart-type calculable ou absence de résultat.

Station	Profondeur	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> µmol/L	Ecart-type (n=2)
ST01	S	0,002	0,002
ST01	M	0,013	0,004
ST01	F	0,091	0,007
ST02	S	0,003	0,003
ST02	M	0,011	0,013
ST02	F	0,065	0,006
ST03	S	0,099	0,001
ST03	M	0,037	0,007
ST03	F	0,130	0,053
ST04	S	0,107	0,003
ST04	M	0,134	0,003
ST04	F	0,155	0,004
ST05	S	0,185	0,000
ST05	M	0,223	0,001
ST05	F	0,244	0,003
ST06	S	0,445	0,010
ST06	M	0,086	0,000
ST06	F	0,051	0,008
ST07	S	4,921	0,002
ST07	M	0,063	0,002
ST07	F	0,235	0,004
ST08	S	0,021	0,009
ST08	M	0,009	0,003
ST08	F	0,705	0,003
ST09	S	0,002	0,001
ST09	M	0,018	0,000
ST09	F	0,031	0,005
ST10	S	0,015	0,004
ST10	M	0,121	0,001
ST10	F	0,467	0,002
ST11	S	0,022	0,002
ST11	M	0,047	0,002
ST11	F	0,591	0,004

<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> µmol/L</b>	<b>Ecart-type (n=2)</b>
ST12	S	0,056	0,006
ST12	M	0,002	0,002
ST12	F	0,729	0,005
ST13	S	0,252	0,004
ST13	M	0,040	0,002
ST13	M	0,079	0,001
ST14	S	0,194	0,019
ST14	M	0,406	0,003
ST14	F	0,400	0,002
ST15	S	1,212	1,102
ST15	M	0,052	0,022
ST15	M	0,032	0,006
ST16	S	0,032	0,004
ST16	M	0,028	0,000
ST16	F	0,099	0,001
ST17	S	0,057	0,049
ST17	M	0,340	0,001
ST17	F	1,148	1,737
ST18	S	0,041	0,005
ST18	M	0,019	0,005
ST18	F	0,049	0,003

## Carbone organique

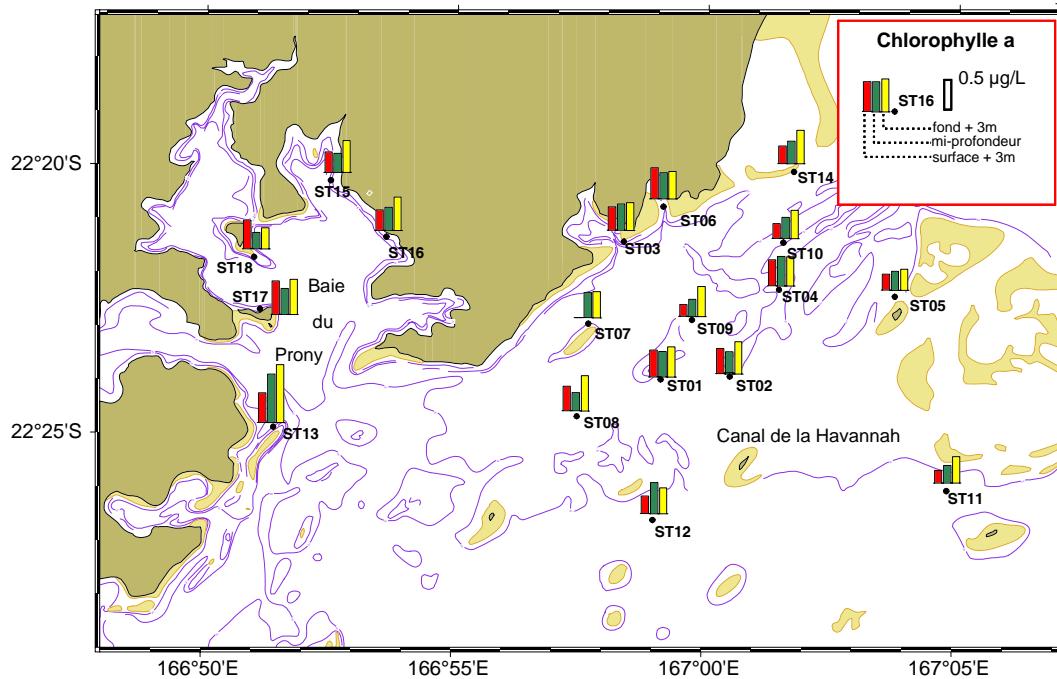
Concentration en Carbone dans les eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony ; Les profondeurs de prélèvement sont : S = surface + 3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3m ; (\*) = Echantillon non traité ; (-) = Echantillon unique, pas d'écart-type calculable ou absence de résultat.

Station	Profondeur	C <sub>org</sub> µg/L
ST01	S	78,78
ST01	M	88,42
ST01	F	81,02
ST02	S	82,04
ST02	M	75,95
ST02	F	63,91
ST03	S	122,01
ST03	M	103,22
ST03	F	160,60
ST04	S	95,68
ST04	M	107,21
ST04	F	103,00
ST05	S	57,01
ST05	M	69,49
ST05	F	150,44
ST06	S	96,18
ST06	M	*
ST06	F	72,83
ST07	S	114,25
ST07	M	51,50
ST07	F	62,24
ST08	S	*
ST08	M	66,30
ST08	F	90,45
ST09	S	89,73
ST09	M	86,25
ST09	F	131,38
ST10	S	95,68
ST10	M	83,78
ST10	F	80,44
ST11	S	117,15
ST11	M	57,09
ST11	F	98,65

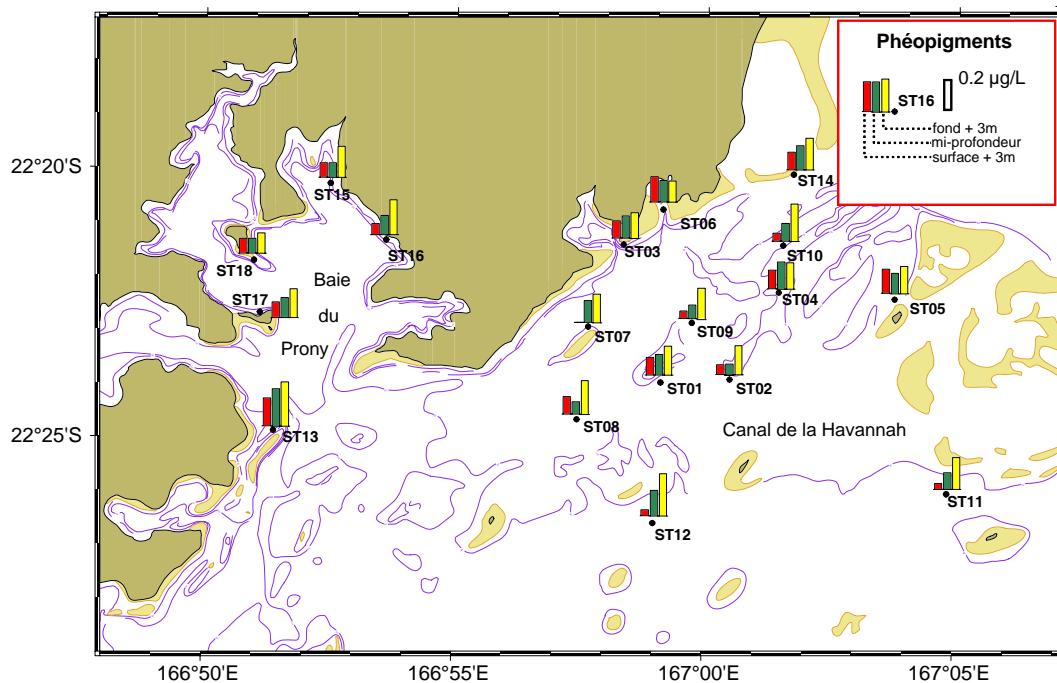
<b>Station</b>	<b>Profondeur</b>	<b>C<sub>org</sub> µg/L</b>
ST12	S	64,49
ST12	M	76,89
ST12	F	48,89
ST13	S	98,72
ST13	M	106,99
ST13	M	96,04
ST14	S	*
ST14	M	56,65
ST14	F	94,44
ST15	S	122,87
ST15	M	72,10
ST15	M	112,14
ST16	S	73,05
ST16	M	64,49
ST16	F	82,40
ST17	S	112,94
ST17	M	126,67
ST17	F	68,84
ST18	S	75,29
ST18	M	59,48
ST18	F	54,04

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

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

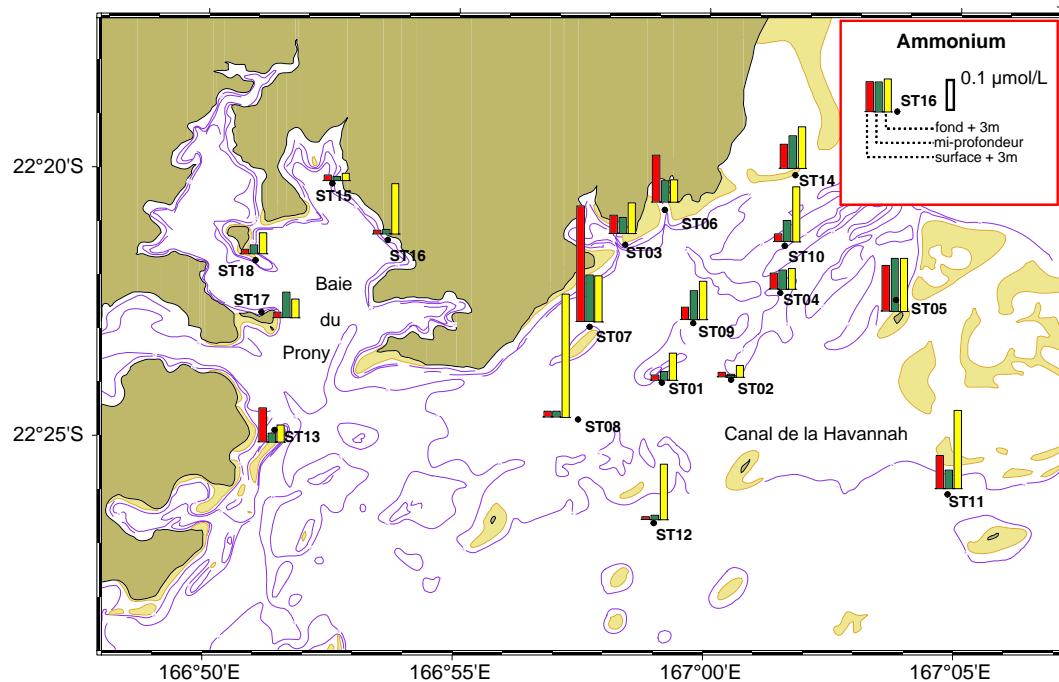


Concentration des phéopigments dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

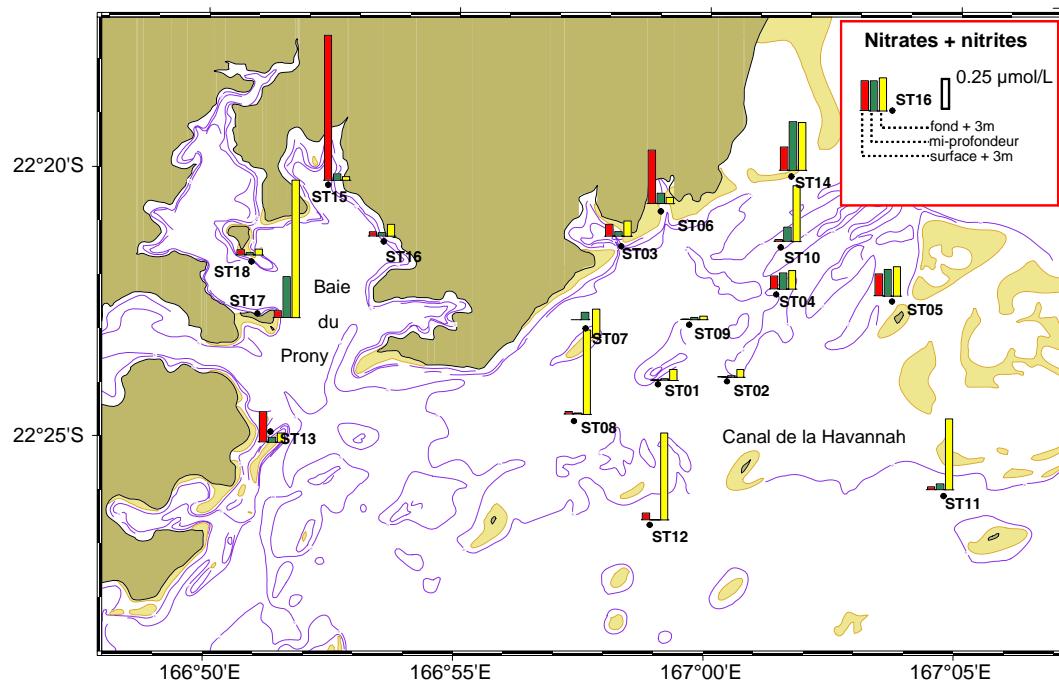


### Cartes de distribution de l'ammonium et des nitrates.

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

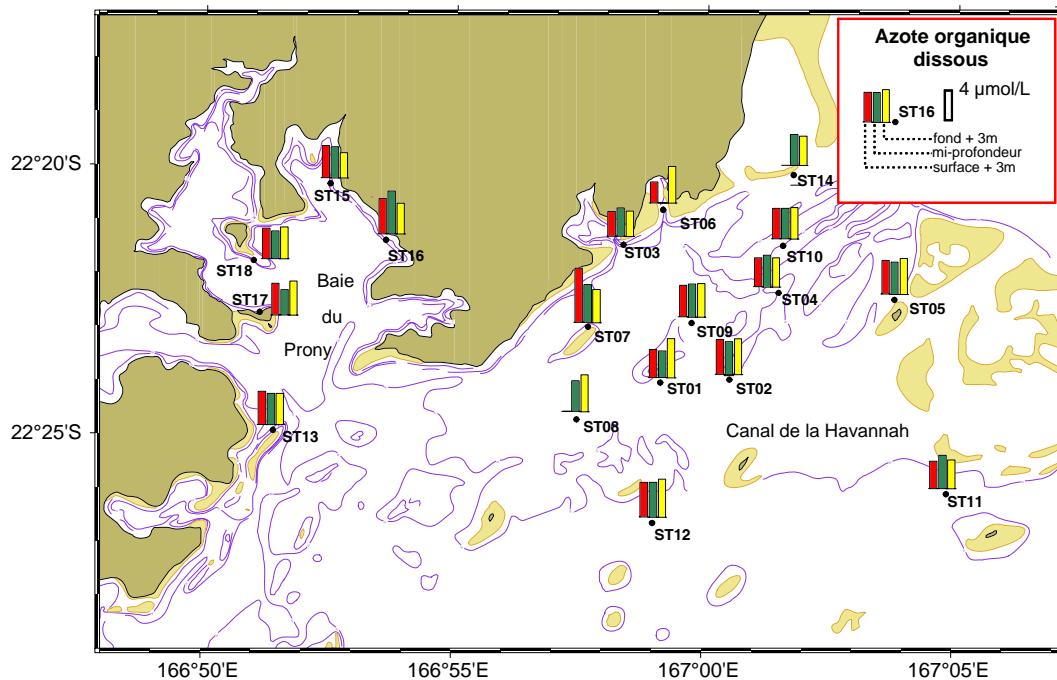


Concentration des nitrates+nitrites dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

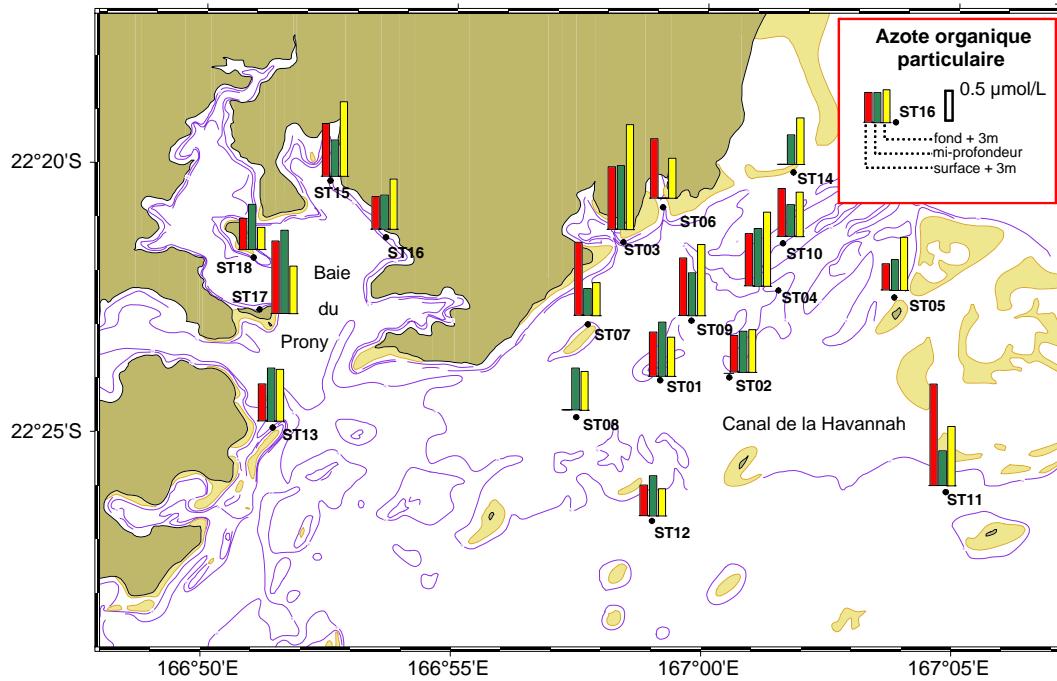


### Cartes de distribution de l'azote organique dissous et particulaire.

Concentration de l'azote organique dissous (NOD) dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

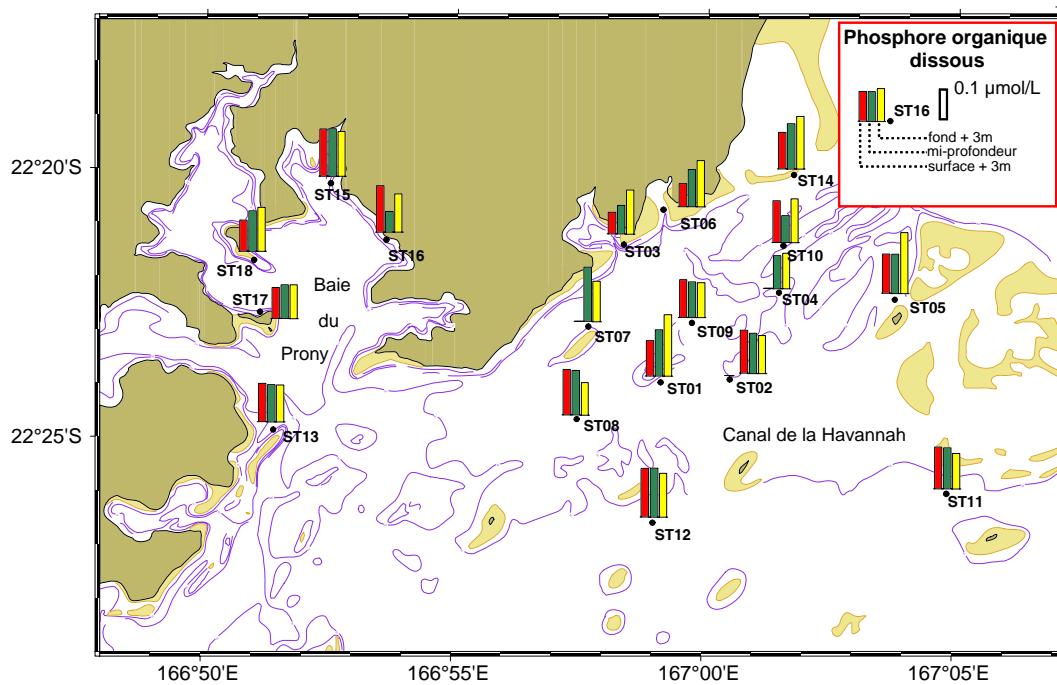


Concentration de l'azote organique particulaire (NOP) dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

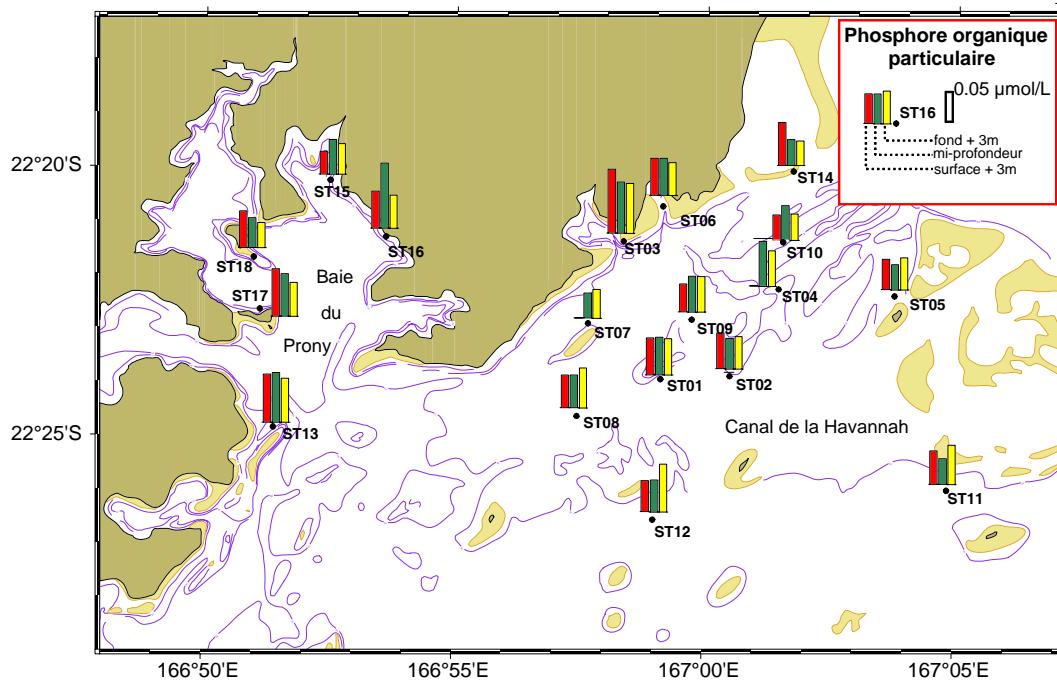


### Cartes de distribution du phosphore organique dissous et particulaire.

Concentration du phosphore organique dissous (POD) dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

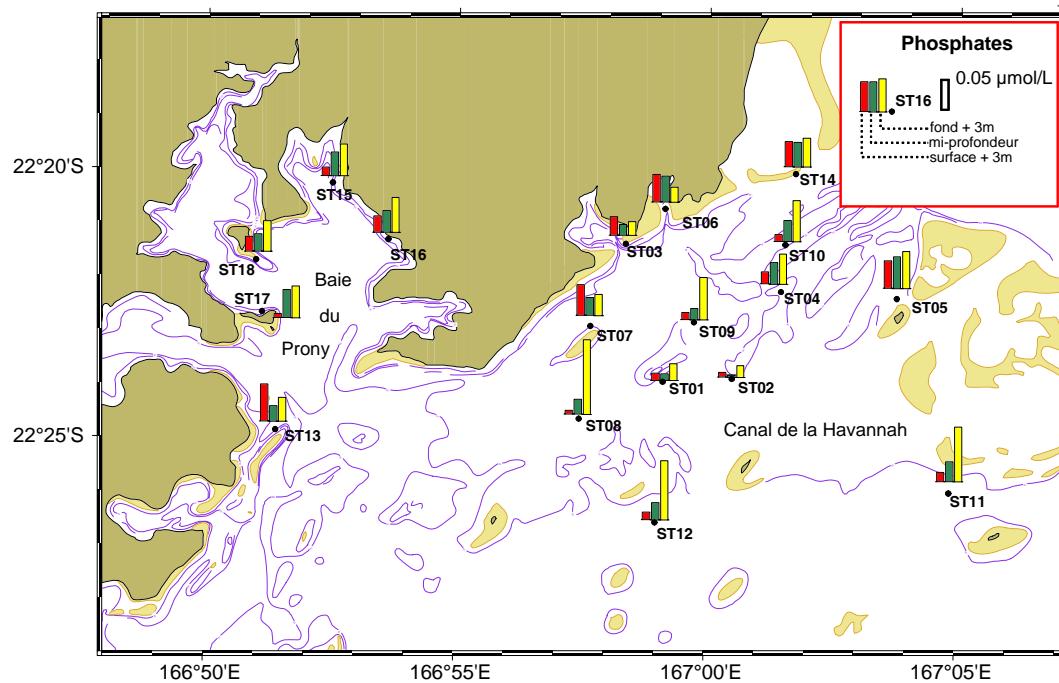


Concentration du phosphore organique particulaire (POP) dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.

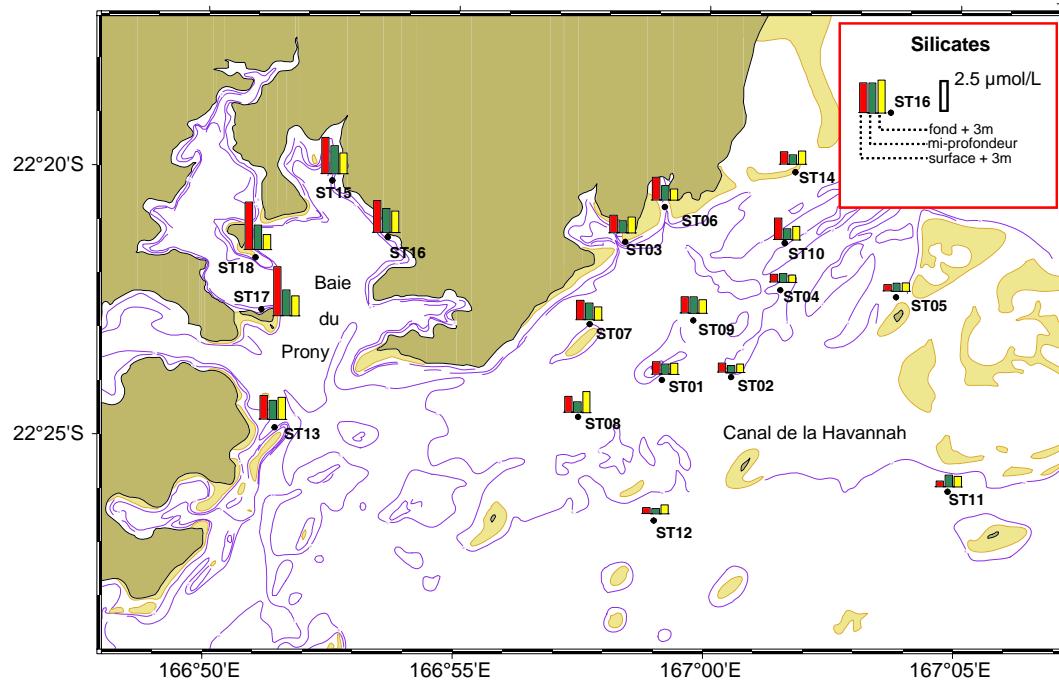


### **Cartes de distribution des phosphates et des silicates.**

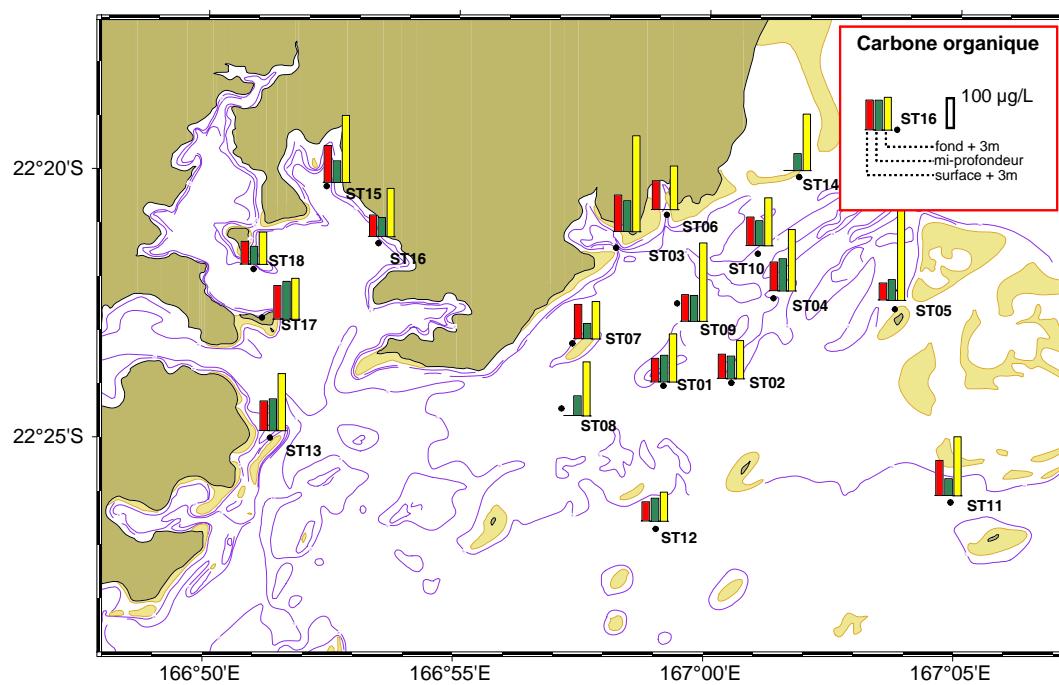
Concentration des phosphates dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



Concentration des silicates dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



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



## ANNEXE 3

### Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau (IRD)

Concentrations des métaux dissous analysés dans la colonne d'eau à 3 profondeurs : S = surface -3m, M = mi-profondeur, F = fond + 3 m ; (<DL) = Valeur inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES ; (-) = Dosage non effectué ;

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St01	S	-	<DL	0,032	0,09	-	0,17	1244	0,25	0,22	<DL	0,34
St01	M	-	<DL	0,025	0,10	-	0,17	1248	0,24	0,22	<DL	0,51
St01	F	-	<DL	0,031	0,10	-	0,17	1380	0,24	0,20	<DL	0,64
St02	S	-	<DL	0,016	0,07	-	0,14	1516	0,11	0,12	<DL	0,29
St02	M	-	<DL	0,015	0,07	-	0,14	1452	0,10	0,10	<DL	0,19
St02	F	-	<DL	0,017	0,06	-	0,14	1461	0,08	0,08	<DL	0,16
St03	S	-	<DL	0,028	0,07	-	0,12	1469	0,23	0,26	<DL	0,68
St03	M	-	<DL	0,038	0,08	-	0,09	1445	0,19	0,24	<DL	0,42
St03	F	-	<DL	0,027	0,08	-	0,14	1341	0,22	0,23	<DL	0,37
St04	S	-	<DL	0,003	0,08	-	0,07	1505	0,08	0,07	<DL	0,35
St04	M	-	<DL	0,005	0,09	-	0,09	1602	0,09	0,10	<DL	0,33
St04	F	-	<DL	0,015	0,07	-	0,10	1535	0,12	0,10	<DL	0,39
St05	S	-	<DL	0,006	0,07	-	0,10	1460	0,11	0,09	<DL	0,22
St05	M	-	<DL	0,014	0,06	-	0,10	1379	0,09	0,09	<DL	0,36
St05	F	-	<DL	0,010	0,08	-	0,11	1442	0,12	0,10	<DL	0,34
St06	S	-	<DL	0,038	0,07	-	0,14	1413	0,31	0,30	<DL	0,56
St06	M	-	<DL	0,016	0,05	-	0,10	1555	0,14	0,17	<DL	0,62
St06	F	-	<DL	0,028	0,08	-	0,13	1454	0,17	0,19	<DL	0,62
St07	S	-	<DL	0,031	0,15	-	0,18	1436	0,24	0,26	<DL	1,07
St07	M	-	<DL	0,019	0,08	-	0,15	1428	0,22	0,21	<DL	0,46
St07	F	-	<DL	0,030	0,15	-	0,41	1357	0,25	0,18	<DL	2,27
St08	S	-	<DL	0,025	0,05	-	0,09	1598	0,13	0,18	<DL	0,26
St08	M	-	<DL	0,009	0,04	-	0,16	1704	0,11	0,12	<DL	0,25
St08	F	-	<DL	0,025	0,08	-	0,10	1601	0,17	0,15	<DL	0,34
St09	S	-	<DL	0,033	0,08	-	0,08	1426	0,20	0,20	<DL	0,44
St09	M	-	<DL	0,027	0,08	-	0,08	1550	0,21	0,18	<DL	0,24
St09	F	-	<DL	0,023	0,07	-	0,08	1614	0,19	0,16	<DL	0,20
St10	S	-	<DL	0,027	0,09	-	0,08	1563	0,19	0,24	<DL	0,35
St10	M	-	<DL	0,013	0,07	-	0,09	1638	0,09	0,09	<DL	
St10	F	-	<DL	0,010	0,08	-	0,11	1451	0,17	0,12	<DL	0,46

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St11	S	-	<DL	0,009	0,07	-	0,09	1339	0,09	0,10	<DL	0,21
St11	M	-	<DL	0,017	0,08	-	0,09	1577	0,13	0,12	<DL	0,26
St11	F	-	<DL	0,006	0,07	-	0,11	1373	0,09	0,08	<DL	0,28
St12	S	-	<DL	0,014	0,06	-	0,08	1501	0,09	0,10	<DL	0,18
St12	M	-	<DL	0,017	0,06	-	0,09	1430	0,07	0,07	<DL	0,20
St12	F	-	<DL		0,03	-	0,05	1392	0,04	0,04	<DL	0,18
St13	S	-	<DL	0,029	0,09	-	0,22	1450	0,20	0,26	<DL	1,17
St13	M	-	<DL	0,027	0,14	-	0,12	1352	0,23	0,27	<DL	0,96
St13	F	-	<DL	0,036	0,08	-	0,13	1399	0,25	0,17	<DL	1,26
St14	S	-	<DL	0,046	0,08	-	0,12	1350	0,03	0,14	<DL	
St14	M	-	<DL	0,013	0,09	-	0,10	1435	0,14	0,15	<DL	0,61
St14	F	-	<DL	0,020	0,12	-	0,12	1584	0,17	0,17	<DL	0,32
St15	S	-	<DL	0,082	0,08	-	0,06	1268	0,43	0,54	<DL	0,64
St15	M	-	<DL	0,034	0,07	-	0,05	1377	0,20	0,30	<DL	1,29
St15	F	-	<DL	0,040	0,07	-	0,05	1371	0,17	0,23	<DL	0,89
St16	S	-	<DL	0,078	0,09	-	0,05	1436	0,29	0,44	<DL	1,03
St16	M	-	<DL	0,033	0,07	-	0,03	1509	0,19	0,26	<DL	0,65
St16	F	-	<DL	0,028	0,08	-	0,06	1497	0,24	0,21	<DL	0,79
St17	S	-	<DL	0,050	0,08	-	0,10	1403	0,25	0,50	<DL	0,60
St17	M	-	<DL	0,034	0,08	-	0,06	1459	0,20	0,31	<DL	1,13
St17	F	-	<DL	0,032	0,08	-	0,06	1414	0,19	0,29	<DL	1,10
St18	S	-	<DL	0,058	0,09	-	0,07	1399	0,29	0,54	<DL	0,89
St18	M	-	<DL	0,034	0,08	-	0,06	1386	0,23	0,29	<DL	0,80
St18	F	-	<DL	0,024	0,08	-	0,07	1505	0,20	0,24	<DL	0,74

### Concentrations des métaux dissous (Sans irradiation UV) dans la colonne d'eau (UT2A)

Concentrations des métaux dissous analysés dans la colonne d'eau à 3 profondeurs : S = surface -3m, M = mi-profondeur, F = fond + 3 m ; (< LQ) = Valeur inférieure à la limite de quantification de l'ICP-MS ; (-) = Dosage non effectué ;

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St01	S	1,34	0,012	0,036	< LQ	-	-	-	0,216	0,34	< LQ	-
St01	M	1,31	0,017	0,033	< LQ	-	-	-	0,239	0,33	< LQ	-
St01	F	1,30	0,019	0,030	< LQ	-	-	-	0,232	0,32	< LQ	-
St02	S	1,37	0,014	0,013	< LQ	-	-	-	0,142	0,25	< LQ	-
St02	M	1,39	0,011	0,016	< LQ	-	-	-	0,132	0,22	< LQ	-
St02	F	1,40	0,011	0,023	< LQ	-	-	-	0,129	0,20	< LQ	-
St03	S	1,27	0,011	0,047	< LQ	-	-	-	0,308	0,41	< LQ	-
St03	M	1,41	0,013	0,043	< LQ	-	-	-	0,269	0,43	< LQ	-
St03	F	1,36	0,012	0,038	< LQ	-	-	-	0,286	0,34	< LQ	-
St04	S	1,29	0,013	0,022	< LQ	-	-	-	0,085	0,16	< LQ	-
St04	M	1,26	0,013	0,026	< LQ	-	-	-	0,082	0,16	< LQ	-
St04	F	1,30	0,017	0,020	< LQ	-	-	-	0,122	0,20	< LQ	-
St05	S	1,41	0,021	0,023	< LQ	-	-	-	0,119	0,21	< LQ	-
St05	M	1,39	0,018	0,019	< LQ	-	-	-	0,119	0,19	< LQ	-
St05	F	1,44	0,022	0,021	0,060	-	-	-	0,124	0,20	< LQ	-
St06	S	1,30	0,025	0,077	0,170	-	-	-	0,473	0,54	< LQ	-
St06	M	1,34	0,025	0,047	0,057	-	-	-	0,287	0,42	< LQ	-
St06	F	1,35	0,023	0,048	0,136	-	-	-	0,270	0,38	< LQ	-
St07	S	1,28	0,024	0,043	0,128	-	-	-	0,294	0,40	0,055	-
St07	M	1,31	0,018	0,037	< LQ	-	-	-	0,196	0,34	< LQ	-
St07	F	1,30	0,021	0,032	0,097	-	-	-	0,305	0,35	0,038	-
St08	S	1,32	0,018	0,039	< LQ	-	-	-	0,232	0,43	< LQ	-
St08	M	1,37	0,033	0,027	< LQ	-	-	-	0,194	0,32	< LQ	-
St08	F	1,36	0,016	0,039	< LQ	-	-	-	0,259	0,35	< LQ	-
St09	S	1,28	0,015	0,053	< LQ	-	-	-	0,238	0,35	< LQ	-
St09	M	1,31	0,026	0,033	< LQ	-	-	-	0,208	0,30	< LQ	-
St09	F	1,38	0,031	0,036	< LQ	-	-	-	0,225	0,30	< LQ	-
St10	S	1,35	0,027	0,035	< LQ	-	-	-	0,229	0,31	< LQ	-
St10	M	1,47	0,025	0,021	< LQ	-	-	-	0,142	0,26	< LQ	-
St10	F	1,33	0,021	0,024	< LQ	-	-	-	0,184	0,26	< LQ	-

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St11	S	1,30	0,019	0,014	0,116	-	-	-	0,061	0,20	< LQ	-
St11	M	1,33	0,023	0,022	< LQ	-	-	-	0,145	0,23	< LQ	-
St11	F	1,34	0,028	0,094	0,080	-	-	-	0,085	0,26	< LQ	-
St12	S	1,28	0,021	0,026	< LQ	-	-	-	0,153	0,28	< LQ	-
St12	M	1,28	0,020	0,037	< LQ	-	-	-	0,103	0,23	< LQ	-
St12	F	1,30	0,027	0,055	0,069	-	-	-	0,102	0,42	0,038	-
St13	S	1,29	0,030	0,080	0,154	-	-	-	0,344	0,54	0,064	-
St13	M	1,29	0,025	0,057	0,067	-	-	-	0,328	0,55	0,048	-
St13	F	1,31	0,025	0,081	0,092	-	-	-	0,438	0,52	0,024	-
St14	S	1,27	0,029	0,036	0,066	-	-	-	0,195	0,28	< LQ	-
St14	M	1,26	0,033	0,035	< LQ	-	-	-	0,169	0,27	< LQ	-
St14	F	1,20	0,023	0,036	0,136	-	-	-	0,229	0,29	0,032	-
St15	S	1,26	0,026	0,135	0,076	-	-	-	0,608	0,92	< LQ	-
St15	M	1,30	0,017	0,066	< LQ	-	-	-	0,258	0,46	< LQ	-
St15	F	1,32	0,022	0,069	< LQ	-	-	-	0,336	0,42	< LQ	-
St16	S	1,07	0,025	0,143	0,108	-	-	-	0,768	0,77	< LQ	-
St16	M	1,13	0,018	0,075	< LQ	-	-	-	0,589	0,53	< LQ	-
St16	F	1,17	0,025	0,076	0,075	-	-	-	0,454	0,45	< LQ	-
St17	S	1,13	0,023	0,111	0,069	-	-	-	0,351	0,76	< LQ	-
St17	M	1,18	0,022	0,085	0,087	-	-	-	0,328	0,64	< LQ	-
St17	F	1,22	0,023	0,091	0,068	-	-	-	0,271	0,53	< LQ	-
St18	S	1,17	0,025	0,108	0,087	-	-	-	0,455	0,87	< LQ	-
St18	M	1,26	0,026	0,061	0,163	-	-	-	0,294	0,53	< LQ	-
St18	F	1,23	0,022	0,062	0,070	-	-	-	0,279	0,41	< LQ	-

## **Concentrations des métaux dissous totaux (avec irradiation UV) dans la colonne d'eau (UT2A)**

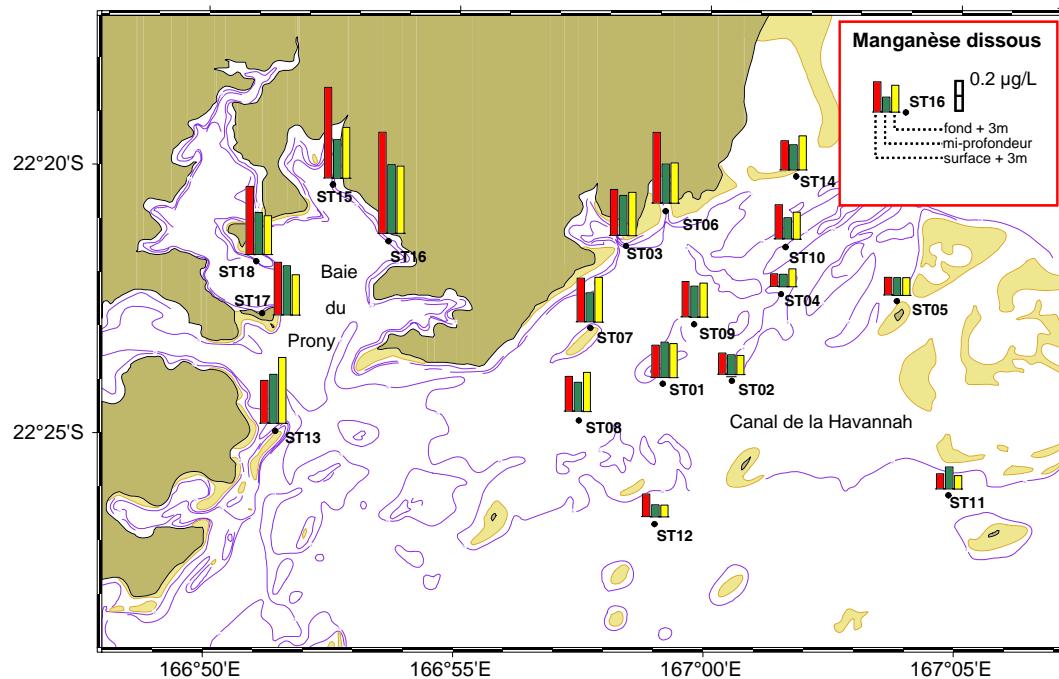
Concentrations des métaux dissous totale (exposition au rayons ultra-violet) analysés dans la colonne d'eau à 3 profondeurs : S = surface -3m, M = mi-profondeur, F = fond + 3 m ; (< DQ) = Valeur inférieure à la limite de quantification de l'ICP-MS ; (-) = Dosage non effectué ;

Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St01	S	-	0,017	-	0,14	0,090	-	-	0,283	0,48	0,110	-
St01	M	-	0,025	-	0,11	0,079	-	-	0,297	0,56	0,065	-
St01	F	-	0,019	-	0,12	0,103	-	-	0,285	0,49	0,036	-
St02	S	-	0,004	-	0,57	0,104	-	-	0,125	0,23	< LQ	-
St02	M	-	0,006	-	< LQ	0,085	-	-	0,139	0,21	< LQ	-
St02	F	-	0,007	-	< LQ	0,063	-	-	0,142	0,23	< LQ	-
St03	S	-	0,012	-	0,13	0,085	-	-	0,271	0,72	< LQ	-
St03	M	-	0,004	-	0,07	0,071	-	-	0,193	0,45	< LQ	-
St03	F	-	0,003	-	0,12	0,107	-	-	0,255	0,63	< LQ	-
St04	S	-	0,018	-	0,12	0,126	-	-	0,118	0,31	0,058	-
St04	M	-	0,028	-	0,12	0,123	-	-	0,132	0,33	0,064	-
St04	F	-	0,007	-	< LQ	0,140	-	-	0,122	0,19	< LQ	-
St05	S	-	0,007	-	< LQ	0,081	-	-	0,126	0,19	< LQ	-
St05	M	-	0,008	-	< LQ	0,097	-	-	0,133	0,20	< LQ	-
St05	F	-	0,005	-	< LQ	0,175	-	-	0,119	0,19	< LQ	-
St06	S	-	0,011	-	0,21	0,132	-	-	0,357	0,44	0,044	-
St06	M	-	0,011	-	0,48	0,118	-	-	3,258	0,48	0,771	-
St06	F	-	< LQ	-	0,14	0,173	-	-	0,240	0,45	< LQ	-
St07	S	-	< LQ	-	0,19	0,120	-	-	0,260	0,47	0,057	-
St07	M	-	0,009	-	0,10	0,043	-	-	0,190	0,39	< LQ	-
St07	F	-	0,003	-	0,16	0,023	-	-	0,302	0,43	0,026	-
St08	S	-	0,007	-	0,11	0,096	-	-	0,225	0,44	< LQ	-
St08	M	-	< LQ	-	0,09	0,092	-	-	0,171	0,32	< LQ	-
St08	F	-	0,012	-	0,26	0,154	-	-	0,134	0,77	< LQ	-
St09	S	-	0,020	-	0,12	0,162	-	-	0,343	0,55	0,034	-
St09	M	-	0,018	-	0,15	0,126	-	-	0,294	0,51	< LQ	-
St09	F	-	0,023	-	0,13	0,084	-	-	0,269	0,44	0,026	-
St10	S	-	0,007	-	< LQ	0,105	-	-	0,265	0,36	< LQ	-
St10	M	-	0,022	-	0,14	0,143	-	-	0,204	0,39	0,096	-
St10	F	-	0,012	-	0,12	0,067	-	-	0,251	0,40	0,049	-

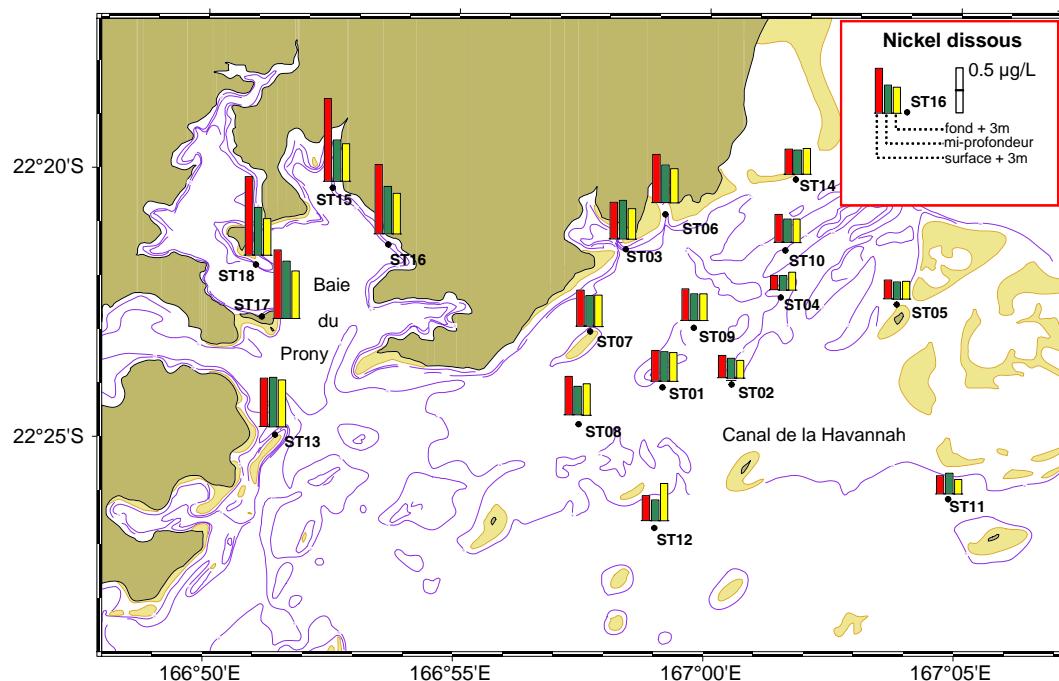
Station	Profondeur	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (µg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St11	S	-	0,013	-	0,14	0,052	-	-	0,143	0,36	0,040	-
St11	M	-	0,015	-	0,11	0,126	-	-	0,177	0,33	0,062	-
St11	F	-	0,006	-	< LQ	0,076	-	-	0,089	0,17	< LQ	-
St12	S	-	0,005	-	0,10	0,092	-	-	0,129	0,28	< LQ	-
St12	M	-	0,005	-	0,09	0,092	-	-	0,073	0,23	< LQ	-
St12	F	-	0,009	-	0,27	0,136	-	-	0,027	0,83	0,066	-
St13	S	-		-	0,173		-	-				-
St13	M	-	0,019	-	0,23	0,182	-	-	0,386	0,59	0,079	-
St13	F	-	0,024	-	0,15	0,154	-	-	0,541	0,62	0,023	-
St14	S	-	0,018	-	0,15	0,161	-	-	0,225	0,39	0,057	-
St14	M	-	0,018	-	0,14	0,144	-	-	0,241	0,43	0,036	-
St14	F	-	0,016	-	0,23	0,160	-	-	0,262	0,41	0,040	-
St15	S	-	< LQ	-	0,17	0,104	-	-	0,587	0,88	< LQ	-
St15	M	-	< LQ	-	0,11	0,095	-	-	0,278	0,53	< LQ	-
St15	F	-	0,009	-	0,23	0,049	-	-	0,139	0,45	< LQ	-
St16	S	-	0,020	-	0,20	0,111	-	-	0,777	0,90	0,111	-
St16	M	-	0,020	-	0,10	0,126	-	-	0,543	0,61	< LQ	-
St16	F	-	0,024	-	0,18	0,087	-	-	0,558	0,57	< LQ	-
St17	S	-	0,024	-	0,14	0,101	-	-	0,411	1,00	< LQ	-
St17	M	-	< LQ	-	0,12	0,106	-	-	0,243	0,56	< LQ	-
St17	F	-	0,012	-	0,31	0,117	-	-	0,151	0,77	< LQ	-
St18	S	-	0,024	-	0,16	0,136	-	-	0,510	0,93	0,027	-
St18	M	-	0,018	-	0,18	0,052	-	-	0,366	0,67	0,096	-
St18	F	-	0,023	-	0,20	0,126	-	-	0,308	0,55	0,062	-

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

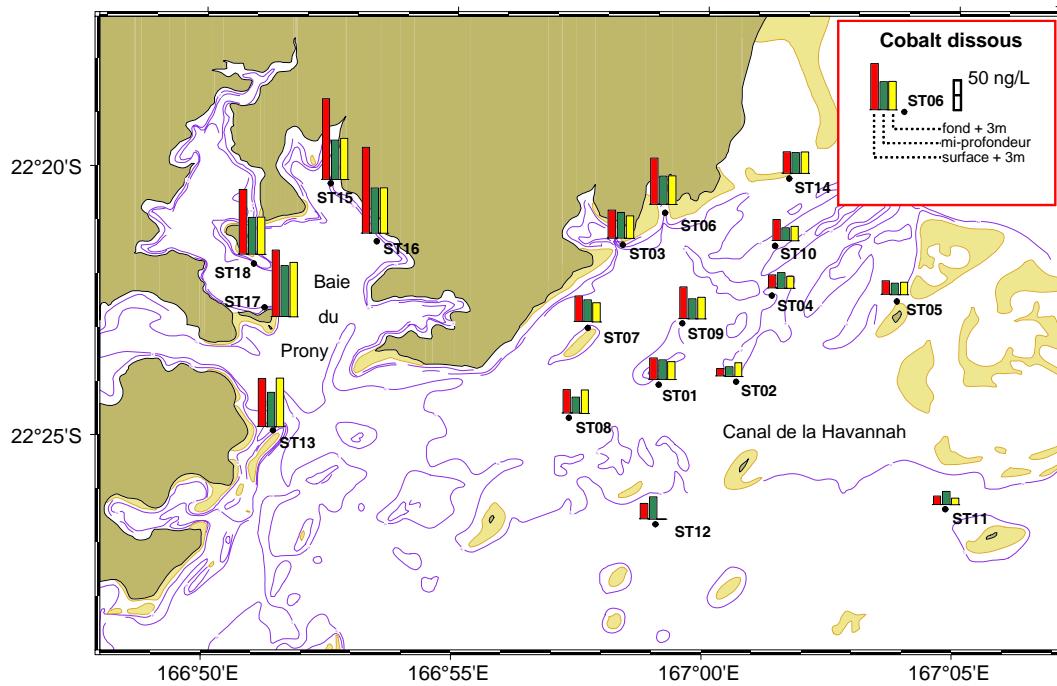
Concentration en manganèse dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



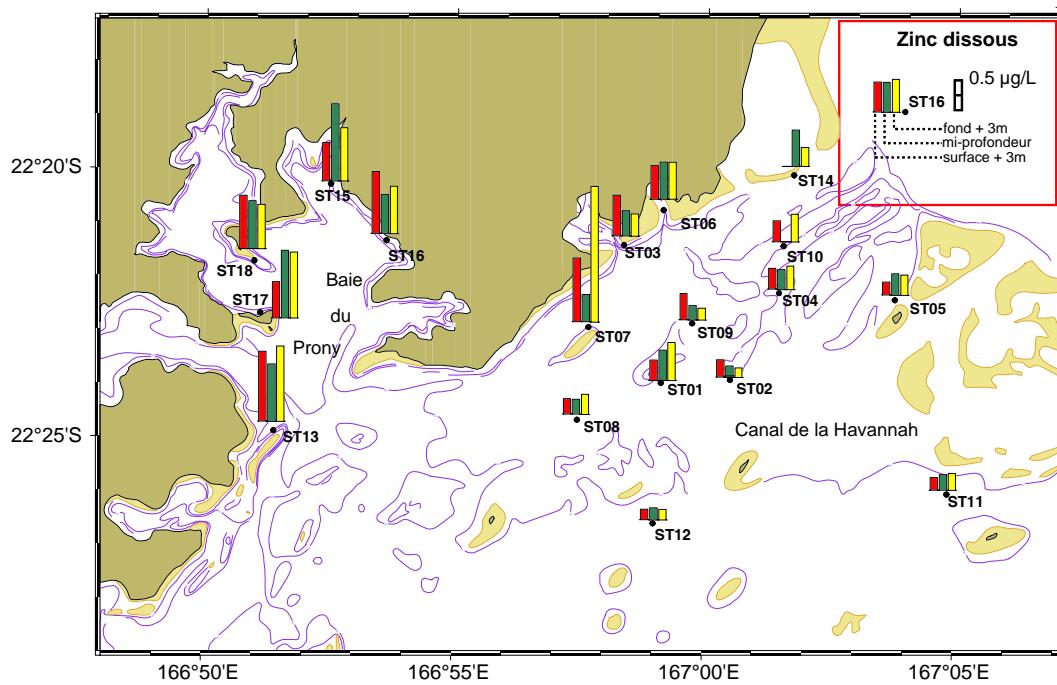
Concentration en nickel dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



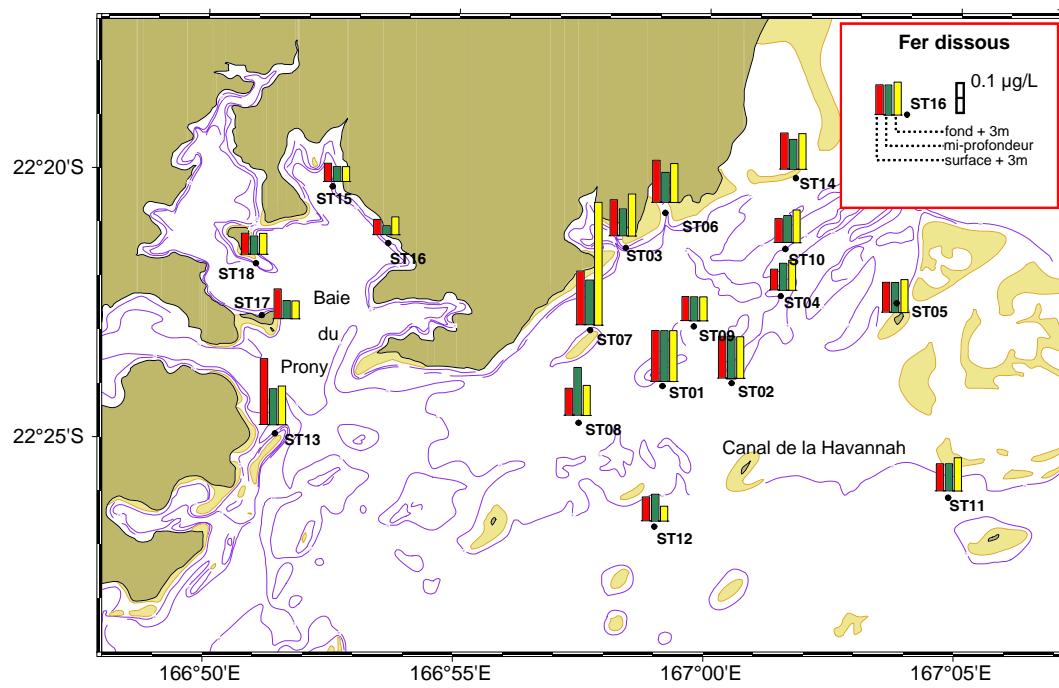
Concentration en cobalt dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



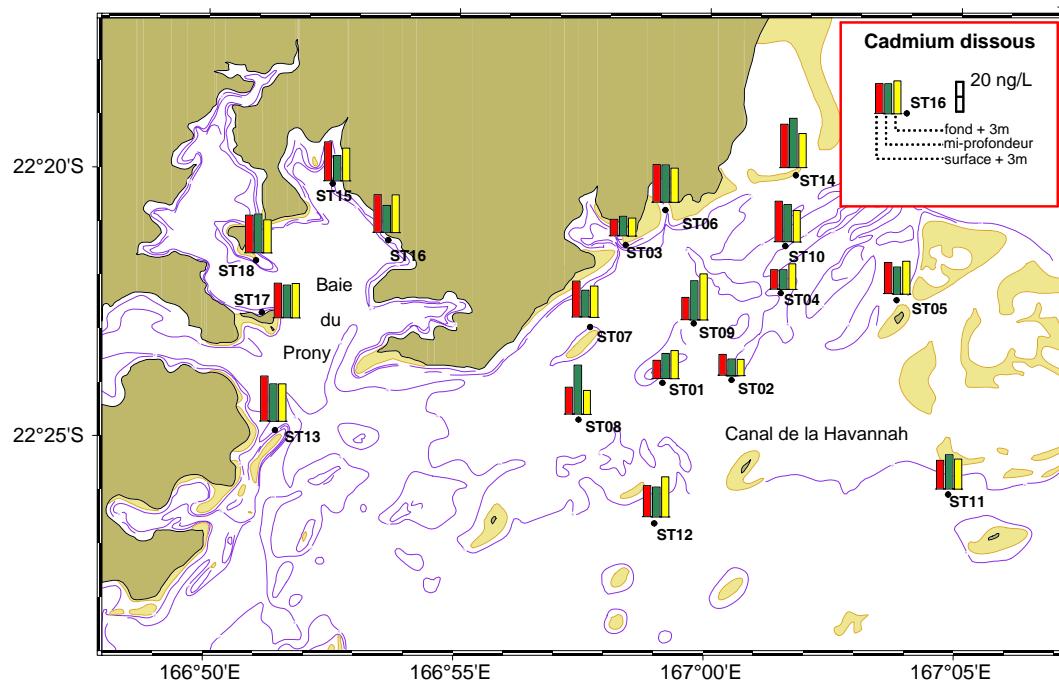
Concentration en zinc dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



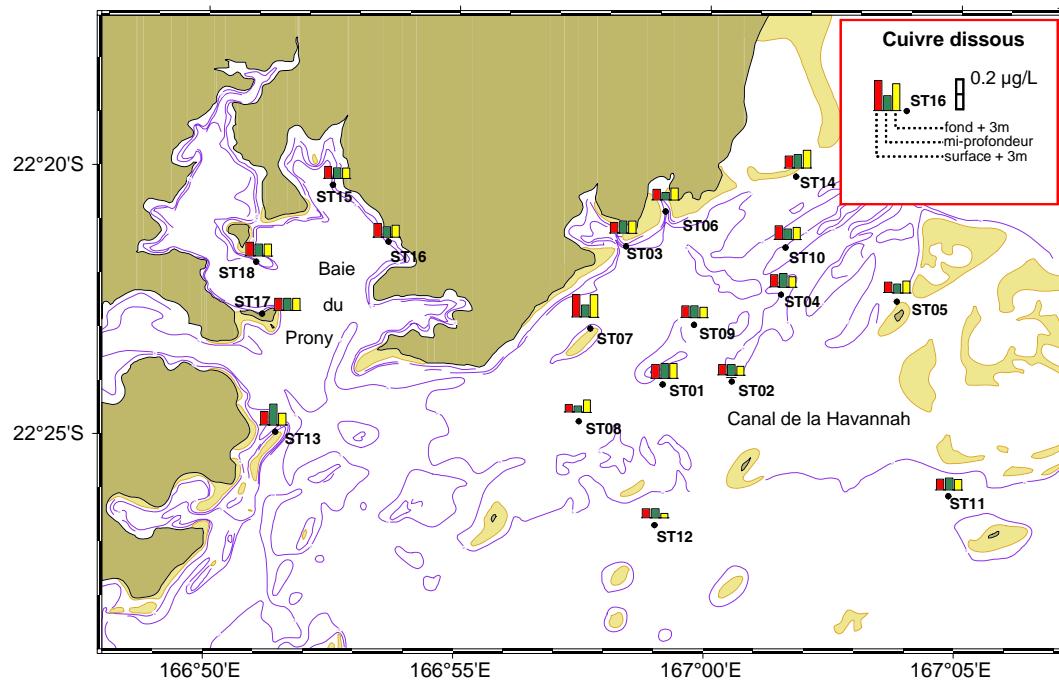
Concentration en fer dissous dans la colonne d'eau ; échantillonnage en surface, mi-profondeur et fond dans le Canal de la Havannah et la Baie du Prony.



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



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



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

