

SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DE MER DE LA  
ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE

1<sup>er</sup> semestre 2013



AEL - LEA

21 août 2013

*Photos de couverture AEL : Ilot Ugo, bouteille Niskin et Prony Wharf.*

## CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL - LEA

---

Convention n° T1368

Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la  
zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie

*1<sup>er</sup> semestre 2013*

**Le Grand H.  
Kaplan H.  
Haddad L.  
Goyaud A.  
Moreton B.  
Kumar-Roiné S.  
Fernandez JM.**

	<b>N/Ref</b>	<b>V/Ref</b>	
<b>Identification</b>	121205-VI-18	T1368	
<b>Titre complet</b>	Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie		
<b>Auteurs</b>	Le Grand H., Kaplan H., Haddad L., Goyaud A., Moreton B., Kumar-Roiné S., Fernandez JM		
<b>Résumé</b>	<p>Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE 2007, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du <b>1<sup>er</sup> semestre 2013</b> (mars 2013) et du <b>2<sup>ème</sup> trimestre 2013</b> (mai 2013) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC. Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC (Canal de la Havannah, Baie du Prony et Canal Woodin). Le programme de surveillance trimestriel du milieu marin est réalisé sur deux stations localisées dans la Baie du Prony.</p> <p>Les fluctuations des paramètres physico-chimiques mettent en évidence l'impact des apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony, de la Baie Kwé et de Port Boisé. D'autres paramètres tels que les concentrations des éléments majeurs, de l'arsenic, de l'azote organique dissous sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude.</p> <p>Globalement les concentrations des paramètres étudiés ne montrent pas de tendance particulière entre les différentes campagnes de mars (Campagnes « saison humide »). Cependant, les concentrations de nitrates+nitrites, silicates et chrome hexavalent mesurées dans les eaux de surface de la station St06 sont les plus élevées mesurées à cette station depuis 2007.</p>		
APPROBATION			
<b>FONCTION</b>	<b>NOMS</b>	<b>VISA</b>	<b>DATE</b>
<b>Rédacteur</b>	Hélène Le Grand		15/08/13
<b>Vérificateur</b>	Shilpa Kumar-Roiné		20/08/13
<b>Approbateur</b>	Jean Michel Fernandez		21/08/13
EVOLUTION			
<b>VERSION</b>	<b>DESCRIPTION DES MISES A JOUR</b>		<b>DATE</b>
V1	Rapport final (1 <sup>er</sup> semestre 2013)		21/08/13
COPIE - DIFFUSION			
<b>NOM</b>	<b>ORGANISME</b>		
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement		

# I. TABLE DES MATIERES

II.	INTRODUCTION .....	7
III.	OBJECTIFS.....	8
IV.	METHODOLOGIE .....	9
1)	Site d'étude et conditions météorologiques.....	9
2)	Echantillonnage.....	13
V.	RESULTATS.....	14
A.	Eléments majeurs et pH.....	14
B.	Dosage des carbonates (St16).....	15
C.	Matières en suspension .....	15
1.	Campagne semestrielle : Mars 2013 .....	16
2.	Campagne semestrielle : Mars 2013 .....	17
D.	Structures des masses d'eau.....	18
1.	Campagne semestrielle : Mars 2013 .....	18
2.	Campagne trimestrielle : Mai 2013 .....	24
E.	Analyse des sels nutritifs.....	25
1.	Nitrates et nitrites .....	25
2.	Ammonium .....	26
3.	Phosphates .....	27
4.	Silicates .....	28
F.	Matière organique .....	30
1.	Azote et phosphore organiques dissous.....	30
2.	Azote, carbone et phosphore organiques particuliers .....	31
G.	Pigments chlorophylliens .....	34
	Métaux dissous dans la colonne d'eau .....	37
1.	Campagne semestrielle : Mars 2013 .....	37
2.	Campagne trimestrielle : Mai 2013 .....	42
H.	Hydrocarbures totaux (St15 et St16) .....	46
VI.	Synthèse.....	47
A.	Distribution verticale des concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15 .....	48
B.	Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15 .....	50
VII.	CONCLUSION.....	53
VIII.	Références .....	54
IX.	Liste des figures .....	56
X.	Liste des tableaux .....	59
XI.	ANNEXES .....	60



## II. INTRODUCTION

Le suivi est une exigence de l'arrêté ICPE 2007<sup>1</sup>, complété par la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB 2009). La définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et géochimique des eaux marines a été réalisée entre 2005 et 2007 sur 18 stations (Conventions IRD-Goro-Ni n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce suivi s'exerce, sans interruption, jusqu'à nos jours sur un total optimisé à 14 stations (13 ICPE + 1 Vale-NC).

L'objectif consiste à suivre l'évolution de la qualité des eaux de mer. A cet effet, il est effectué des mesures et des prélèvements d'eau de mer, afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques (température, salinité, turbidité et fluorescence) et géochimiques (sels nutritifs, métaux dissous, etc.).

L'analyse des séries temporelles permet de suivre l'évolution de tout impact sur les masses d'eau dans la zone d'influence potentielle du projet Vale-NC.

Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du **1<sup>er</sup> semestre 2013** (mars 2013) et du **2<sup>ème</sup> trimestre 2013** (mai 2013) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC.

---

<sup>1</sup> Arrêté ICPE : installations portuaires du 13 juillet 2007

## III. OBJECTIFS

Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC :

- 4 dans la Baie du Prony ;
- 5 dans le système du Canal de la Havannah ;
- 1 dans la Baie de Port Boisé ;
- 1 dans la Baie Kwé ;
- 1 au niveau du Port de Goro ;
- 1 dans le Canal Woodin ;
- 1 au nord-est de l'île Ouen.

Ce suivi consiste en une campagne complète de prélèvements d'eau afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations de métaux dissous ainsi que les concentrations de sels nutritifs et de matière organique dissoute et particulaire.

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

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



## IV. METHODOLOGIE

### 1) Site d'étude et conditions météorologiques

Les opérations de terrain ont été réalisées à bord du Slavko (Casy Express) au cours de la campagne semestrielle du 26 au 28 mars 2013 sur les 14 stations du suivi physico-chimique et lors de la campagne trimestrielle du 14 mai 2013 sur les stations St15 et St16 de la Baie du Prony (Figure 1 ; Tableau 1).

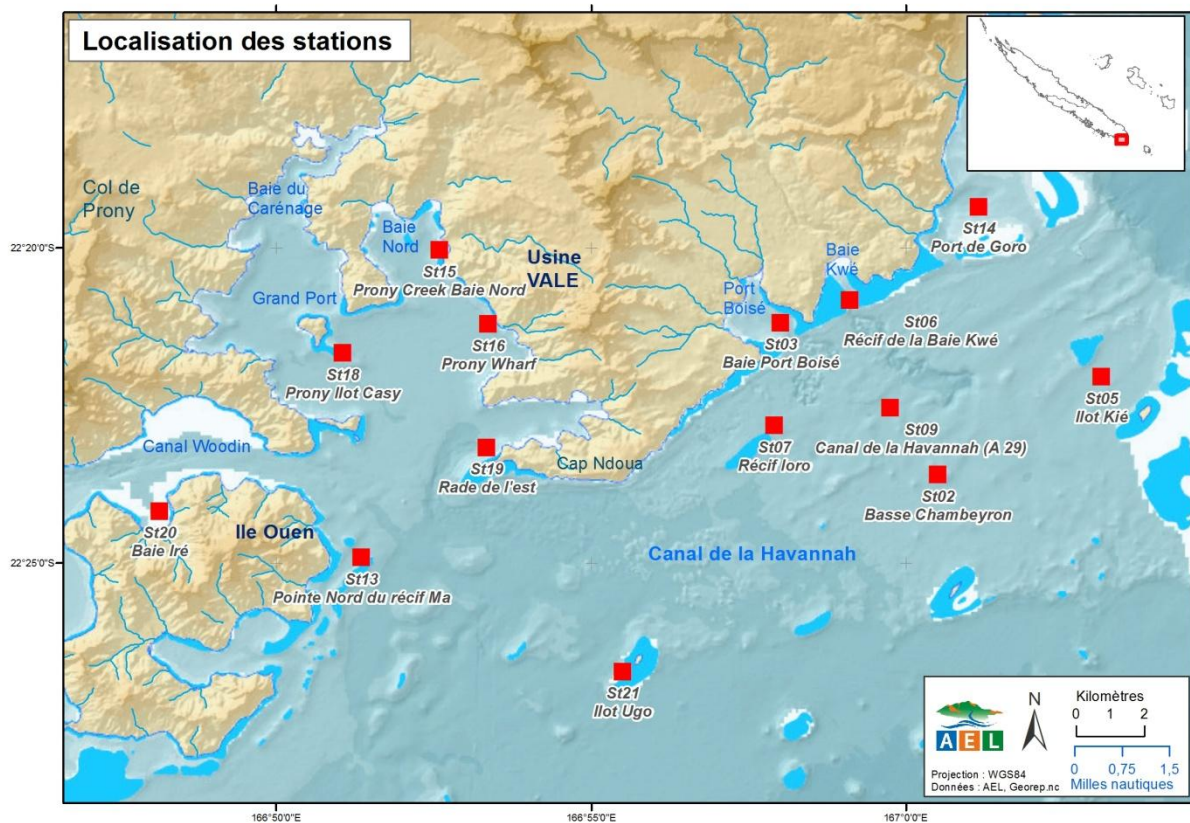


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.

**Tableau 1 : Liste et location des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.**

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

Les conditions météorologiques et hydrodynamiques ont une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de restituer chaque prélèvement dans ce contexte, les principales données météorologiques ont été relevées (Prony pilot station) (Figure 2 ; Figure 3) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur 2 marégrammes (Figure 4 et Figure 5).

**CONDITIONS METEOROLOGIQUES PRECEDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE (20-25 mars 2013) :**

- 33 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédant la campagne ;
- Vent maximal relevé à 30 Nds (23/03/13).

**CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE :**

- 26/03/13 : Vent 15 Nds, E, beau temps avec quelques nuages ;
- 27/03/13 : Vent 15 Nds E puis SE à 12h, temps nuageux avec quelques averses ;
- 28/03/13 : Vent 15 Nds, S-SE, beau temps avec quelques nuages.
- 41,6 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne, dont 36,6 mm le 28/03/13.

**CONDITIONS METEOROLOGIQUES PRECEDANT LA CAMPAGNE TRIMESTRIELLE (9-13 mai 2013) :**

- 14,4 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédant la campagne ;
- Vent maximal relevé à 28 Nds (11/05/13).

**CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE TRIMESTRIELLE (14 mai 2013) :**

- 14/05/13 : Vent <5Nds, beau temps, mer calme ;
- Pas de pluie.

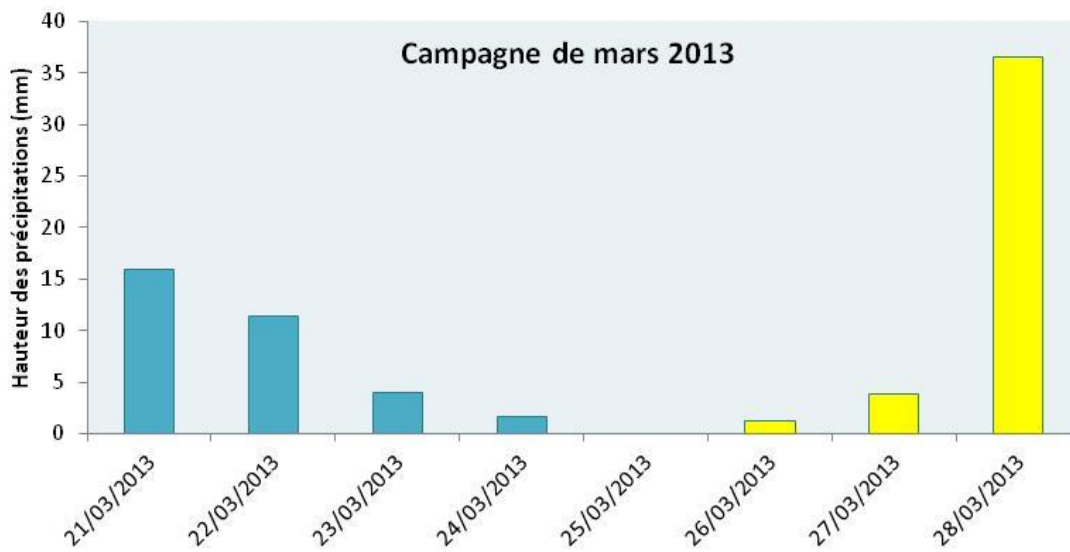


Figure 2 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle (jaune) de mars 2013.



Figure 3 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle de mai 2013 (14/05/13).

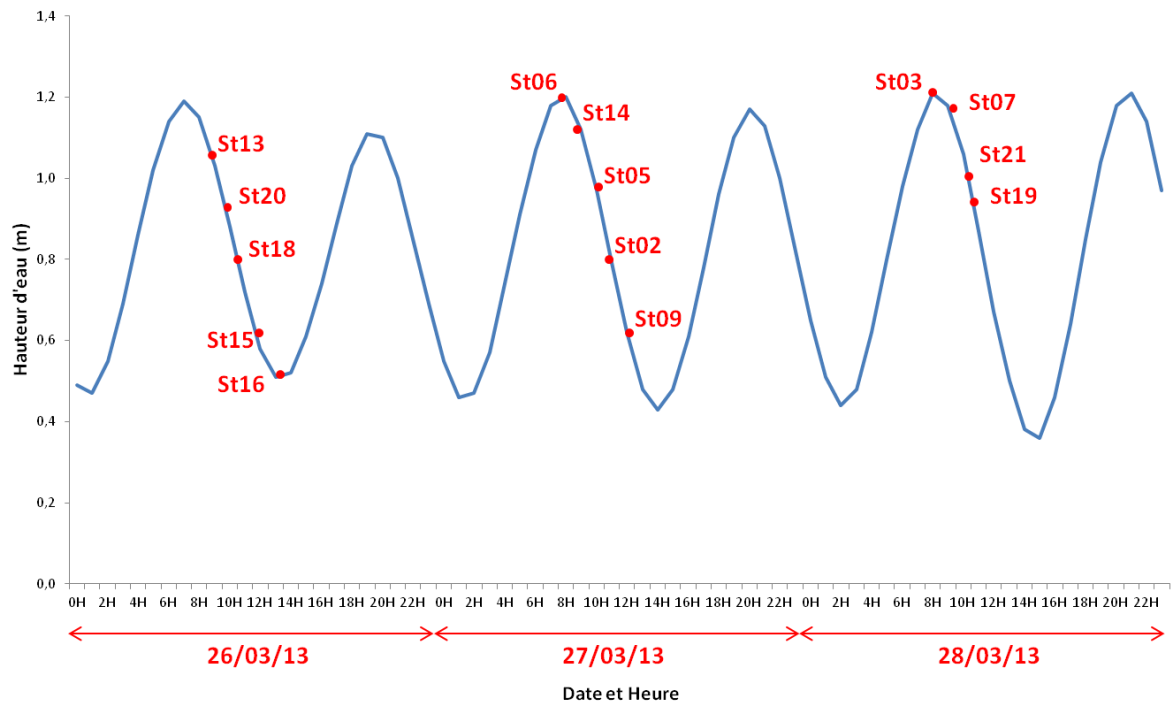


Figure 4 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle de mars 2013.

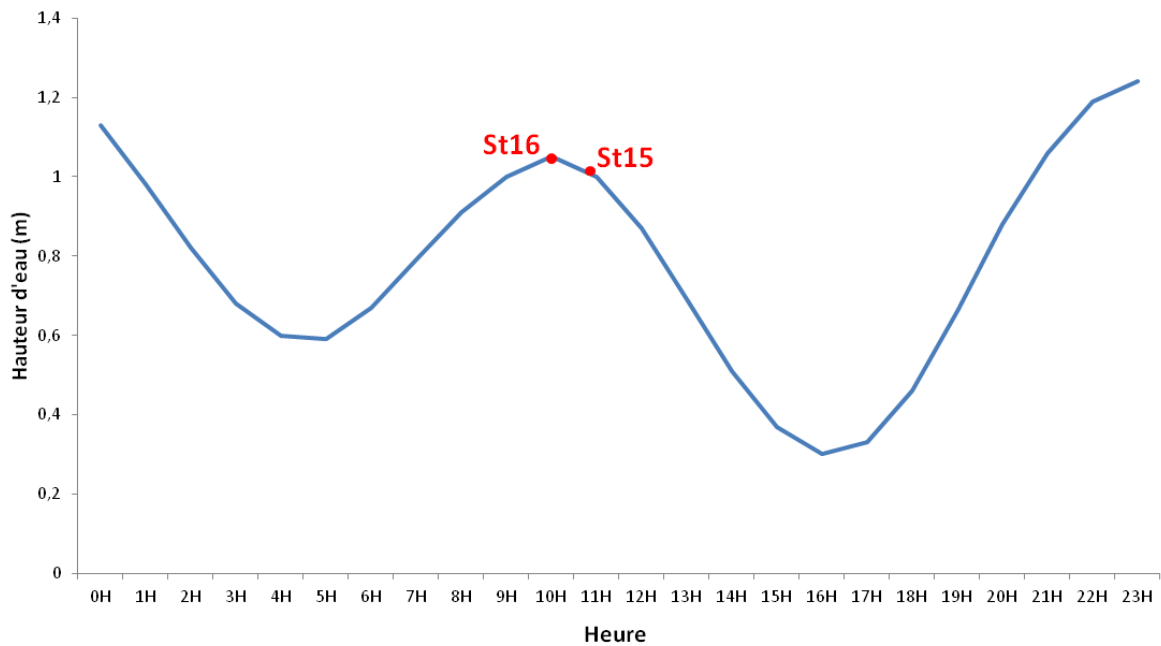


Figure 5 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne trimestrielle de mai 2013.

## 2) Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués par bouteilles « Niskin® » pour le dosage des ions majeurs, des sels nutritifs et de la matière organique dissoute et particulaire et par bouteilles « GoFlo®, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous. L'eau a été échantillonnée aux profondeurs suivantes :

- sub-surface (-3 m) ;
- mi-profondeur ;
- proximité du fond (environ 3 m du fond ou +3 m).

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

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES (Matière en Suspension) et des concentrations en ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sodium ( $\text{Na}^+$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), chlorures (Cl) et carbonates (St16 uniquement) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates), de la charge organique dissoute et particulaire (azote et phosphore organiques dissous, azote, phosphore et carbone organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) ;
- prélèvement d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux (St15 et St16, uniquement) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par :
  - spectrométrie d'émission optique couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) ;
  - spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS) pour le dosage des éléments métalliques arsenic (As), cadmium (Cd) et plomb (Pb) ;
  - électrochimie (Voltammétrie) pour le dosage du chrome hexavalent (Cr(VI)) et du chrome total (Cr total).

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

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES et des concentrations en ions  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et carbonates (St16 uniquement) ;
- prélèvement d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par :
  - spectrométrie d'émission optique couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques Co, Cu, Mn, Ni et Zn ;
  - spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS) pour le dosage de l'As ;
  - électrochimie (Voltammétrie) pour le dosage du Cr(VI) et Cr total.

La méthodologie détaillée des différentes analyses est décrite en Annexe 1.

## V. RESULTATS

### A. Eléments majeurs et pH

Les valeurs de pH et les concentrations des éléments majeurs sont regroupées dans le Tableau 2 et en Annexe 2 pour la campagne semestrielle de mars 2013 et dans le Tableau 3 pour la campagne trimestrielle de mai 2013.

Les concentrations des éléments majeurs mesurées lors de la campagne semestrielle sont plutôt homogènes dans la zone du lagon sud de Nouvelle-Calédonie. Aucune différence n'est observée entre les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah (zone d'influence océanique) et dans la Baie du Prony (zone d'influence terrigène) (Tableau 2). Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations des ions chlorures sont légèrement plus faibles que celles mesurées lors des précédentes campagnes mais restent néanmoins dans le même ordre de grandeur (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445). Les valeurs de pH sont relativement homogènes au sein de la zone d'étude.

Les concentrations de magnésium et de sulfates mesurées dans la Baie du Prony (St15 et St16) sont homogènes dans la colonne d'eau et ne diffèrent pas entre les campagnes de mars et mai 2013. Seules les concentrations de sulfates mesurées en surface et fond à la station St15 en mai 2013 sont légèrement plus élevées que les autres valeurs (Tableau 3). Les valeurs de pH sont relativement similaires entre les deux stations et les deux campagnes de 2013.

Les valeurs de pH et les concentrations des ions majeurs mesurées lors des campagnes de mars et mai 2013 sont conformes aux valeurs attendues et relativement similaires d'une campagne à l'autre (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°2445).

**Tableau 2 : Valeurs du pH et concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne  $\pm$  écart-type).**

		pH	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
Domaine entier	Min	8,17	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19365	2524
	Moy	8,24 $\pm$ 0,02	516 $\pm$ 13	404 $\pm$ 15	1548 $\pm$ 58	14912 $\pm$ 343	17800 $\pm$ 1187	2166 $\pm$ 244
Canal de la Havannah	Min	8,19	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19162	2440
	Moy	8,25 $\pm$ 0,02	512 $\pm$ 17	401 $\pm$ 21	1533 $\pm$ 80	15065 $\pm$ 461	17425 $\pm$ 1804	2138 $\pm$ 343
Baie du Prony	Min	8,21	498	384	1479	14339	17258	1896
	Max	8,25	528	424	1620	15114	18109	2264
	Moy	8,23 $\pm$ 0,01	519 $\pm$ 9	406 $\pm$ 11	1562 $\pm$ 39	14789 $\pm$ 226	17686 $\pm$ 326	2085 $\pm$ 102

**Tableau 3 : Valeurs du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013).**

Echantillon	pH		Mg <sup>2+</sup> (mg/L)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	
	Mars 2013	Mai 2013	Mars 2013	Mai 2013	Mars 2013	Mai 2013
St15-S	8,23	8,21	1479	1452	2264	3016
St15-M	8,22	8,23	1594	1547	2205	2333
St15-F	8,21	8,24	1583	1517	2077	2995
St16-S	8,23	8,23	1577	1499	2122	2515
St16-M	8,24	8,25	1620	1587	2087	2388
St16-F	8,24	8,23	1572	1597	1896	2322

## B. Dosage des carbonates (St16)

Les résultats d'analyse des carbonates mesurés à la station St16 lors des campagnes de mars et mai 2013 sont regroupés dans le Tableau 4. Les valeurs de carbonates sont traduites par les valeurs d'alcalinité totale exprimées en meq/L.

Les concentrations de carbonates mesurées aux 3 niveaux de prélèvement lors de la campagne de mars 2013 sont quasiment similaires. Lors de la campagne de mai 2013, la concentration mesurée en mi-profondeur est légèrement plus élevée que celles mesurées en surface et fond. La moyenne des concentrations de carbonates, toutes profondeurs confondues, mesurées lors de ces deux campagnes s'élèvent à  $2,58 \pm 0,13$  meq/L. Celle-ci est plus élevée que les concentrations moyennes mesurées lors des 4 campagnes trimestrielles de 2011 ( $2,29 \pm 0,07$  meq/L) et 2012 ( $2,26 \pm 0,08$  meq/L) (Convention AEL/Vale-NC N°C2445).

**Tableau 4 : Concentrations des carbonates à la station St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013).**

Campagne	Niveau	Carbonates (meq/L)
Mars 2013	St16-S	2,51
	St16-M	2,57
	St16-F	2,53
Mai 2013	St16-S	2,59
	St16-M	2,83
	St16-F	2,47

## C. Matières en suspension

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

## 1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs de matières en suspension (MES) obtenues lors de la campagne semestrielle de mars 2013 sont illustrées dans la Figure 6 et regroupées dans le Tableau 5 et en Annexe 2.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, la répartition des concentrations de MES est assez hétérogène avec des valeurs comprises entre 0,35 et 6,59 mg/L. Celles-ci ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur. Les concentrations de MES mesurées dans le Canal de la Havannah ( $0,78 \pm 0,28$  mg/L) sont moins dispersées que celles mesurées dans la Baie du Prony ( $1,37 \pm 1,72$  mg/L) (Tableau 5). En effet, la concentration de MES déterminée en profondeur à la station St19 est particulièrement élevée comparée aux autres concentrations (6,59 mg/L) (Figure 6). Celle-ci a probablement été causée par une remise en suspension du sédiment.

Les concentrations de MES sont globalement plus élevées que celles mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2012 ( $0,46 \pm 0,13$  mg/L). La charge particulaire était donc plus élevée lors de la campagne semestrielle de 2013 ( $1,10 \pm 1,08$  mg/L) que lors de la précédente campagne. Cette différence ne semble pas reliée au régime pluvial car les précipitations mesurées 5 jours avant les deux campagnes de 2012 (34,1 mm) et 2013 (33,0 mm) sont quasiment similaires (Convention AEL/Vale-NC N°C2445). Un autre facteur, tel que le vent responsable de remise en suspension, pourrait influencer ces variations de MES.

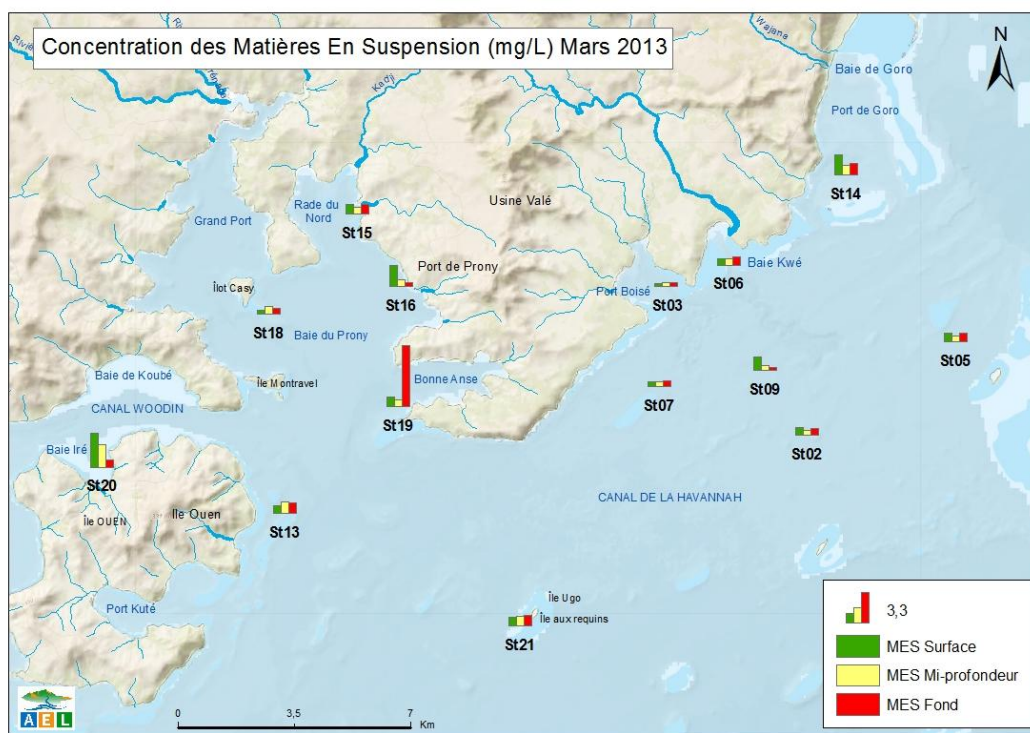


Figure 6 : Concentration des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (mars 2013).



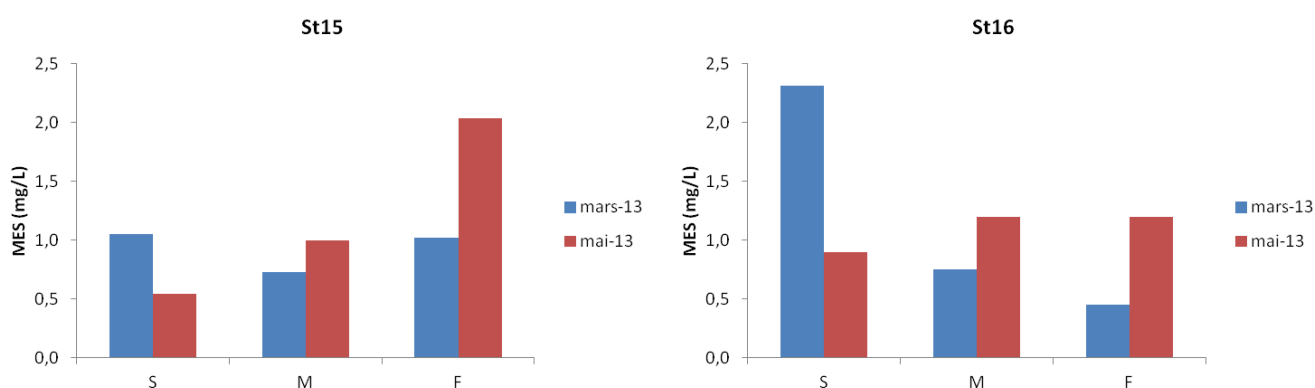
**Tableau 5 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne  $\pm$  écart-type).**

		MES (mg/L)
Domaine entier	Minimum	0,35
	Maximum	6,59
	Moyenne	1,10 $\pm$ 1,08
Canal de la Havannah	Minimum	0,35
	Maximum	1,43
	Moyenne	0,78 $\pm$ 0,28
Baie du Prony	Minimum	0,39
	Maximum	6,59
	Moyenne	1,37 $\pm$ 1,72

## 2. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs de MES déterminées aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony lors de la campagne trimestrielle de mai 2013 sont illustrées dans la Figure 7.

La répartition des concentrations de MES entre les 3 niveaux de prélèvement diffère entre les campagnes et entre les 2 stations échantillonnées. A la station St15, les concentrations ne diffèrent que très légèrement entre les 3 niveaux de prélèvement en mars 2013 alors que celles-ci augmentent avec la profondeur en mai 2013 (Figure 7). La concentration de profondeur (2,04 mg/L) est presque 4 fois plus élevée que celle de surface (0,55 mg/L). A l'inverse, la concentration de MES mesurée en surface à la station St16 (2,31 mg/L) en mars 2013 est 5 fois plus élevée que celle de profondeur (0,45 mg/L). En mai 2013, les concentrations de MES de cette même station ne varient pas entre les niveaux de prélèvement (Figure 7).



**Figure 7 : Concentrations de MES déterminées aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013 ; bleu) et trimestrielle (mai 2013 ; rouge).**

## D. Structures des masses d'eau

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

### 1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité mesurées lors de la campagne semestrielle sont répertoriées dans le Tableau 6 et les Figure 8, Figure 9, Figure 10 et Figure 11.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les valeurs des variables physico-chimiques sont relativement similaires à celles observées lors de la campagne de mars 2012 (Convention AEL/Vale-NC N°C2445). La Baie du Prony influencée par les apports terrigènes des creeks présente une turbidité moyenne plus élevée que celles mesurées dans le Canal de la Havannah, zone influencée par les apports océaniques (Tableau 6). Dans cette même zone, sont également mesurées les salinités minimales de la zone d'étude (Tableau 6). Dans ces deux zones, les moyennes de température et de fluorescence sont relativement identiques (Tableau 6).

**Tableau 6 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne  $\pm$  écart-type).**

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Domaine entier	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,38	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,77 $\pm$ 0,26	0,40 $\pm$ 0,07	0,59 $\pm$ 0,17	35,18 $\pm$ 0,18
Canal de la Havannah	Minimum	25,58	0,16	0,27	35,23
	Maximum	26,16	0,53	0,80	35,30
	Moyenne	25,89 $\pm$ 0,15	0,34 $\pm$ 0,03	0,49 $\pm$ 0,14	35,27 $\pm$ 0,02
Baie du Prony	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,18	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,60 $\pm$ 0,16	0,39 $\pm$ 0,07	0,58 $\pm$ 0,13	35,07 $\pm$ 0,30

### a) *Température*

Les stations localisées dans le Canal de la Havannah présentent des profils de température relativement homogènes ; les températures moyennes mesurées à ces stations diffèrent de quelques dixièmes de degrés entre elles. Les températures les plus faibles ont été enregistrées à l'îlot Ugo (St21 ;  $25,67 \pm 0,03$  °C). Cette station a été échantillonnée en début de marée descendante et est probablement influencée par les apports d'eaux douces provenant des creeks de la Baie du Prony. Dans cette zone, le profil de température enregistré au milieu du Canal de la Havannah (St09) diffère des 4 autres profils (St02, St05, St07 et St21) car celui-ci présente des températures diminuant avec la profondeur passant de 26,16 à 25,93 °C.

Les stations localisées autour de l'île Ouen présentent des profils différents. En effet, dans la Baie d'Iré (St20) la température est très homogène au sein de la colonne d'eau ( $25,53 \pm 0,01$  °C). Au niveau de la pointe nord du récif Ma (St13), le profil met en évidence deux masses d'eau bien individualisées ; une masse d'eau de surface dont les températures sont plus élevées que celles de profondeur. La température diminue progressivement de la surface (25,55 °C) jusqu'à 20 m (25,41 °C). Une thermocline est observée entre 20 et 22 m puis la température continue sa diminution progressive de 22 m jusqu'au fond (25,17 °C).

Les profils enregistrés aux stations influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé (St03), de la Baie Kwé (St06) et des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18, St19) présentent des profils de température hétérogènes dans la colonne d'eau. Une masse d'eau de surface plus chaude est observée dans la Baie du Prony ; celle-ci est particulièrement mise en évidence à l'embouchure des creeks (St15) avec une perte de 0,5 °C entre 0 et 10 m. Une même couche est observée au niveau de l'îlot Casy (St18) et de la Rade de l'est (St19) mais la perte de température dans les 10 premiers mètres est moindre : 0,2 et 0,1 °C pour St18 et St19, respectivement. A Prony Wharf (St16), le profil de température diffère. En effet, la plus grosse perte de température est observée en profondeur à partir de 39 m où celle-ci passe de 25,33 à 24,95 °C.

A l'inverse de la Baie du Prony, les baies de Port Boisé (St03) et Kwé (St06) présentent une fine couche d'eau plus fraîche en surface dont la température augmente dans les 5 premiers mètres; celle-ci passe de 25,69 et 25,56 °C à 26,13 et 26,10 °C, respectivement. Le profil de Port Boisé présente des températures variant entre 25,67 et 26,12 °C de 5 à 15 m puis diminuant progressivement avec la profondeur à partir de 15 m pour atteindre 25,80 °C en profondeur. Le profil de la Baie Kwé présente une couche de température stable et plus élevée entre 5 et 15 m ( $\sim 26,10$  °C) que celle observée entre 20 et 30 m (25,92 °C). Au niveau du Port de Goro (St14), la température diminue progressivement avec la profondeur passant de 26,32 à 26,13 °C. Une fine couche légèrement plus chaude que le reste de la colonne d'eau est néanmoins mesurée entre 3 et 6 m (26,38 °C).

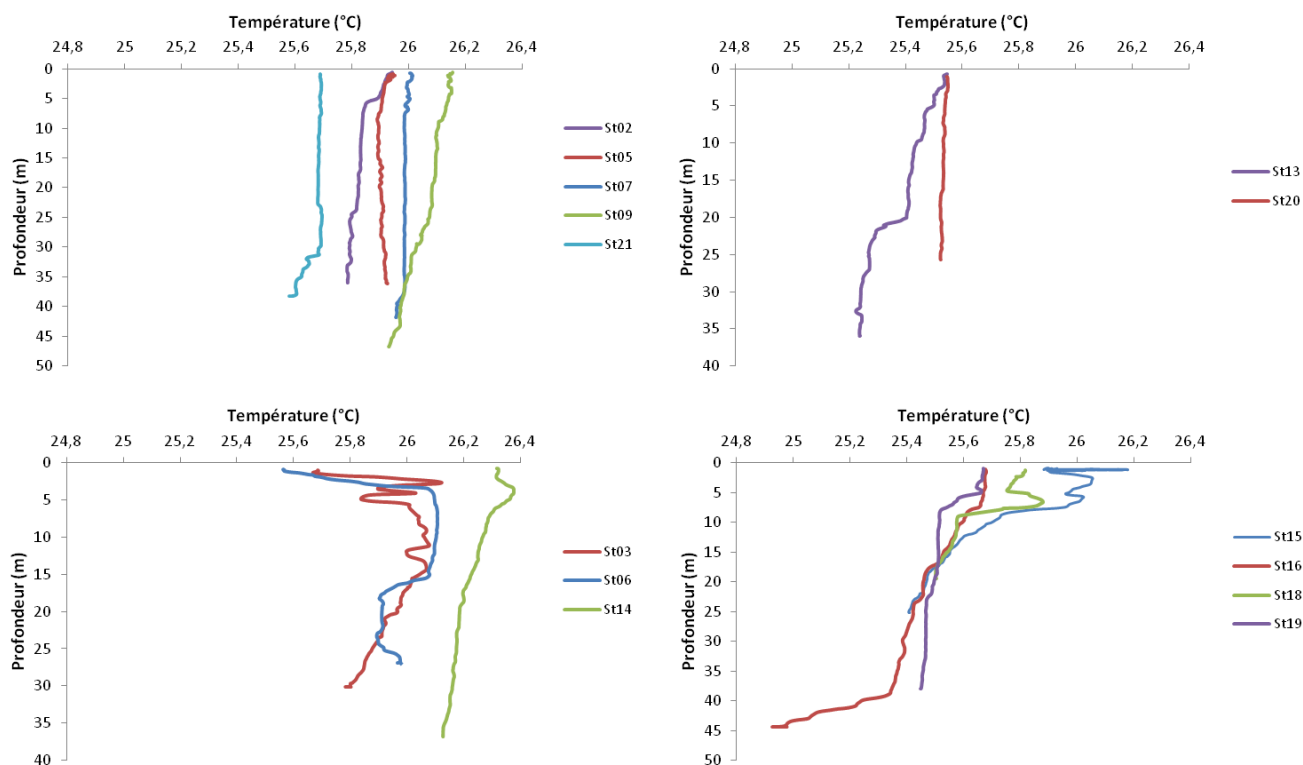


Figure 8 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

### b) Fluorescence

La fluorescence mesurée dans le Canal de la Havannah augmente légèrement avec la profondeur ; celle-ci est comprise entre 0,16 et 0,53 mg/m<sup>3</sup> avec une moyenne de 0,34 ± 0,03 mg/m<sup>3</sup>. Dans cette zone, l'augmentation la plus importante a été mesurée à Basse Chambeyron (St02) où les valeurs passent de 0,17 à 0,52 mg/m<sup>3</sup>.

La fluorescence enregistrée aux deux stations proches de l'île Ouen augmente également avec la profondeur. A l'exception d'une très fine couche de surface dont la fluorescence diminue brutalement de 0,58 à 0,10 mg/m<sup>3</sup> à 1 m, la fluorescence de la Baie d'Iré (St20) augmente progressivement de 0,10 à 0,56 mg/m<sup>3</sup> jusqu'au fond. Au niveau de la Pointe Nord du Récif Ma (St13), la fluorescence augmente également progressivement de 0,31 à 0,60 mg/m<sup>3</sup> puis stagne à partir de 15 m jusqu'au fond.

Les plus fortes augmentations de fluorescence avec la profondeur ont été observées dans la Baie du Prony. Les valeurs maximales de fluorescence ont été mesurées en profondeur aux stations St15 (0,93 mg/m<sup>3</sup>) et St16 (1,12 mg/m<sup>3</sup>). La station de l'îlot Casy (St18) montre également une forte augmentation de fluorescence avec la profondeur ; celle-ci passant de 0,10 à 0,60 mg/m<sup>3</sup>. La station de la Rade de l'est (St19), étant la plus éloignée de l'embouchure des creeks de la Baie du Prony, ne présente pas d'augmentation de fluorescence aussi prononcée qu'aux stations St15, St16 et St18. La fluorescence augmente de la surface (0,15 mg/m<sup>3</sup>) à 25 m (0,50 mg/m<sup>3</sup>) puis stagne avec la profondeur.

Bien qu'étant également influencées par les creeks de Port Boisé et de la Baie Kwé, les stations St03 et St06 ne subissent pas d'aussi fortes fluctuations que celles de la Baie du Prony. Au niveau de Port Boisé (St03), la fluorescence augmente légèrement avec la profondeur atteignant deux pics d'environ 0,60 mg/m<sup>3</sup> à 10 m et 16 m. Dans la Baie Kwé (St06), la fluorescence augmente en surface (~5 m) et en profondeur (de 25 m jusqu'au fond). Entre 5 et 20 m, celle-ci stagne à ~0,42 mg/m<sup>3</sup>. La fluorescence observée au Port de Goro (St14) présente une augmentation progressive de 0,24 à 0,56 mg/m<sup>3</sup> jusqu'à 15 m puis une diminution progressive à partir de 15 m jusqu'au fond (0,33 mg/m<sup>3</sup>).

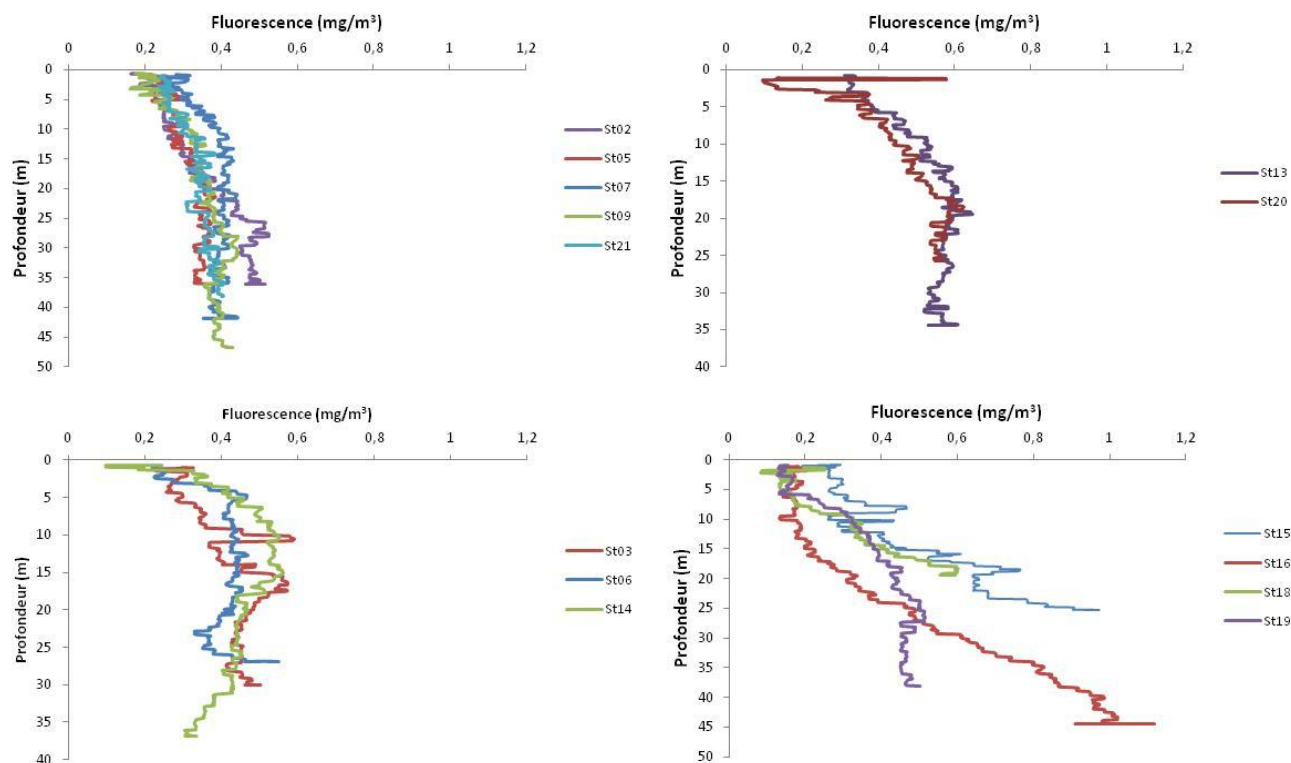


Figure 9 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

### c) Turbidité

Les stations du Canal de la Havannah présentent des profils de turbidité relativement stables au sein de la colonne d'eau. Les turbidités moyennes des stations du Récif Ioro (St07 :  $0,64 \pm 0,06$  NTU) et de l'Ilot Ugo (St21 :  $0,63 \pm 0,05$  NTU) sont les plus élevées de cette zone ; la plus faible ayant été mesurée à la station St09 ( $0,31 \pm 0,03$  NTU).

La turbidité mesurée à la Pointe Nord du Récif Ma (St13) augmente légèrement avec la profondeur passant de 0,52 à 1,05 NTU. En Baie d'Iré (St20), la turbidité est relativement stable dans la colonne d'eau et présente une augmentation à seulement 25 m de fond.

Dans la Baie de Port Boisé (St03), la turbidité est plutôt variable au sein de la colonne d'eau avec un pic obtenu entre 16 et 17 m ( $0,71$  NTU) et une augmentation jusqu'à  $0,79$  NTU à l'approche du fond. Cette même augmentation est observée à la station « Port de Goro » (St14) où la turbidité est relativement stable au sein de la colonne d'eau passant de  $0,52$  à  $0,87$  NTU à partir de 35 m. Dans la Baie Kwé (St06), la turbidité ne varie pas jusqu'à 17 m puis augmente fortement jusqu'au fond passant de  $0,71$  à  $1,95$  NTU en 10 m.

Comme observé pour la fluorescence, les profils enregistrés dans la Baie du Prony mettent également en évidence de fortes variations de turbidité dans cette zone. Pour les 4 stations de la Baie, une augmentation de la turbidité est observée à l'approche du fond ; celle-ci étant plus ou moins prononcée. Les stations les plus proches de l'embouchure des creeks (St15 et St16) montrent une très forte augmentation de turbidité. En effet, celle-ci passe, respectivement, de  $0,46$  (23 m) à  $2,33$  (25 m) NTU et de  $0,39$  (31 m) à  $1,84$  (44 m) NTU pour les stations St15 et St16. Aux stations de l'ilot Casy (St18) et de la Rade de l'est (St19), cette augmentation est visible mais nettement moins forte. Seule la station St15 présente une turbidité plus élevée en surface avec des valeurs atteignant  $\sim 1,20$  NTU dans les premiers mètres.

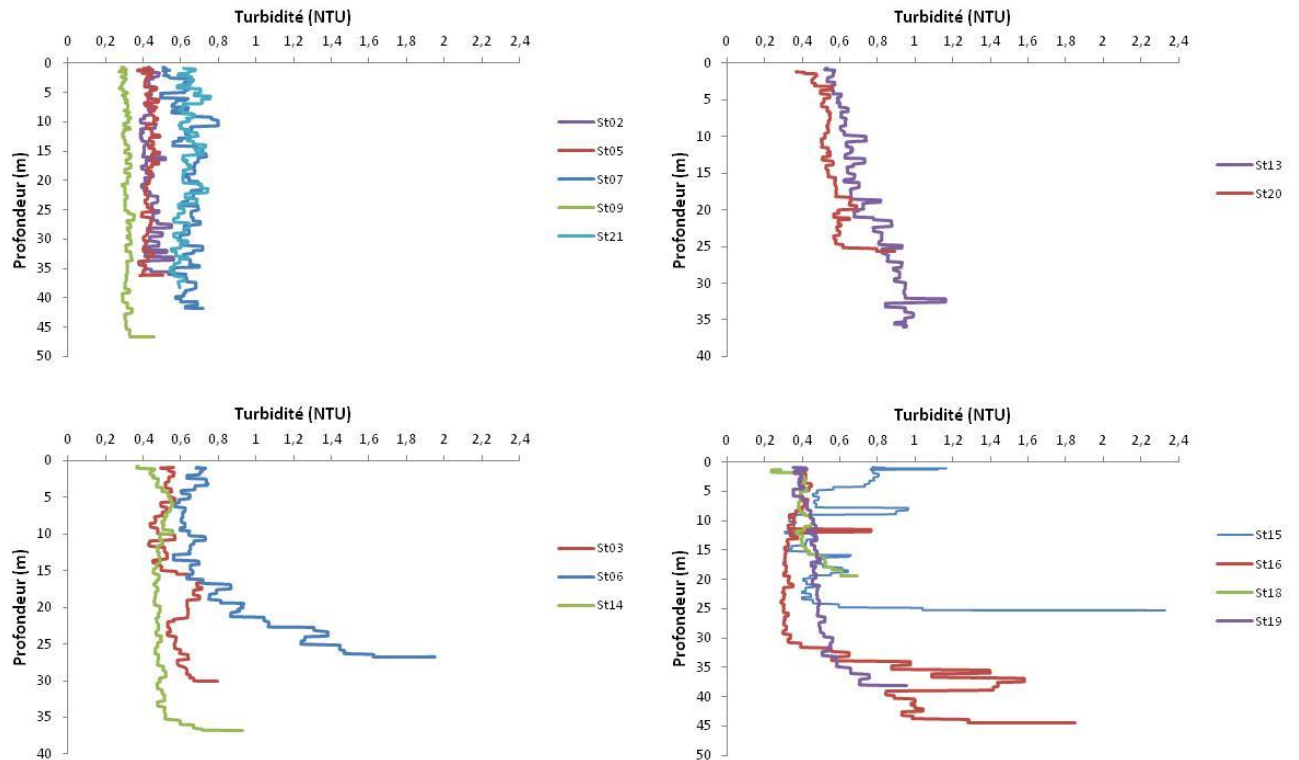


Figure 10 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

#### d) Salinité

Les stations du Canal de la Havannah et de l'île Ouen présentent des profils de salinité très homogènes au sein de la colonne d'eau. La salinité moyenne mesurée au niveau des 5 stations du Canal de la Havannah s'élève à  $35,27 \pm 0,02 \text{ ‰}$  et celle mesurée aux 2 stations de l'île Ouen à  $35,33 \pm 0,01 \text{ ‰}$ .

A l'inverse, les stations influencées par les apports d'eaux douces présentent des salinités plus faibles dans les 10 premiers mètres de surface, à l'exception de la station St16. Les stations St15 (Prony Creek Baie Nord) et St03 (Port Boisé) présentent les salinités de surface les plus faibles de la zone d'étude atteignant 33,74 et 33,83 ‰, respectivement. Les salinités de surface des stations St18 (Ilot Casy), St06 (Baie Kwé) et St14 (Port de Goro) sont également plus faibles par rapport à la salinité mesurée dans le reste de la colonne d'eau ; celles-ci s'élèvent à 34,51, 34,38 et 34,62 ‰, respectivement. A partir de 5-10 m, la salinité de ces mêmes stations augmente jusqu'à ( $\sim 35,20 \text{ ‰}$ ) et reste relativement stable dans le reste de la colonne d'eau. Seule la salinité mesurée à la station St16 (Prony Wharf) est constante dans l'ensemble de la colonne d'eau ( $35,31 \pm 0,03 \text{ ‰}$ ).

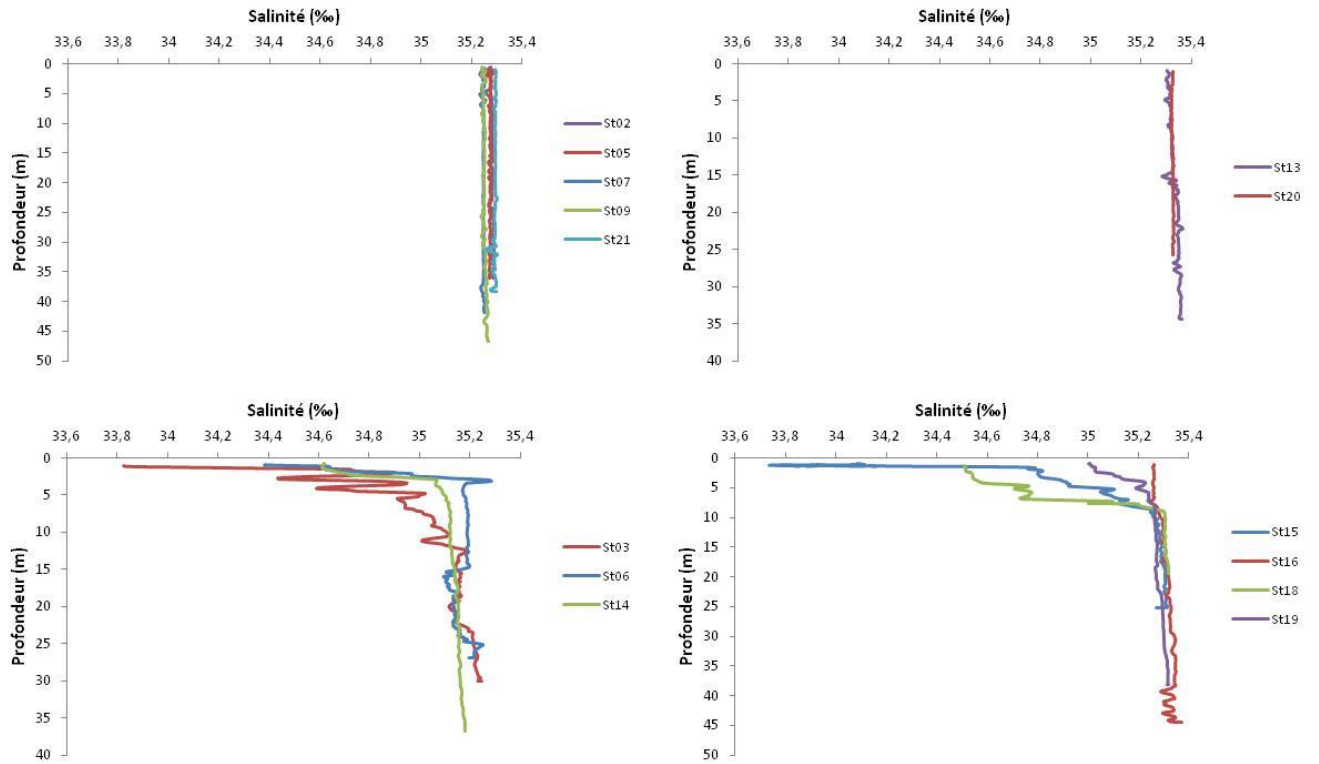


Figure 11 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

## 2. Campagne trimestrielle : Mai 2013

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité mesurées lors de la campagne trimestrielle sont répertoriées dans la Figure 12.

Les profils des stations St15 et St16 présentent les mêmes variations de variables physico-chimiques :

- la température augmente en surface jusqu'à atteindre un pic de 24,58 °C à 5 m (St15) et de 24,10 °C à 15 m (St16) puis diminue ensuite jusqu'au fond (Figure 12) ;
- la fluorescence atteint également un pic de 1,58 mg/m<sup>3</sup> à 10 m (St15) et de 1,21 mg/m<sup>3</sup> entre 10-20 m (St16) puis, comme la température, diminue jusqu'au fond (Figure 12) ;
- de même que pour la campagne de mars 2013, on observe la formation d'une couche turbide en surface atteignant 1,41 NTU à 3 m à la station St15 ; la turbidité mesurée à cette même station augmente progressivement avec la profondeur jusqu'à atteindre environ 3,02 NTU en profondeur alors que la turbidité de la station St16 varie entre 0,44 et 0,81 NTU jusqu'à 35 m puis augmente jusqu'à 2,93 NTU jusqu'au fond (Figure 12) ;
- une dessalure est également observée en surface aux deux stations puis la salinité stagne à partir de 5 m (St15) et 10 m (St16) autour de 35,30 ‰ (Figure 12) ; par contre, on n'observe pas de dessalure à la station St16 en surface lors de la campagne de mars 2013.

Les profils des variables physico-chimiques mesurés aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony en mai 2013 mettent en évidence les apports d'eaux douces provenant des creeks de la Baie du Prony provoquant une augmentation de la température et de l'activité phytoplanctonique ainsi qu'une dessalure dans les eaux de surface. Des népéhaloïdes benthiques sont également observés à ces 2 stations.

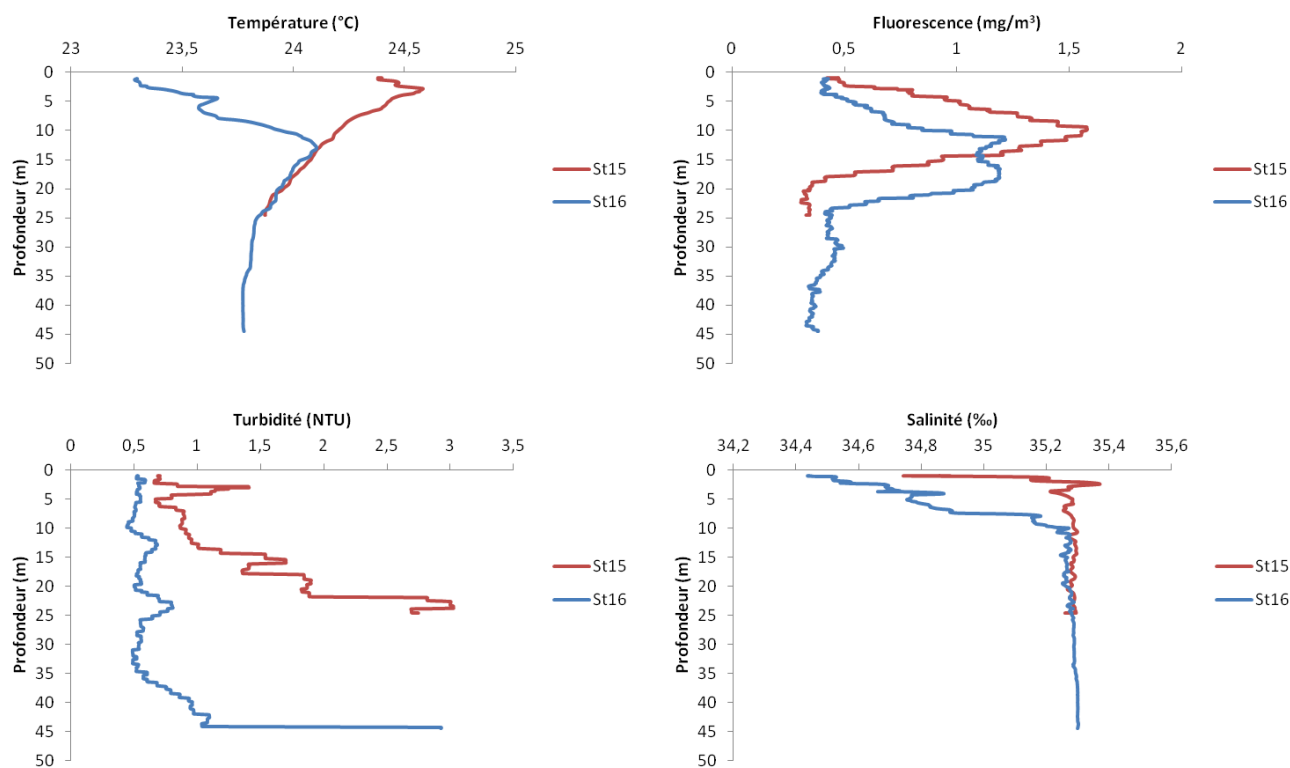


Figure 12 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité des deux stations échantillonnées dans la Baie du Prony (St15 et St16) lors de la campagne trimestrielle de mai 2013.



### Ce qu'il faut retenir :

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19), de la Kwé (St06), de Port boisé (St03) et de la Baie de Goro (St14). Ces apports sont décelés par des salinités plus faibles en surface ainsi que des températures plus élevées (St15, St16, St18 et St19) ou plus faibles (St03 et St06) en surface. Ces apports sont nettement mis en évidence par la formation de couches turbides de surface (St15) et de profondeur (néphéloïdes benthiques des stations St06, St15, St16, St18 et St19). Dans la Baie du Prony, l'augmentation de la fluorescence avec la profondeur met en évidence une augmentation du métabolisme benthique probablement due aux apports provenant des néphéloïdes benthiques.

Les profils des variables physico-chimiques permettent également de distinguer les stations influencées par les eaux océaniques. Celles-ci sont soumises à d'importants mélanges verticaux liés à la turbulence des courants du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21). Ces stations sont généralement remarquables par les valeurs des variables physico-chimiques constantes au sein de la colonne d'eau.

## E. Analyse des sels nutritifs

Les résultats d'analyse des sels nutritifs de la campagne semestrielle de mars 2013 sont regroupés dans les Figure 13, Figure 14, Figure 15, Figure 16, le Tableau 7 et en Annexe 3.

### 1. Nitrates et nitrites

**Rappel :** *L'ion nitrate ( $\text{NO}_3$ ) est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale (à savoir le  $\text{NO}_3$ ). La vitesse de régénération peut être parfois différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.*

Les concentrations de nitrates et nitrites ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) sont très dispersées dans la zone d'étude ; celles-ci sont comprises entre des valeurs inférieures à  $0,020 \mu\text{M}$  (limite de quantification) et  $1,393 \mu\text{M}$  avec une moyenne de  $0,130 \pm 0,233 \mu\text{M}$  (Tableau 7). Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude, ni avec la profondeur (Figure 13).

La concentration la plus élevée de la zone a été mesurée dans les eaux de surface de la Baie Kwé (St06) ; celle-ci s'élevant à  $1,393 \mu\text{M}$ . A la Pointe du Récif Ma (St13), les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  augmentent avec la profondeur, on observe une concentration de fond ( $0,465 \mu\text{M}$ ) 7 fois plus élevée que celle de surface ( $0,065 \mu\text{M}$ ).

Les concentrations moyennes de la Baie du Prony s'élèvent à  $0,070 \pm 0,042 \mu\text{M}$ . Dans cette zone, les valeurs maximales ont été mesurées en surface ( $0,148 \mu\text{M}$ ) et profondeur ( $0,119 \mu\text{M}$ ) de la station St15, directement à l'embouchure des creeks de la Baie.

Les concentrations des stations du Canal de la Havannah sont assez dispersées variant de concentrations inférieures à  $0,020 \mu\text{M}$  (St07-M et St21-S) à  $0,263 \mu\text{M}$  (St21-M).

Les concentrations moyennes de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  de 2013 sont similaires à celles de 2012 ( $0,14 \pm 0,10 \mu\text{M}$ ). Les campagnes de 2012 et 2013 présentent des concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  plus faibles que celles des années précédentes (Annexe 7).

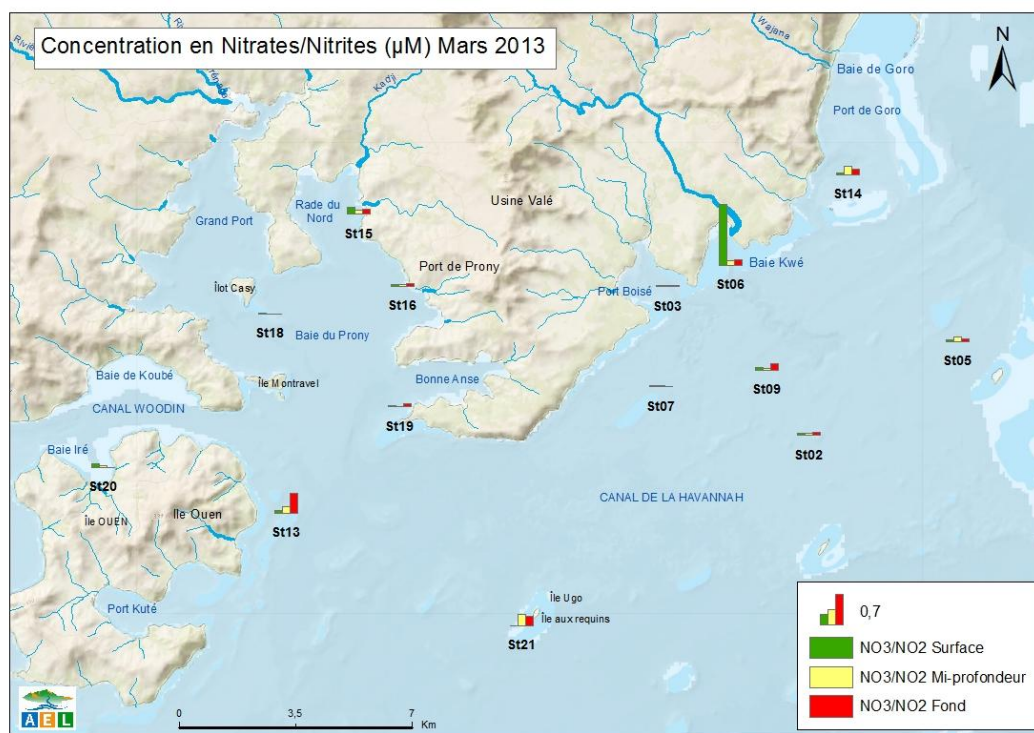


Figure 13 : Concentration de nitrates et nitrites dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

## 2. Ammonium

**Rappel :** Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Naturellement, il provient des excréments animaux et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles par litre.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations de  $\text{NH}_4$  sont assez dispersées et ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 14) ; celles-ci sont comprises entre 0,014 et 0,246  $\mu\text{M}$  avec une moyenne de  $0,061 \pm 0,052 \mu\text{M}$  (Tableau 7). Les concentrations maximales ont été mesurées à la pointe nord du récif Ma (St13) et, comme les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ , celles-ci augmentent avec la profondeur passant de 0,157 (surface) à 0,246 (fond)  $\mu\text{M}$ . Les concentrations de  $\text{NH}_4$  mesurées en Baie Kwé (St06) sont également, comme celles de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ , plus élevées en surface (0,135  $\mu\text{M}$ ).

Les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah sont assez variables ; celles-ci sont comprises entre 0,019 (St09-S) et 0,135 (St07-S)  $\mu\text{M}$ .

Les concentrations moyennes de la Baie du Prony sont très légèrement plus faibles que celles du Canal de la Havannah ; celles-ci varient de 0,014 (St16-S) à 0,073 (St18-M)  $\mu\text{M}$ .

Dans l'ensemble de la zone d'étude, la concentration moyenne de  $\text{NH}_4$  mesurée en mars 2013 est relativement similaire à celle obtenue lors de la campagne « saison humide » de 2012 ( $0,07 \pm 0,05 \mu\text{M}$ ). Depuis 2007, les concentrations moyennes de  $\text{NH}_4$  mesurées lors des campagnes « saison humide » ne montrent pas d'évolution particulière (Annexe 7).

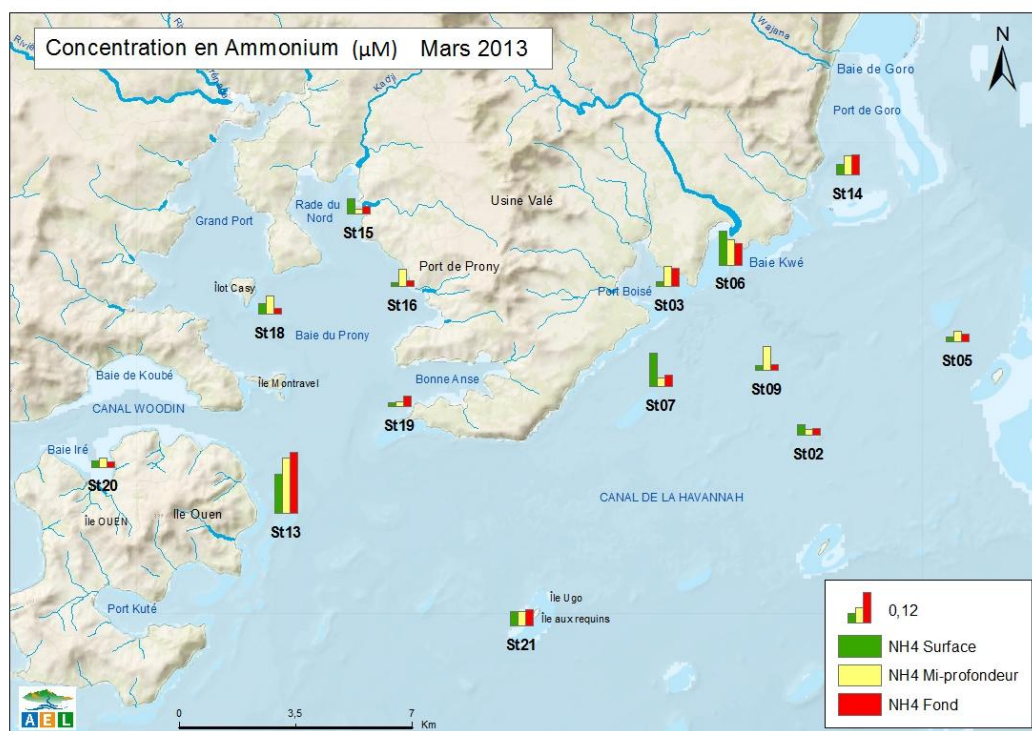


Figure 14 : Concentration d'ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

### 3. Phosphates

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

Les concentrations de phosphates ( $PO_4$ ) ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 15) ; celles-ci sont comprises entre des valeurs inférieures à  $0,010 \mu\text{M}$  (limite de quantification) et  $0,063 \mu\text{M}$  avec une concentration moyenne de  $0,033 \pm 0,012 \mu\text{M}$  (Tableau 7).

Dans le Canal de la Havannah, les concentrations moyennes, toutes profondeurs confondues, mesurées aux stations St02 ( $0,040 \pm 0,005 \mu\text{M}$ ), St05 ( $0,047 \pm 0,003 \mu\text{M}$ ) et St21 ( $0,038 \pm 0,002 \mu\text{M}$ ) sont homogènes dans la colonne d'eau et sont plus élevées que celles mesurées aux stations St07 et St09. Les concentrations de ces dernières augmentent avec la profondeur ; celles-ci sont inférieures à  $0,010 \mu\text{M}$  en surface et atteignent  $0,017$  et  $0,022 \mu\text{M}$  en profondeur, respectivement.

Dans la Baie du Prony, à l'exception de la station St19-S ( $0,063 \pm 0,013 \mu\text{M}$ ), les concentrations de surface sont inférieures à  $0,010 \mu\text{M}$ .

Les concentrations moyennes de  $PO_4$  mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes semestrielles « saison humide » depuis 2007 ; celles-ci sont particulièrement similaires à celles mesurées lors de la campagne de 2007 (Annexe 7).

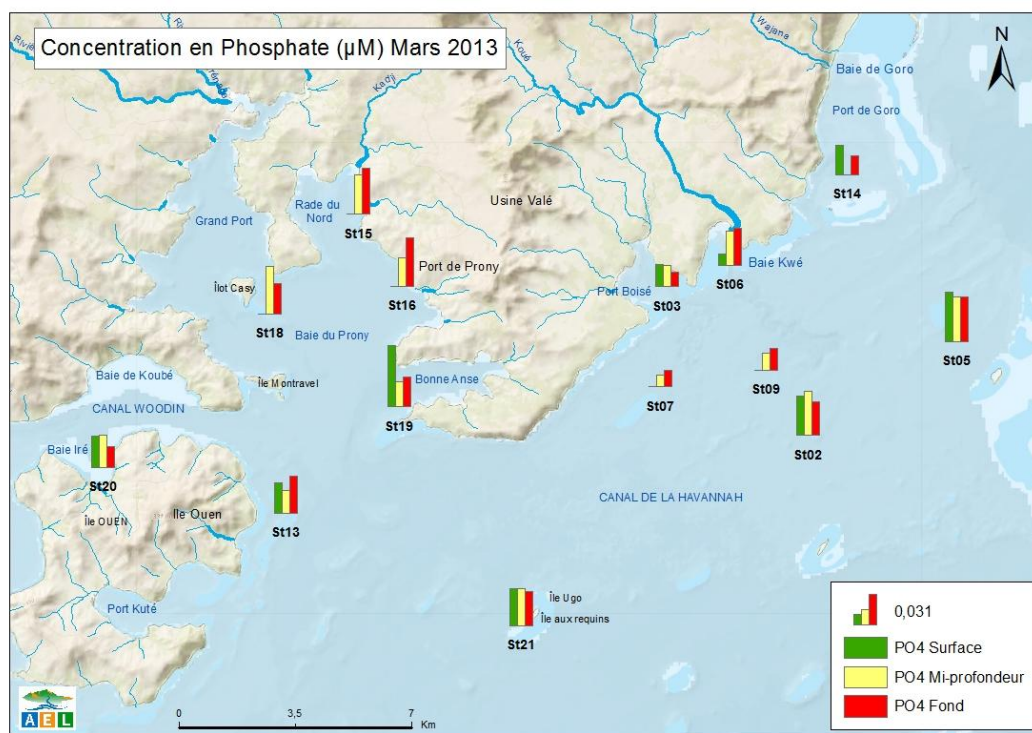


Figure 15 : Concentration de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

#### 4. Silicates

**Rappel :** Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates ( $\text{SiO}_4^{2-}$ ), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi, dans le domaine océanique, les concentrations en surface sont généralement très faibles mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes ou des fonds abyssaux.

Les concentrations de silicates montrent un fort gradient côte large ainsi qu'un gradient surface fond (Figure 16). En effet, celles-ci sont plus élevées au niveau des stations proches des côtes ainsi que dans les eaux de surface (St15, St18, St03, St06, St14). Les concentrations de silicates les plus élevées ont été mesurées dans les eaux de surface des stations St06 ( $12,34 \pm 0,23 \mu\text{M}$ ) et St15 ( $12,96 \pm 0,22 \mu\text{M}$ ). Celles-ci sont presque 10 fois plus élevées que les concentrations de mi-profondeur et fond mesurées à ces mêmes stations.

A l'inverse, les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah sont particulièrement homogènes et plus faibles que celles mesurées proches des côtes ; celles-ci varient entre  $0,74$  et  $1,16 \mu\text{M}$  avec une moyenne de  $0,96 \pm 0,14 \mu\text{M}$  (Tableau 7). Les stations proches de l'île Ouen présentent des concentrations légèrement plus élevées que celles mesurées dans le Canal de la Havannah et très homogènes entre les 3 niveaux de prélèvement (St13 :  $1,33 \pm 0,10 \mu\text{M}$  ; St20 :  $1,39 \pm 0,08 \mu\text{M}$ ).

Bien que les concentrations maximales mesurées en mars 2013 ( $12,34$  et  $12,96 \mu\text{M}$ ) soient plus élevées que pour les campagnes « saison humide » depuis 2007, les concentrations moyennes de silicates mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles des précédentes campagnes (Annexe 7).

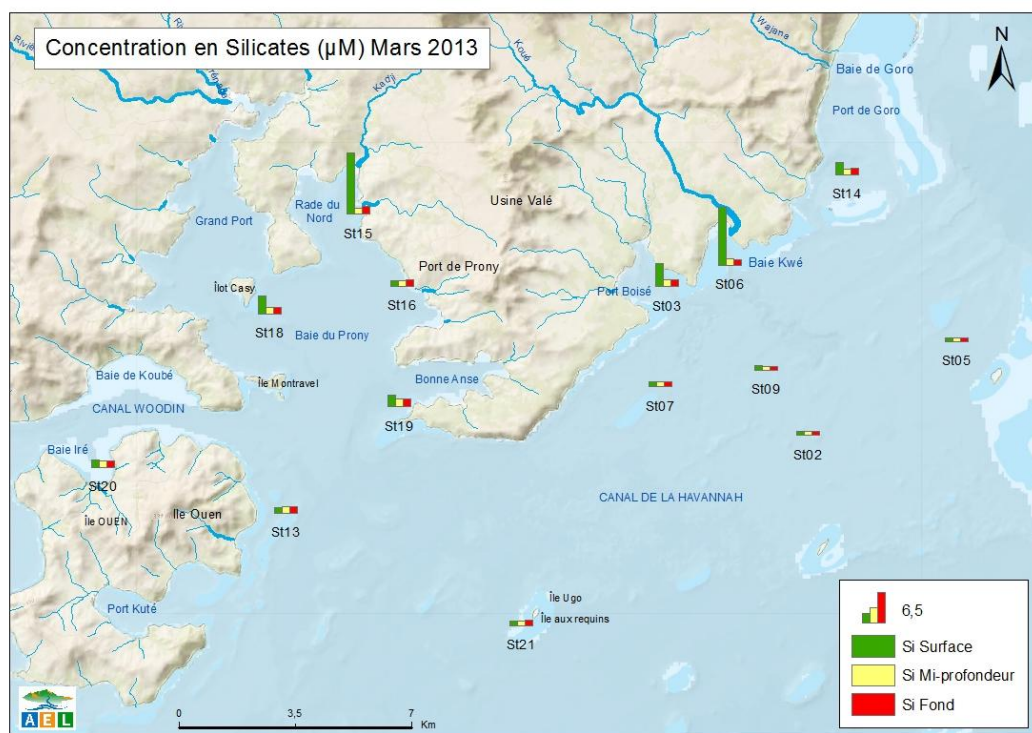


Figure 16 : Concentration de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 7 : Concentrations des sels nutritifs ( $\text{NO}_2+\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$  et  $\text{SiO}_4$ ) enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne  $\pm$  écart-type).

		$\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{NH}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{SiO}_4$ ( $\mu\text{M}$ )
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	0,74
	Maximum	1,393	0,246	0,063	12,96
	Moyenne	$0,130 \pm 0,233$	$0,061 \pm 0,052$	$0,033 \pm 0,012$	$1,97 \pm 2,54$
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,019	<LQ	0,74
	Maximum	0,263	0,135	0,051	1,16
	Moyenne	$0,088 \pm 0,074$	$0,049 \pm 0,032$	$0,034 \pm 0,013$	$0,96 \pm 0,14$
Baie du Prony	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	1,19
	Maximum	0,148	0,073	0,063	12,96
	Moyenne	$0,070 \pm 0,042$	$0,036 \pm 0,021$	$0,041 \pm 0,012$	$2,68 \pm 3,32$

<LQ: valeur inférieure à la limite de quantification

#### Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  et  $\text{PO}_4$  ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude alors que les concentrations de  $\text{SiO}_4$  montrent un fort gradient côte large ainsi qu'un gradient vertical avec des concentrations plus élevées en surface qu'en profondeur, au niveau des stations localisées proches des côtes.

Les apports des creeks de la Baie Kwé et de la Baie du Prony sont nettement mis en évidence par les fortes concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  (St06) et  $\text{SiO}_4$  (St06 et St15) mesurées dans les eaux de surface.

Les concentrations des sels nutritifs mesurées lors de cette dernière campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des campagnes « saison humide » depuis 2007, à l'exception des concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  de 2012 et 2013 ayant subies une légère diminution.

## F. Matière organique

La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire. Cependant, les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille est de  $0,45 \mu\text{m}$  (Strickland & Parsons 1972).

Les concentrations de matières organiques dissoute et particulaire sont regroupées dans les Figure 17, Figure 18, Figure 19 et Figure 20, dans le Tableau 8 ainsi que dans l'Annexe 4.

### 1. Azote et phosphore organiques dissous

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

Les concentrations d'azote organique dissous (NOD) ne montrent ni de distributions horizontale ni verticale dans la zone d'étude (Figure 17 ; Figure 18). Les concentrations de phosphore organique dissous (POD) sont légèrement plus élevées dans le Canal de la Havannah que dans la Baie du Prony (Tableau 8 8). Cette même variation a été observée lors de la campagne de mars 2012 (Annexe 8). Pour le NOD, les concentrations moyennes restent les mêmes entre ces deux zones tant en 2013 qu'en 2012.

Les concentrations moyennes de NOD et POD mesurées lors de la campagne de mars 2013 (NOD :  $3,60 \pm 0,57 \mu\text{M}$  ; POD :  $0,19 \pm 0,05 \mu\text{M}$ ) sont sensiblement similaires à celles mesurées lors de la campagne de mars 2012 (NOD :  $3,57 \pm 0,70 \mu\text{M}$  ; POD :  $0,18 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ) (Annexe 8).

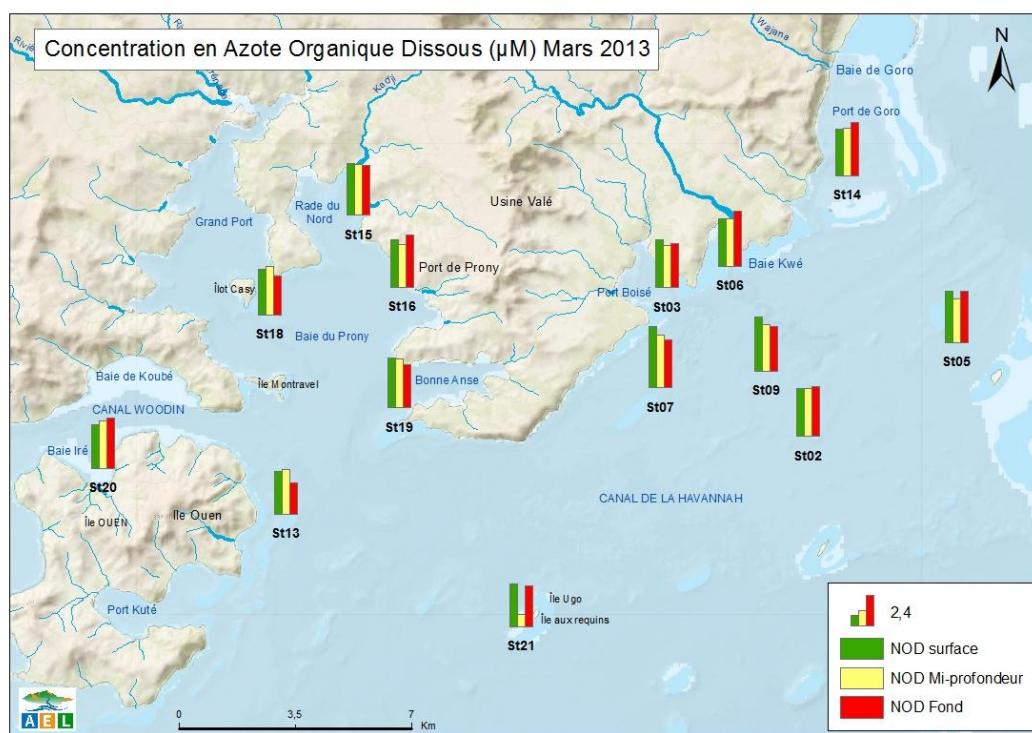


Figure 17 : Concentration d'azote organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

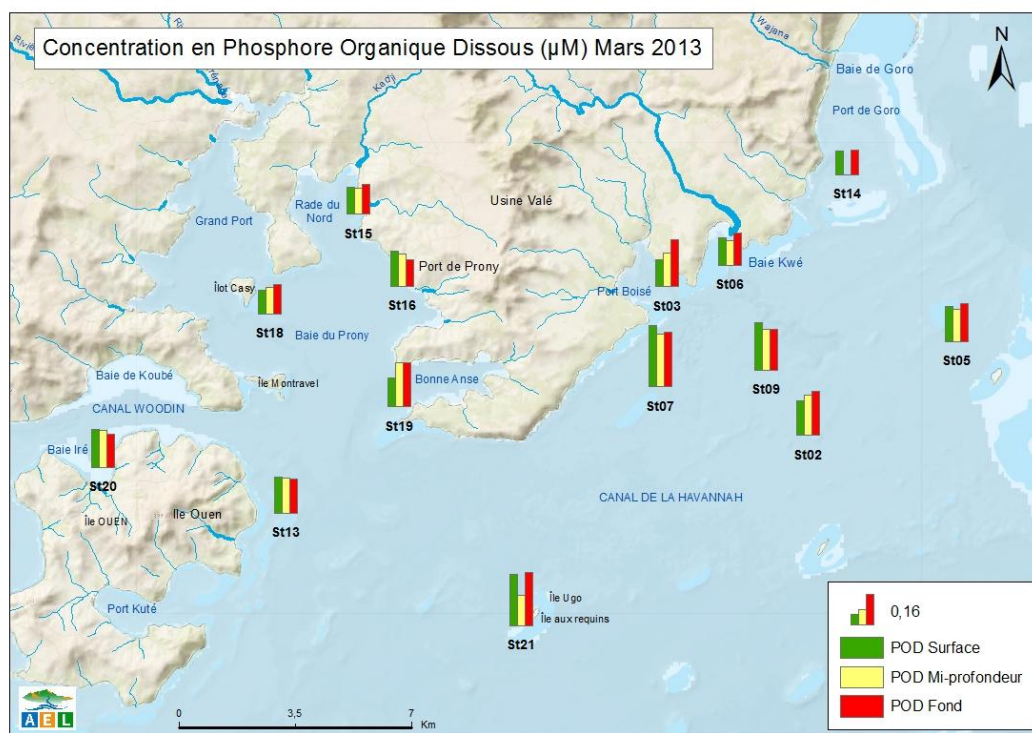


Figure 18 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

## 2. Azote, carbone et phosphore organiques particuliers

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

Les concentrations d'azote organique particulaire (NOP) et phosphore organique particulaire (POP) présentent un léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations proches des côtes (St15, St03, St06 et St14) (Figure 19 ; Figure 20). Un gradient décroissant avec la profondeur est seulement observé pour quelques stations telles que les stations St15, St03, St06 et St14. Les concentrations maximales de NOP et POP ont été mesurées en surface à la station « Port de Goro » (St14) alors que les concentrations les plus faibles ont été mesurées au niveau de deux stations du Canal de la Havannah (St09-S et St02-F).

Les concentrations de COP ne montrent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 21). Les concentrations moyennes de la Baie du Prony ( $12,42 \pm 3,10 \mu\text{M}$ ) et du Canal de la Havannah ( $11,69 \pm 2,67 \mu\text{M}$ ) sont quasiment similaires et relativement homogènes (Tableau 8). Seule la concentration de fond mesurée à la station St14 ( $61,85 \mu\text{M}$ ) se démarque, celle-ci étant environ 4,6 fois plus élevée que la concentration moyenne de la zone d'étude. Cette concentration peut être liée à la fine couche turbide présente en profondeur à cette même station probablement riche en matière carbonatée (Figure 10).

Les concentrations de COP, NOP et POP mesurées en 2013 sont relativement similaires à celles mesurées lors des précédentes campagnes semestrielles conduites en « saison humide » (Annexe 8). Toutefois, les concentrations moyennes de POP mesurées dans la Baie du Prony en 2013 ( $0,09 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ) sont légèrement plus élevées que celles mesurées en 2012 ( $0,06 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ).

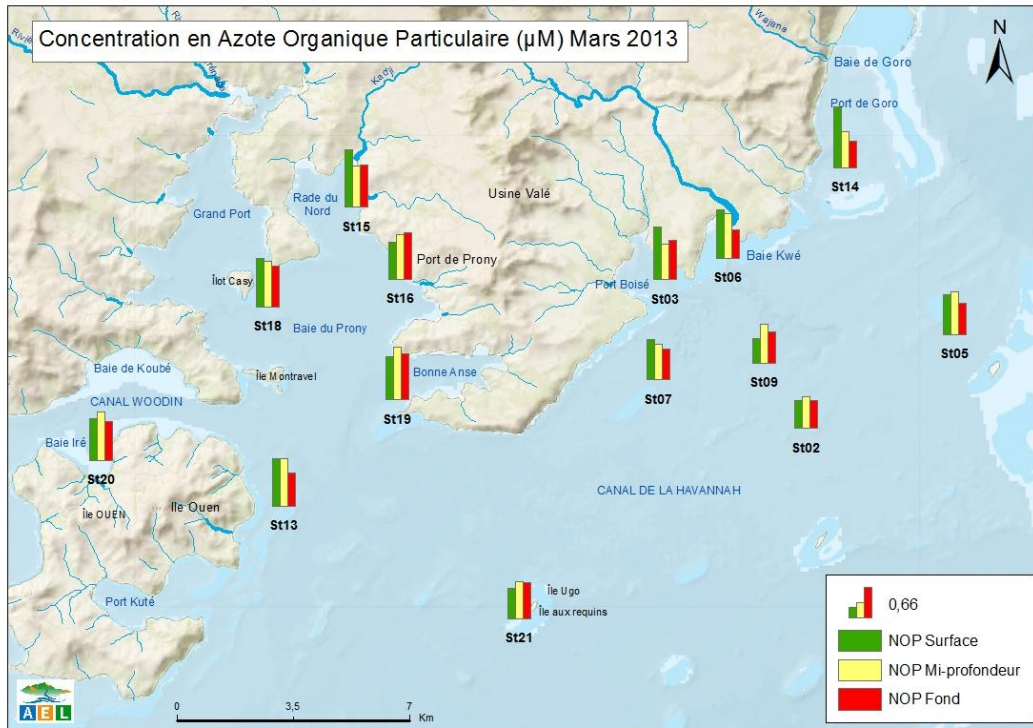


Figure 19 : Concentration d'azote organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

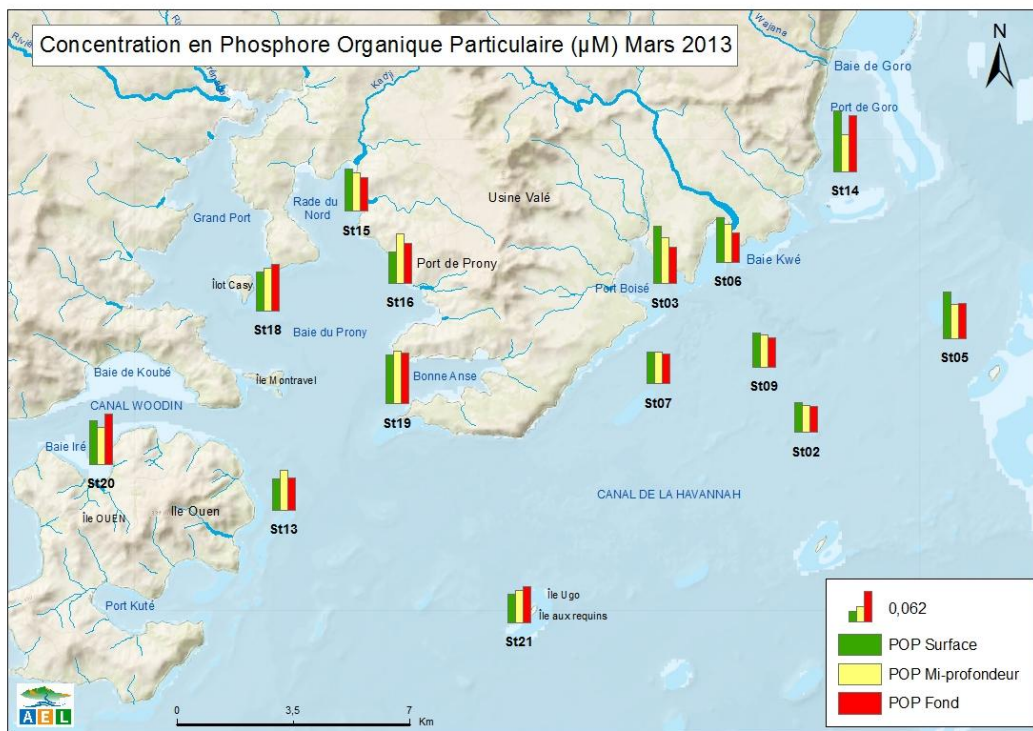


Figure 20 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.



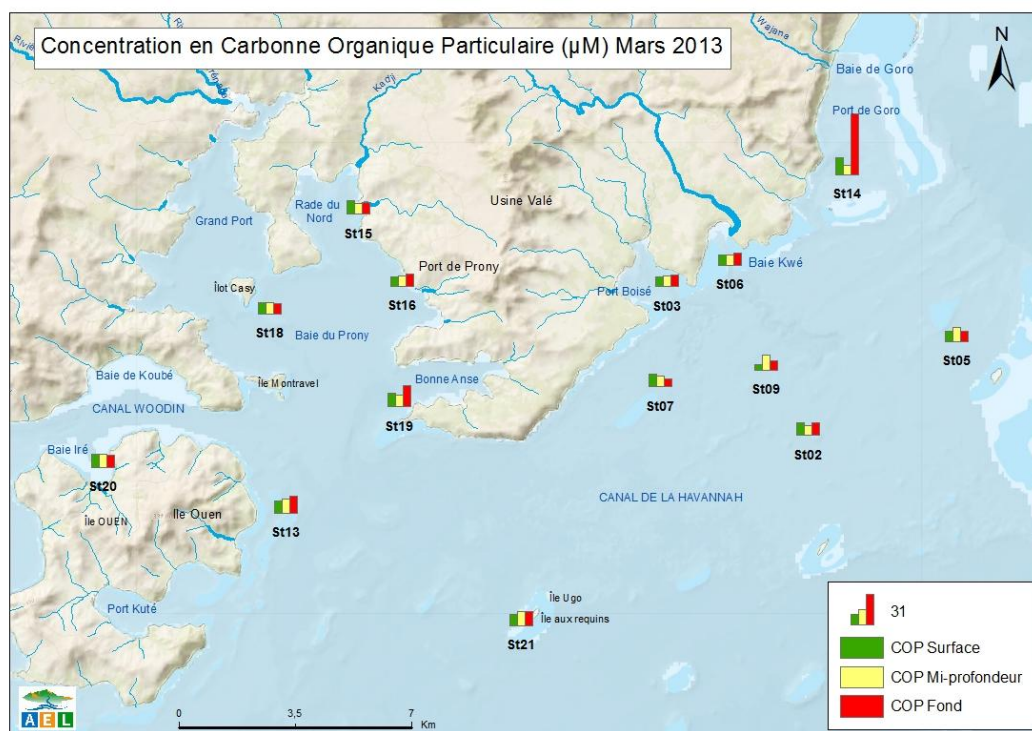


Figure 21 : Concentration de carbone organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 8 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, carbone et phosphore) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		NOD ( $\mu\text{M}$ )	POD ( $\mu\text{M}$ )	NOP ( $\mu\text{M}$ )	POP ( $\mu\text{M}$ )	COP ( $\mu\text{M}$ )	N total ( $\mu\text{M}$ )	P total ( $\mu\text{M}$ )
Domaine entier	Min	0,96	0,13	0,54	0,05	6,15	2,08	0,21
	Max	4,72	0,33	1,33	0,12	61,85	6,23	0,39
	Moy	3,60 ± 0,57	0,19 ± 0,05	0,87 ± 0,18	0,08 ± 0,02	13,37 ± 8,11	4,64 ± 0,60	0,30 ± 0,04
Canal de la Havannah	Min	0,96	0,16	0,54	0,05	6,15	2,08	0,27
	Max	4,72	0,33	0,93	0,09	15,09	5,75	0,39
	Moy	3,58 ± 0,83	0,23 ± 0,05	0,74 ± 0,11	0,07 ± 0,01	11,69 ± 2,67	4,45 ± 0,77	0,33 ± 0,04
Baie du Prony	Min	2,98	0,13	0,82	0,06	9,83	3,90	0,21
	Max	4,05	0,24	1,25	0,11	21,41	5,41	0,37
	Moy	3,66 ± 0,32	0,17 ± 0,04	0,99 ± 0,12	0,09 ± 0,01	12,42 ± 3,10	4,74 ± 0,39	0,28 ± 0,05

**Ce qu'il faut retenir :**

Les concentrations de NOD et COP ne montrent pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude ainsi qu'au sein de la colonne d'eau. Les concentrations de NOP et POP mettent en évidence un léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations influencées par les apports terrigènes des creeks alors que les concentrations de POD sont légèrement plus faibles dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah. Les concentrations de matières organiques dissoute et particulaire mesurées lors de cette campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées en 2012 lors de la précédente campagne semestrielle « saison humide ».

## G. Pigments chlorophylliens

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

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments sont répertoriées dans les Figure 22 et Figure 23, le Tableau 9 et dans l'Annexe 5.

Les concentrations moyennes de chlorophylle *a* mesurées dans la Baie du Prony et dans le Canal de la Havannah sont relativement similaires (Tableau 9). Cependant, celles mesurées dans la Baie du Prony présentent toutes un gradient croissant avec la profondeur alors que celles du Canal de la Havannah sont relativement homogènes au sein de la colonne d'eau (Figure 22). En effet, les concentrations de fond des stations de la Baie du Prony sont environ deux fois plus élevées que celles mesurées en surface. Cette tendance est également observée aux stations de Port Boisé (St03) et de la Baie Kwé (St06).

Les concentrations de phéopigments mesurées dans la Baie du Prony sont plus faibles que celles mesurées dans le Canal de la Havannah (Tableau 9). Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière avec la profondeur (Figure 23). La concentration maximale a été mesurée à la station « Port de Goro » en profondeur, celle-ci s'élevant à 0,25 µg/L. Cette forte concentration peut être corrélée avec la celle de COP mesurée à la même station. La légère couche turbide présente à cette station semble avoir accentué l'activité phytoplanctonique dans cette zone, augmentant ainsi la concentration de phéopigments et de COP.

Ce gradient vertical des concentrations de pigments chlorophylliens n'a pas été observé lors de la précédente campagne « saison humide » de mars 2012 mais lors de la campagne « saison sèche » d'août 2012, aux mêmes stations. Cependant, les concentrations moyennes des pigments chlorophylliens mesurées dans la zone d'étude restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes « saison humide » (Annexe 9).

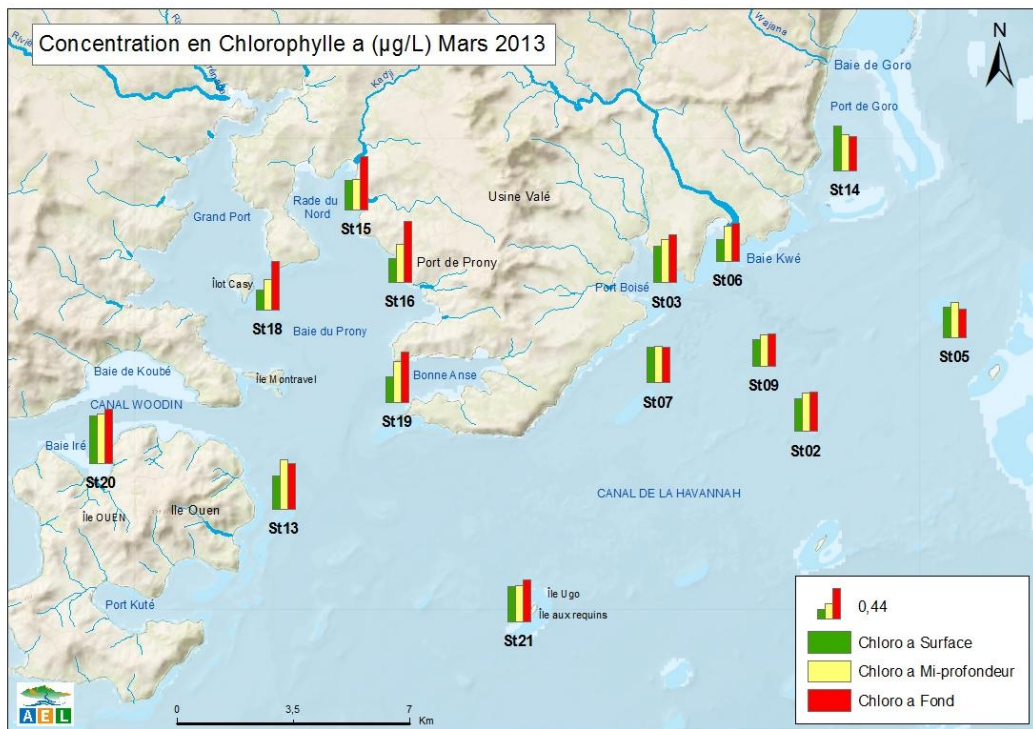


Figure 22 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

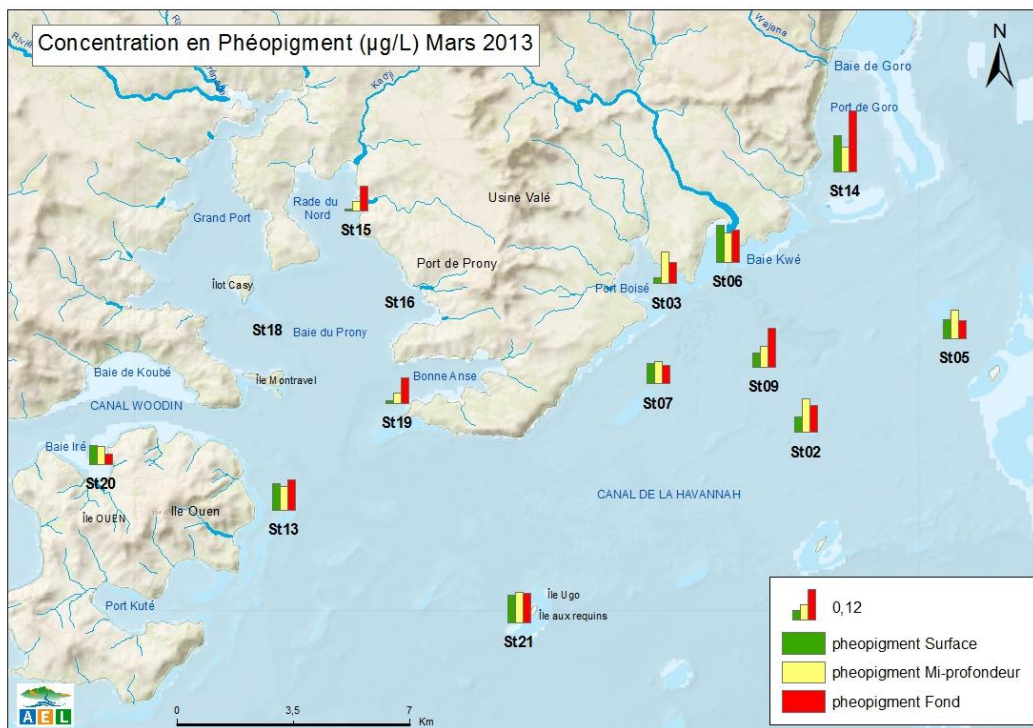


Figure 23 : Concentration de pheopigments dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

**Tableau 9 : Concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne  $\pm$  écart-type).**

		Chlorophylle <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	Phéopigments ( $\mu\text{g/L}$ )
Domaine entier	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,25
	Moy	0,54 $\pm$ 0,13	0,09 $\pm$ 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,39	0,06
	Max	0,60	0,16
	Moy	0,50 $\pm$ 0,06	0,10 $\pm$ 0,03
Baie du Prony	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,12
	Moy	0,55 $\pm$ 0,19	0,06 $\pm$ 0,04

#### Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de chlorophylle *a* présentent un gradient vertical au niveau des stations localisées proches des côtes, stations influencées par les apports en eaux douces des creeks avoisinants (St03, St06, St15, St16, St18 et St19) : les concentrations de profondeur sont plus élevées que celles mesurées en mi-profondeur et surface. Ce gradient est particulièrement mis en évidence en Baie du Prony où les concentrations peuvent être corrélées avec les profils de fluorescence et turbidité de ces mêmes stations, montrant la présence de néphéloïdes benthiques. Cette augmentation de pigments chlorophylliens provient probablement de la dégradation de débris végétaux en suspension dans les couches turbides.

## Métaux dissous dans la colonne d'eau

*Note : Les analyses de chrome total n'ont pas été réalisées en raison d'un problème d'appareillage. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et seront fournis dans le prochain rapport semestriel 2013.*

### 1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle de mars 2013 sont regroupés dans les Figure 24, Figure 25, Figure 26, Figure 27, Figure 28, Figure 29, dans le Tableau 10 et en Annexe 6.

Comme observé lors de la dernière campagne semestrielle d'août 2012, les concentrations d'arsenic (As) sont remarquablement homogènes au sein de la zone d'étude ainsi qu'entre les différents niveaux de profondeur échantillonnés (Figure 24). Les concentrations de mars 2013 ( $1,76 \pm 0,11 \mu\text{g/L}$ ) sont néanmoins légèrement plus élevées que celles mesurées en août 2012 ( $1,19 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$ ).

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

Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexavalent Cr(VI), manganèse (Mn) et nickel (Ni) se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini (Figure 25 ; Figure 26 ; Figure 27 et Figure 28). On différencie nettement les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eaux océaniques dont les concentrations moyennes sont beaucoup plus faibles que celles mesurées proches des côtes et influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St14, St15, St16, St18 et St19) (Tableau 10). Les concentrations de ces mêmes métaux mesurées au niveau des stations de l'île Ouen (St13 et St20) sont légèrement plus élevées que celles du Canal de la Havannah. Ces stations ont une influence intermédiaire entre terrigène et océanique.

Les stations localisées proches des côtes présentent également un gradient vertical avec des concentrations diminuant avec la profondeur. Les concentrations maximales de Co, Cr(VI), Mn et Ni ont été mesurées à la station St15, station la plus proche de l'embouchure des creeks de la Baie de Prony, et à la station St06, influencée par les apports de la Kwé. Par exemple, les concentrations de Ni mesurées en surface à ces 2 stations (St06 :  $0,73 \mu\text{g/L}$  ; St15 :  $0,58 \mu\text{g/L}$ ) sont 6 et 2 fois, respectivement, plus élevées que celles mesurées en profondeur (St06 :  $0,12 \mu\text{g/L}$  ; St15 :  $0,28 \mu\text{g/L}$ ).

Les concentrations de fer (Fe) semblent montrer un très léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations proches des côtes (St06, St14, St15 et St18) (Figure 29). Celles-ci ne présentent pas de gradient vertical à l'exception de 3 stations de la Baie du Prony (St15, St16 et St18) où les concentrations augmentent avec la profondeur.

Contrairement aux années précédentes, les concentrations de cuivre (Cu) présentent une distribution côte-large et un gradient vertical relativement identiques à ceux observés au niveau des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn et Ni (Figure 30). Les concentrations mesurées en Baie du Prony ainsi qu'en Baie Kwé sont plus élevées que celles mesurées au niveau des autres stations. Les concentrations maximales ont été mesurées dans la Baie du Prony dans les eaux de surface des stations St18 ( $0,075 \mu\text{g/L}$ ) et St15 ( $0,070 \mu\text{g/L}$ ).

Les concentrations de Zn sont distribuées de façon hétérogène au sein de la zone d'étude et ne présentent pas de gradient vertical (Figure 31). Les concentrations maximales ont été observées en mi-profondeur à la station St20 (Baie d'Iré :  $0,87 \mu\text{g/L}$ ).

Globalement, les concentrations de métaux dissous mesurées lors de cette campagne ne diffèrent pas de manière significative par rapport aux concentrations moyennes obtenues lors des précédentes campagnes « saison humide » (2007 à 2013) à l'exception du Cu dont la concentration varie à travers les années (Annexe 10). Ces dernières Cu présentent une diminution en 2013, comparées aux concentrations mesurées lors des précédentes années. Dans la zone d'étude, les concentrations moyennes de Cr(VI) et Ni sont relativement similaires entre 2012 et 2013 alors que les concentrations de Co, Fe, Mn et Zn diminuent très légèrement.

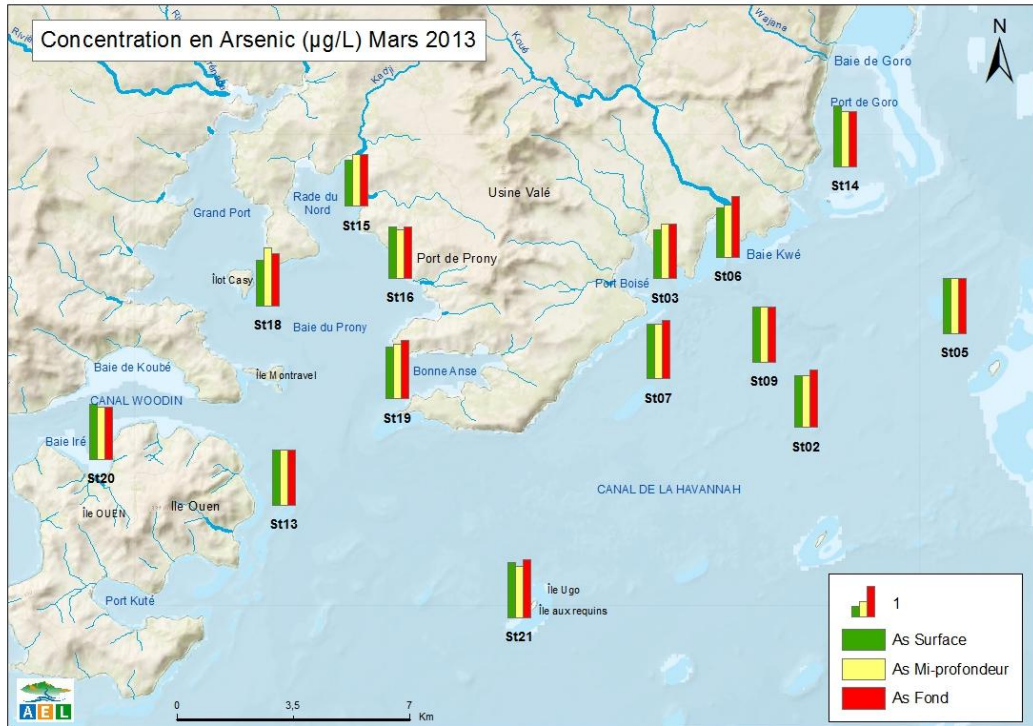


Figure 24 : Concentration d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

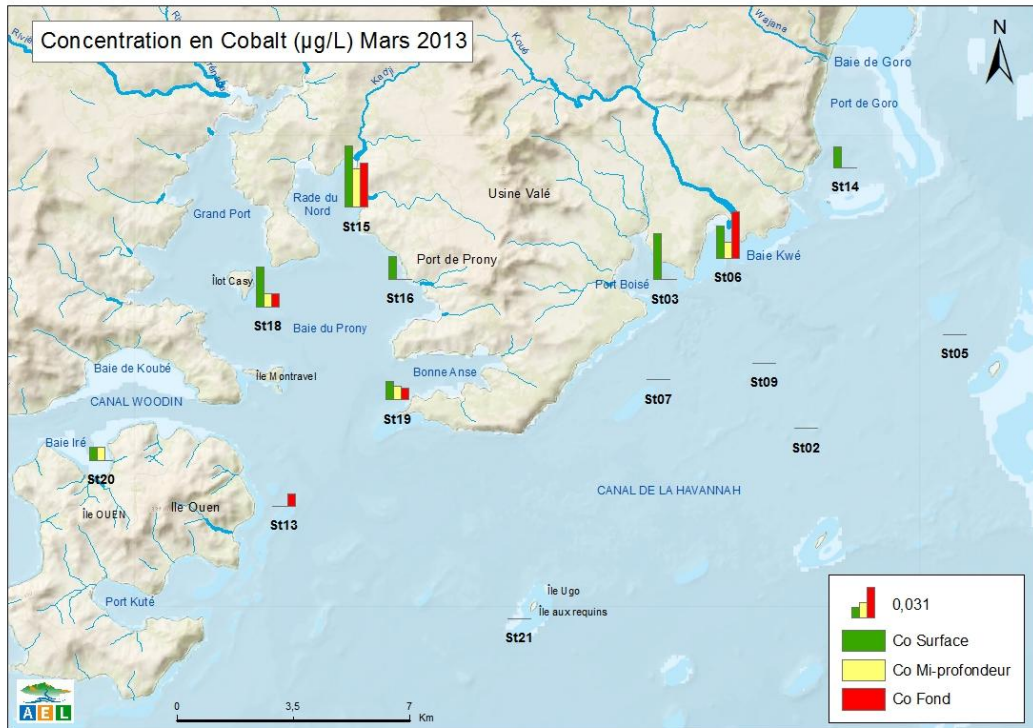


Figure 25 : Concentration de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

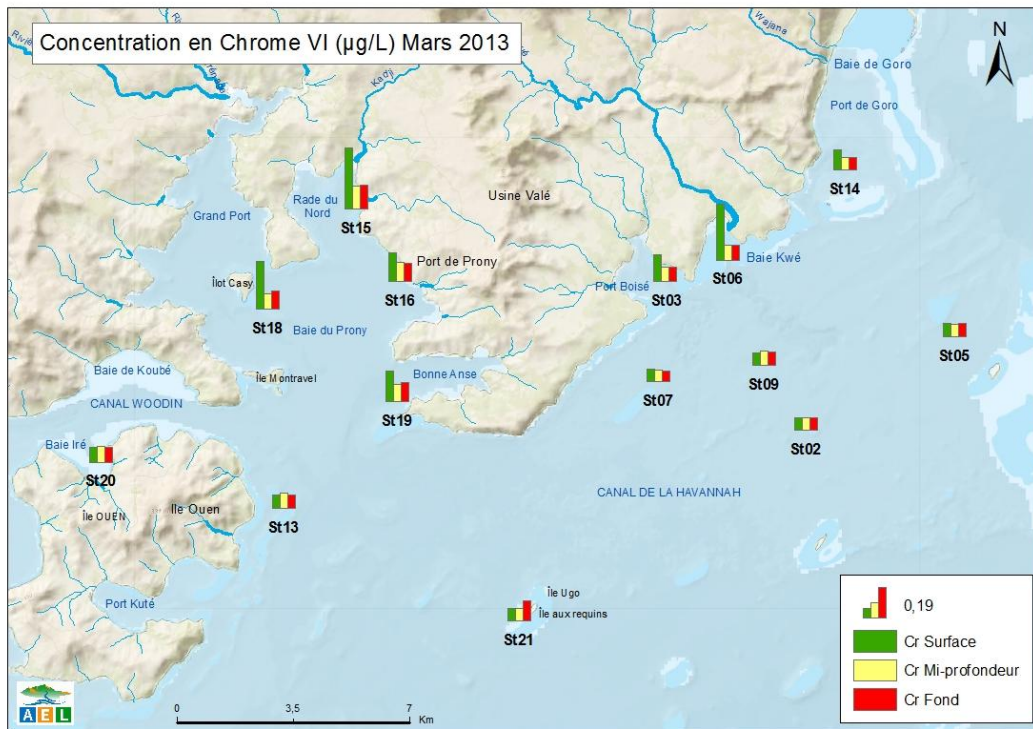


Figure 26: Concentration de chrome(VI) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

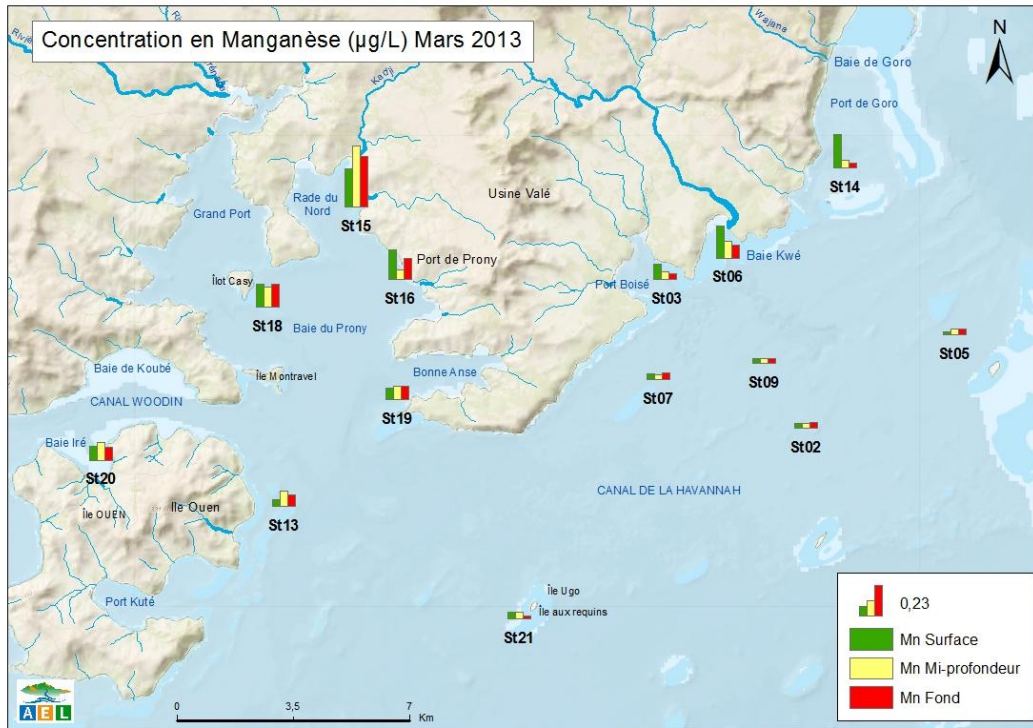


Figure 27 : Concentration de manganèse dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

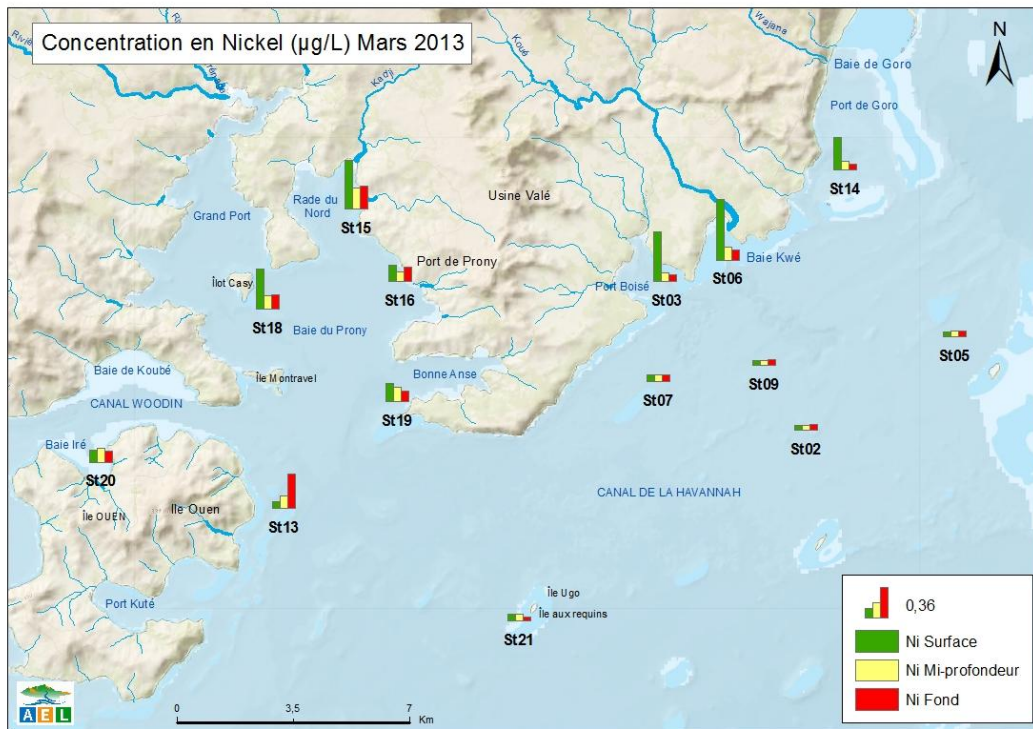


Figure 26 : Concentration de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.



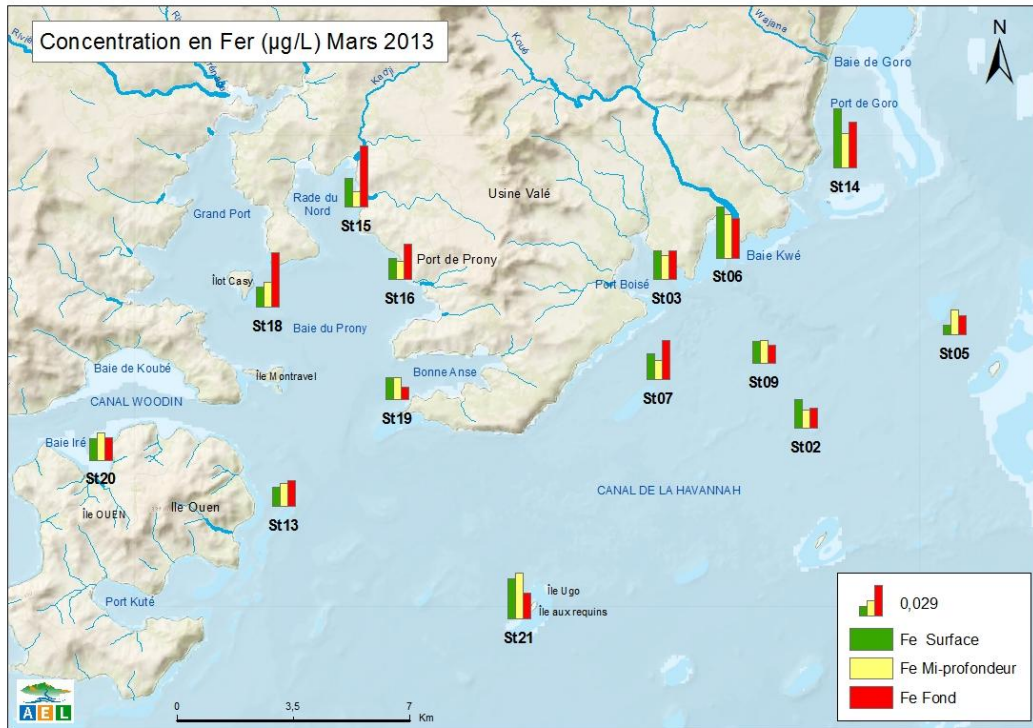


Figure 27 : Concentration de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

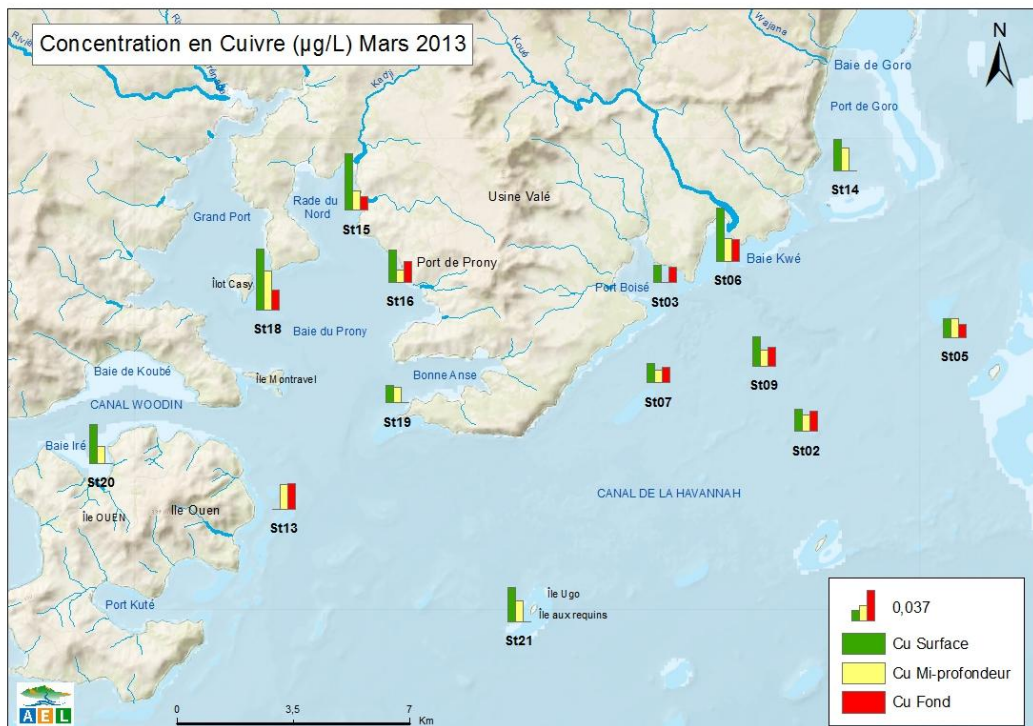


Figure 28 : Concentration de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

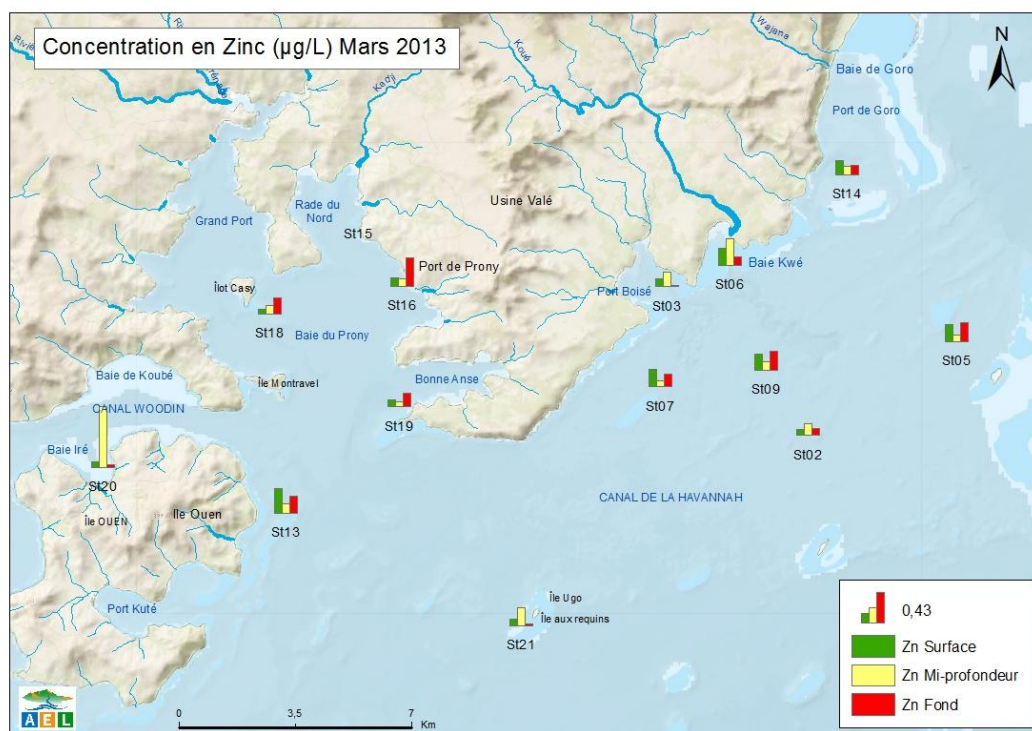


Figure 29 : Concentration de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 10 : Concentrations des métaux dissous mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Domaine entier	Min	1,50	<LQ	0,067	<LQ	0,009	0,021	0,041	0,022
	Max	2,00	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,726	0,867
	Moy	1,76 ± 0,11	0,027 ± 0,016	0,118 ± 0,070	0,030 ± 0,015	0,027 ± 0,012	0,109 ± 0,097	0,174 ± 0,162	0,181 ± 0,145
Canal de la Havannah	Min	1,70	<LQ	0,067	0,015	0,009	0,021	0,041	0,033
	Max	1,90	<LQ	0,123	0,043	0,044	0,052	0,085	0,267
	Moy	1,80 ± 0,07		0,082 ± 0,013	0,024 ± 0,007	0,024 ± 0,009	0,039 ± 0,009	0,067 ± 0,013	0,164 ± 0,083
Baie du Prony	Min	1,5	0,012	0,095	0,015	0,012	0,072	0,109	0,063
	Max	1,9	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,578	0,404
	Moy	1,70 ± 0,13	0,028 ± 0,017	0,167 ± 0,087	0,034 ± 0,021	0,027 ± 0,014	0,197 ± 0,123	0,241 ± 0,143	0,153 ± 0,101

## 2. Campagne trimestrielle : Mai 2013

Les résultats d'analyse des métaux dissous déterminés aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony lors des campagnes semestrielle de mars 2013 et trimestrielle de mai 2013 sont regroupés dans les Figure 30, Figure 31, Figure 32, Figure 33, Figure 34, Figure 35, Figure 36 et dans le Tableau 11.

**Note :** Un problème technique est survenu lors de l'analyse des métaux dissous (Co, Cu, Mn, Ni et Zn) à la station St15-S de la campagne de mai 2013. Ces résultats ne sont donc pas disponibles.

Globalement, les concentrations des métaux dissous Cu, Co, Mn et Ni des stations St15 et St16 sont toutes plus élevées en mai 2013 qu'en mars 2013.

Les concentrations d'As ne diffèrent pas entre les stations St15 et St16 ni au sein d'une même station et restent relativement stables entre les deux campagnes (Figure 32).

Les concentrations de Cu mesurées aux stations St15 et St16 lors de la campagne de mars 2013 sont légèrement plus élevées en surface qu'en profondeur (Figure 33). Cette distribution verticale n'est pas observée lors de la campagne de mai 2013. En effet, à la station St16, la concentration de Cu est nettement plus élevée en mi-profondeur (0,35 µg/L) qu'en surface (0,06 µg/L) et fond (0,04 µg/L). Cette différence est difficilement interprétable ; cette forte concentration de Cu pourrait éventuellement provenir des coques de bateaux présents dans le wharf de Prony.

Les concentrations de Co, Mn et Ni varient de façon relativement similaire (Figure 34 ; Figure 35 et Figure 36). A la station St15, les concentrations mesurées en mars 2013 sont plus élevées dans les eaux de surface pour le Co et Ni, les concentrations de Mn ne montrent pas de gradient vertical. En mai 2013, les concentrations de Co et Mn sont plus élevées en profondeur qu'en mi-profondeur, celles de Ni sont relativement similaires. A la station St16, les concentrations de ces mêmes métaux dissous ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur en mars 2013 alors que celles-ci diminuent avec la profondeur lors de la campagne de mai 2013. En effet, celles-ci ont été divisées par 5, 7 et 2 entre la surface et le fond pour les métaux Co, Mn et Ni, respectivement. Ces résultats sont étonnants au vu des faibles précipitations ayant eu lieu avant la campagne de mai 2013. D'autres phénomènes météorologiques doivent entrer en jeu tels que le vent ou la marée.

A l'inverse, les concentrations de Cr(VI) mesurées à la station St15 sont toutes plus élevées en mars 2013 et les concentrations de Cr(VI) mesurées aux 2 stations lors des 2 campagnes montrent la même distribution verticale (Figure 37). Celles-ci sont plus élevées en surface qu'en mi-profondeur et fond. Cette variation est plus prononcée à la station St15 qu'à la station St16. En effet, la station St15 est plus proche de l'embouchure des creeks de la Baie du Prony que la station St16 et donc plus influencée par les apports terrigènes.

Les concentrations de Zn sont plus élevées à la station St16 qu'à la station St15 (Figure 38). Cette différence peut être expliquée par la proximité de cette station avec le wharf de l'usine Vale-NC.

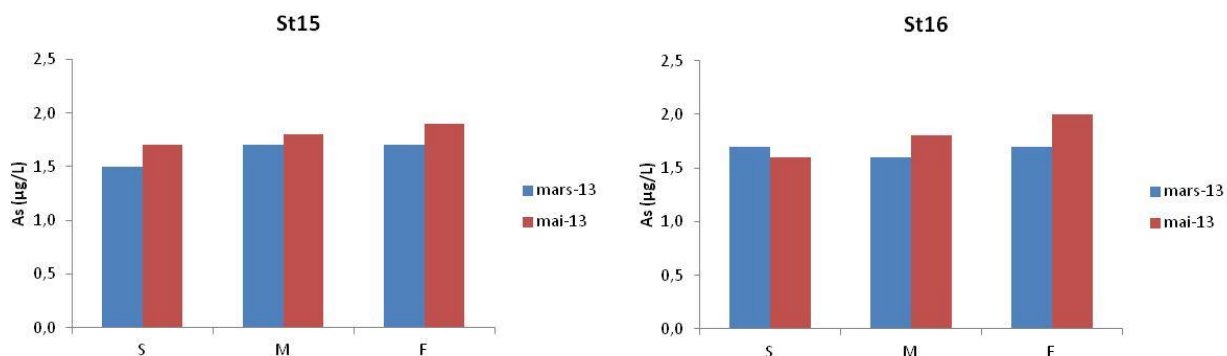


Figure 30 : Concentrations d'arsenic mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

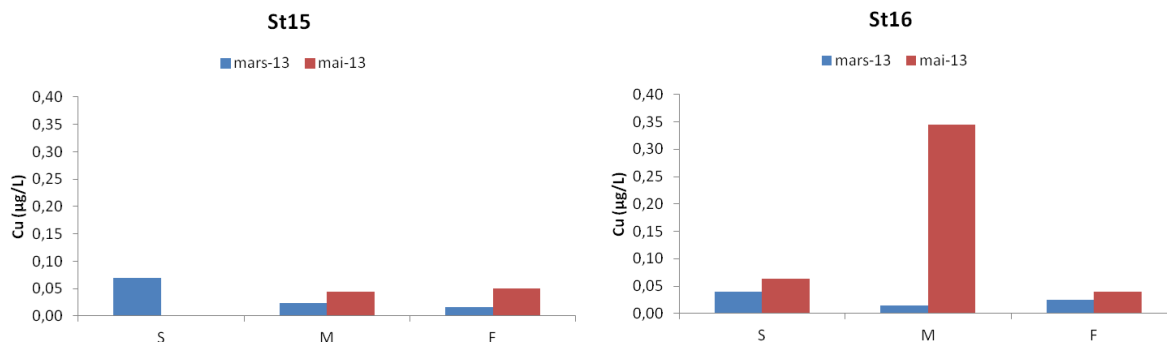


Figure 31 : Concentrations de cuivre mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

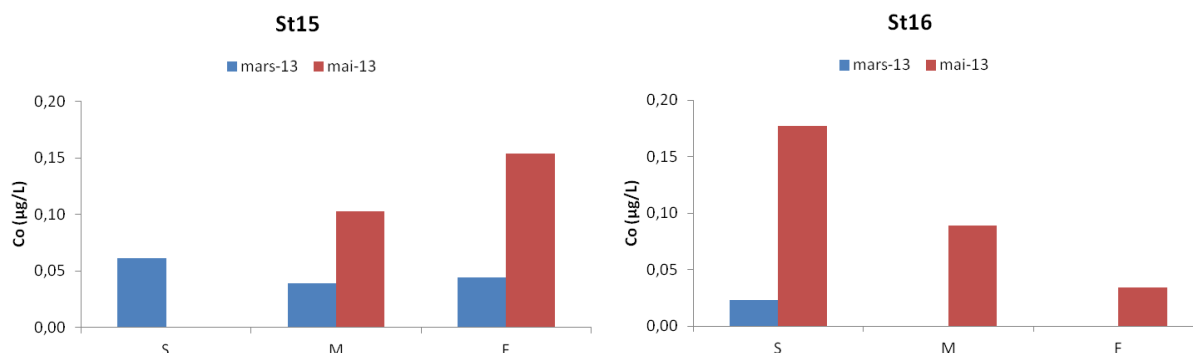


Figure 32 : Concentrations de cobalt mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

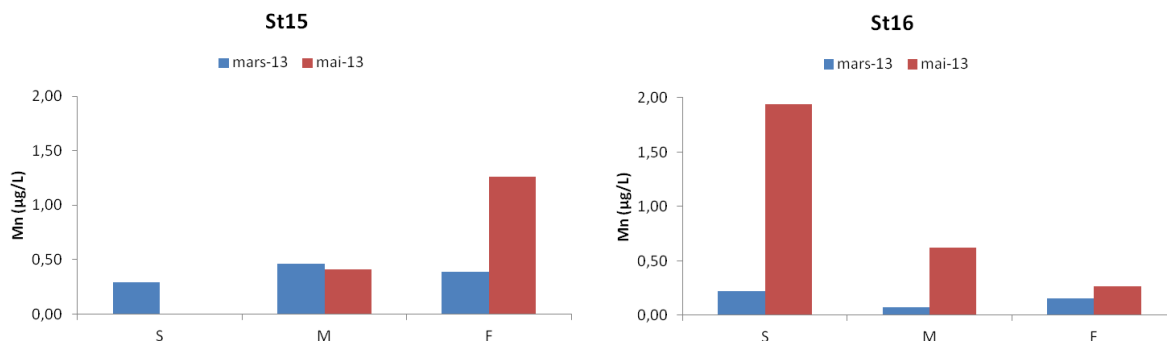


Figure 33 : Concentrations de manganèse mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

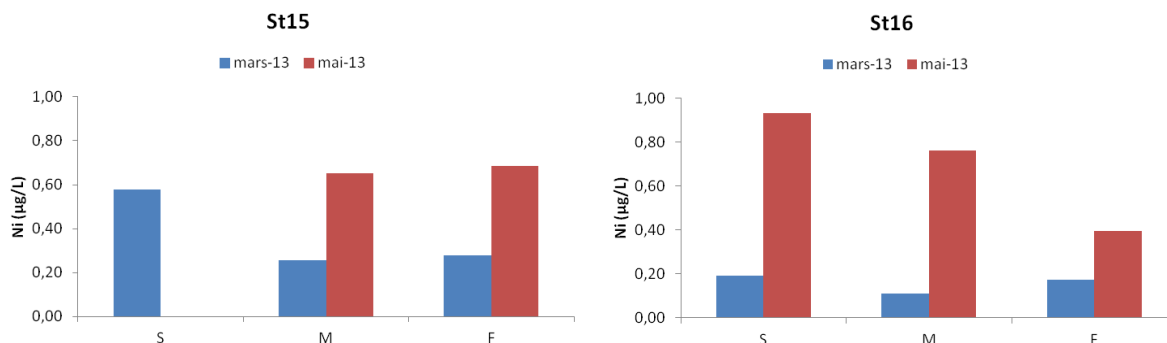


Figure 34 : Concentrations de nickel mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

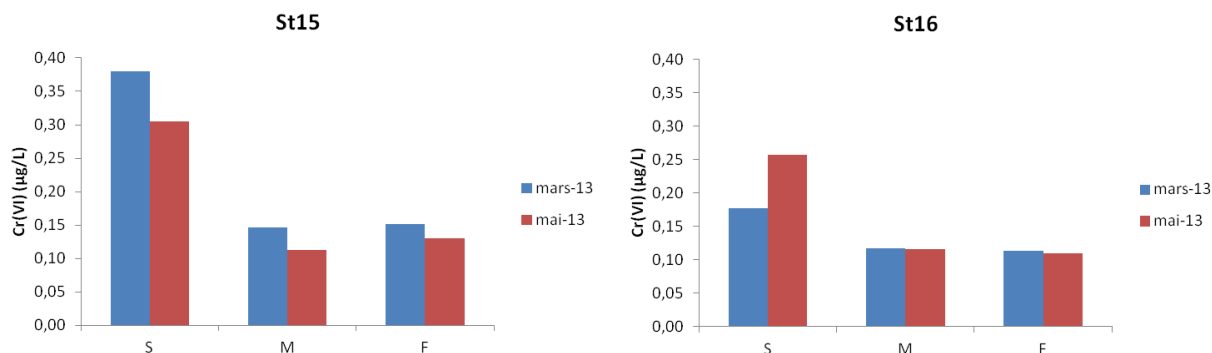


Figure 35 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

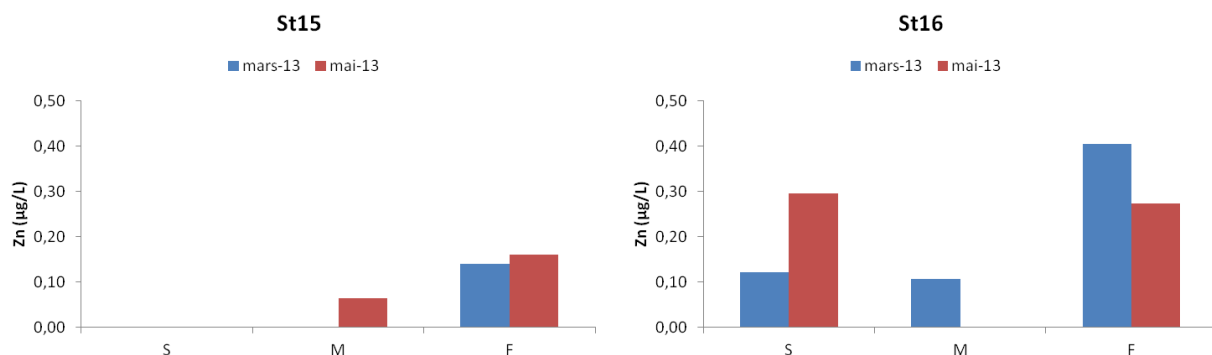


Figure 36 : Concentrations de zinc mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

Tableau 11 : Concentrations des métaux dissous mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars et mai 2013.

Campagne	Station	Niveau	As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Mars 2013	St15	S	1,5	0,061	0,38	0,07	0,29	0,58	<LQ
	St15	M	1,7	0,039	0,15	0,02	0,46	0,25	<LQ
	St15	F	1,7	0,044	0,15	0,02	0,39	0,28	0,14
	St16	S	1,7	0,023	0,18	0,04	0,22	0,19	0,12
	St16	M	1,6	<LQ	0,12	0,02	0,07	0,11	0,11
	St16	F	1,7	<LQ	0,11	0,03	0,16	0,17	0,40
Mai 2013	St15	S	1,7	ND	0,30	ND	ND	ND	ND
	St15	M	1,8	0,10	0,11	0,05	0,41	0,65	0,06
	St15	F	1,9	0,15	0,13	0,05	1,26	0,68	0,16
	St16	S	1,6	0,18	0,26	0,06	1,94	0,93	0,30
	St16	M	1,8	0,09	0,12	0,35	0,62	0,76	ND
	St16	F	2,0	0,03	0,11	0,04	0,27	0,40	0,27

<LQ : valeur inférieure à la limite de quantification ; ND : valeur non déterminée.

**Ce qu'il faut retenir :**

Les concentrations des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cu, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large bien défini et également un gradient vertical décroissant avec la profondeur. Celles-ci permettent de mettre en évidence les stations influencées par les apports terrigènes (concentrations plus élevées) des rivières et celles influencées par les masses d'eaux océaniques. Ce même gradient, moins prononcé, est également observé au niveau des concentrations de Fe. Les concentrations d'As sont très homogènes dans la zone d'étude alors que celles de Zn sont distribuées de façon hétérogène.

Les concentrations des métaux dissous mesurées en 2013, ne montrent pas d'évolution particulière, entre les différentes « saison humide », à l'exception des concentrations de Cu ayant diminuées entre 2012 et 2013.

## H. Hydrocarbures totaux (St15 et St16)

Lors de l'envoi des échantillons des stations St15 et St16 prélevés lors de la campagne semestrielle de mars 2013, les bouteilles se sont cassées. Ces bouteilles ayant été envoyées par l'OPT, les échantillons de la campagne trimestrielle de mai 2013 ont été envoyés par FEDEX pour un transfert plus sécurisé.

Les résultats d'analyse des hydrocarbures totaux des échantillons des stations St15 et St16 prélevés lors de la campagne trimestrielle sont tous inférieurs à la limite de quantification (<0,1 mg/L).

## VI. SYNTHÈSE

Cette synthèse regroupe les concentrations des sels nutritifs et des métaux dissous mesurées aux stations St05 (ilot Kié), St06 (Baie Kwé), St09 et St15 (Prony Creek Baie Nord) dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivi « **saison humide** » réalisées depuis mars 2007. Ces stations ont été sélectionnées car elles reflètent les deux différents types d'influences dénombrés dans la zone d'étude : influence terrigène des creeks de la Baie du Prony (St15) et de la Kwé (St06) et influence océanique du Canal de la Havannah (St05). La station St09, influencée par les apports océaniques du Canal de la Havannah, est la station la plus proche du diffuseur (influence industrielle).

Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ont une influence sur la physico-chimie des eaux et sur la concentration en métaux. Le cumul des précipitations avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes a été reporté dans la Figure 37 et comparé avec les évolutions des sels nutritifs et métaux dissous.

Entre 2007 et 2013, la campagne de mars 2012 a été la plus pluvieuse avec 56,6 mm de précipitation cumulée pendant les 3 jours de campagne alors que la moins pluvieuse a été la campagne de mars 2011 avec seulement 2,4 mm de précipitation. En 2010, le cumul maximum des précipitations 5 jours avant la campagne a été mesuré en mars 2010 (57,2 mm). En 2009, il y a eu très peu de précipitations avant (2,2 mm) et pendant la campagne (4,2 mm).

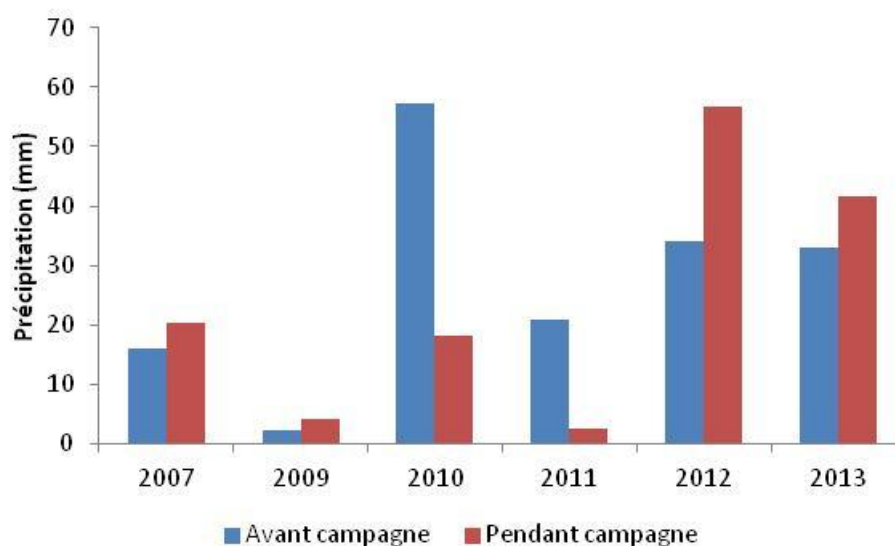


Figure 37 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison humide » de 2007 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ».

## A. Distribution verticale des concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15

Les concentrations de  $\text{NH}_4$  et de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  des 4 stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de « saison humide ». Ces valeurs sont regroupées dans les Figure 40 et Figure 41.

### STATION ST05 (ILOT KIE)

A la station St05, les concentrations en  $\text{NH}_4$  semblent en diminution depuis mars 2010 où la concentration maximale a été mesurée en surface ( $0,29 \mu\text{M}$ ). Les concentrations mesurées en mars 2013 sont environ 10 fois plus faibles que celles mesurées en mars 2010 (Figure 40). Les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  ne montrent pas de tendance particulière. Cependant, 3 d'entre elles se distinguent par leurs valeurs plus élevées que les autres ; la concentration de fond de mars 2009 s'élevant à  $0,78 \mu\text{M}$  et celles de fond et mi-profondeur de mars 2011 s'élevant à  $0,79$  et  $0,68 \mu\text{M}$ , respectivement. Les concentrations minimales de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  ont été mesurées lors des 2 dernières campagnes de 2012 et 2013 (Figure 41).

### STATION ST09 (CANAL DE LA HAVANNAH)

A la station St09, les concentrations en  $\text{NH}_4$  varient peu entre les campagnes (Figure 40). En 2009, les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  ont atteint un maximum à  $1,05 \mu\text{M}$ . Hormis cet épisode, celles-ci ne présentent pas d'évolution particulière entre les campagnes des saisons humides ; les concentrations ne dépassant pas  $0,35 \mu\text{M}$  (Figure 41).

### STATION ST06 (BAIE KWE)

A la station St06, les concentrations en  $\text{NH}_4$  ne montrent pas de tendance particulière entre les campagnes. On peut cependant remarquer deux concentrations légèrement plus élevées que les autres mesurées en mi-profondeur en 2010 ( $0,27 \mu\text{M}$ ) et au fond en 2012 ( $0,24 \mu\text{M}$ ) (Figure 40). Les concentrations en  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  sont relativement stables et ne dépassent pas  $0,70 \mu\text{M}$  entre les campagnes, entre 2007 et 2012. Celles-ci n'ont pas été quantifiées en surface et mi-profondeur en mars 2012 alors qu'une concentration élevée a été mesurée en mars 2013 en surface ( $1,39 \mu\text{M}$ ) ; celle-ci étant la concentration maximale de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  mesurée à cette station en saison humide depuis 2007 (Figure 41).

### STATION ST15 (CREEK DE LA RADE NORD)

A la station St15, deux concentrations de  $\text{NH}_4$  se démarquent par leurs valeurs plus élevées que les autres ; celles-ci ont été mesurées en profondeur lors des campagnes de 2010 ( $0,25 \mu\text{M}$ ) et 2011 ( $0,29 \mu\text{M}$ ). Les concentrations de  $\text{NH}_4$  mesurées en mars 2012 et 2013 sont relativement similaires (Figure 40). Les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  de cette station diffèrent entre les campagnes ; cette évolution ne semble pas être liée à la pluviométrie mesurée avant et pendant les campagnes. Une tendance à la diminution semble se dessiner (Figure 41).

Les concentrations de  $\text{NH}_4$  et de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  mesurées aux 4 stations ne présentent pas de distribution verticale apparente et ne semblent pas corrélées à la pluviométrie.



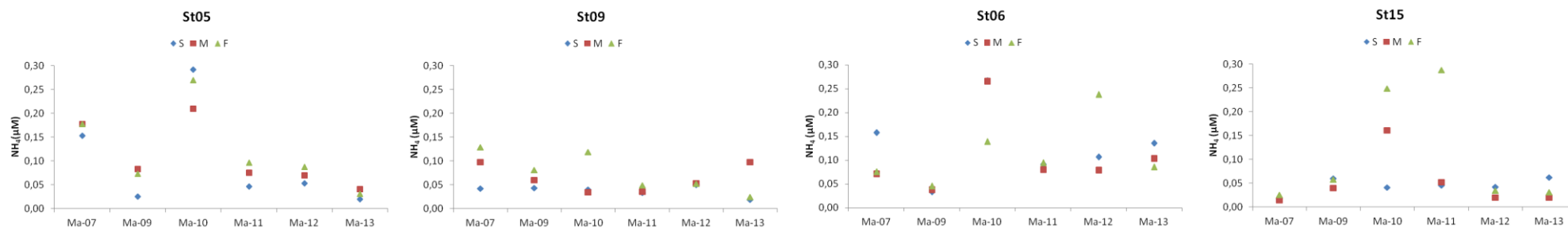


Figure 38 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

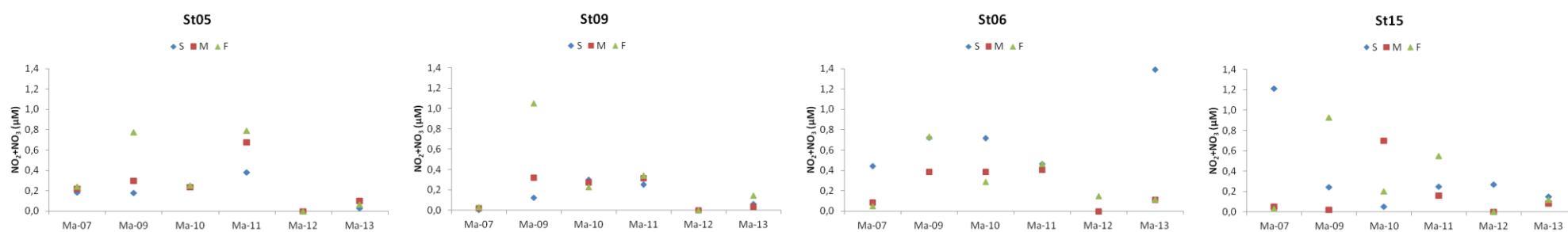


Figure 39 : Concentrations de nitrates+nitrites mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

## B. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15

Les concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni, métaux issus du cortège latéritique, des 4 stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de saison humide. Ces valeurs sont regroupées dans les Figure 42, Figure 43, Figure 44 et Figure 45.

### STATION St06 (BAIE KWE)

A la station St06, les concentrations en Co, Cr(VI), Mn et Ni montrent une certaine variabilité interannuelle, notamment au niveau des concentrations de surface ; deux valeurs de Ni exceptionnellement élevées ont été mesurées en 2009 (0,82 µg/L) et 2013 (0,73 µg/L). Les concentrations de Co, Mn et Ni sont majoritairement plus élevées en surface qu'en profondeur. La concentration de Cr(VI) maximale a été mesurée en surface en 2013 et s'élève à 0,35 µg/L (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Ces variations ne sont pas corrélées à la pluviométrie.

### STATION St15 (CREEK DE LA RADE NORD)

A la station St15, alors que les concentrations des métaux dans les eaux de mi-profondeur sont relativement stables, les concentrations en surface et au fond sont assez variables entre les campagnes (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Toutefois, les concentrations de Cr(VI) mesurées en profondeur sont quasiment similaires entre chaque campagne. En ce qui concerne les concentrations de Co, Mn et Ni dans les eaux de fond, celles-ci ne diffèrent pas ou très légèrement lors de toutes les campagnes, à l'exception de celle de mars 2011 présentant des concentrations plus élevées, particulièrement pour le Mn. En effet, pour ce dernier, la concentration de fond est multipliée par 4 et 12 par rapport aux valeurs de surface et de mi-profondeur, respectivement. En 2011, la présence d'un néphéloïde benthique bien développé sur les derniers mètres (2-3 NTU) (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445) explique l'augmentation de la concentration en particulier du manganèse mais aussi de deux autres métaux, Co et Ni. En surface, les concentrations de ces 4 métaux (Co, Cr(VI), Mn et Ni) sont généralement plus élevées que celles mesurées à mi-profondeur et fond. Les campagnes de 2010 et 2011 présentent des concentrations de surface plus élevées que celles mesurées lors des campagnes de 2007, 2009, 2012 et 2013. Entre les campagnes 2012 et 2013, les concentrations de surface de Cr(VI) et Ni ont légèrement augmenté alors que celle de Mn a diminué et celle de Co n'a pas varié.

### STATION St05 (ILOT KIE) ET STATION St09 (CANAL DE LA HAVANNAH)

Aux stations St05 et St09, la distribution temporelle des concentrations des métaux est très homogène d'une campagne à l'autre ainsi que dans toute la colonne d'eau (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Les concentrations mesurées à ces stations, d'influence océanique, sont plus faibles que celles mesurées aux stations St06 et St15 d'influence terrigène.

Les variations des concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni ne semblent pas corrélées à la pluviométrie.

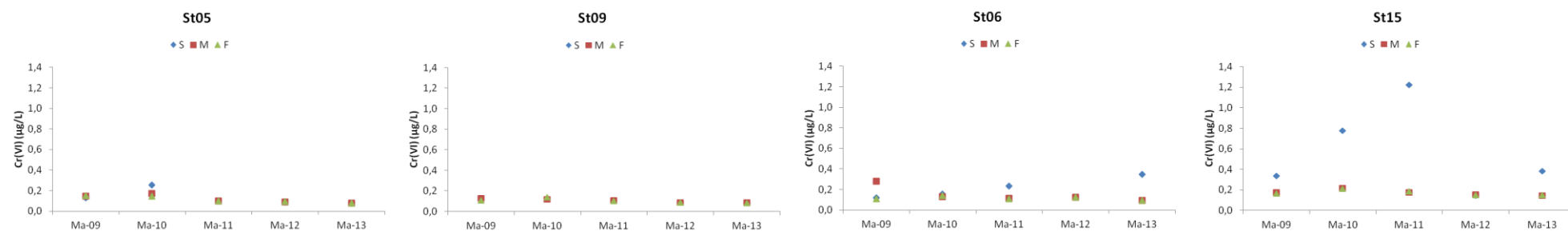


Figure 40 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

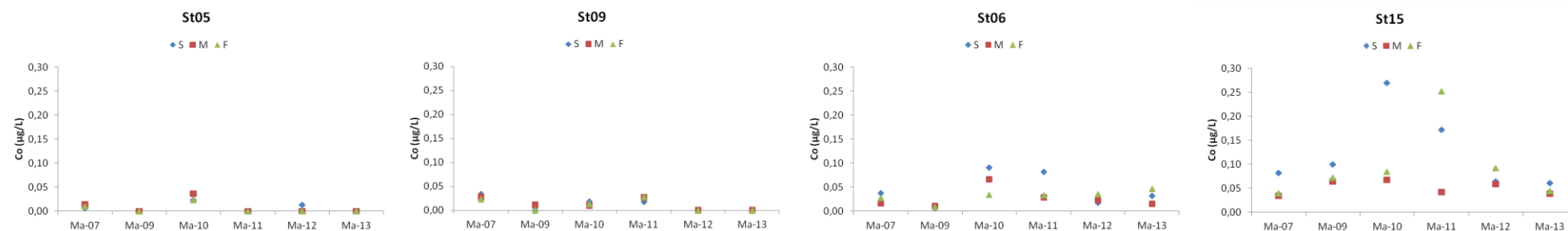


Figure 41 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

Suivi physico-chimique colonne d'eau – Campagne mars 2013

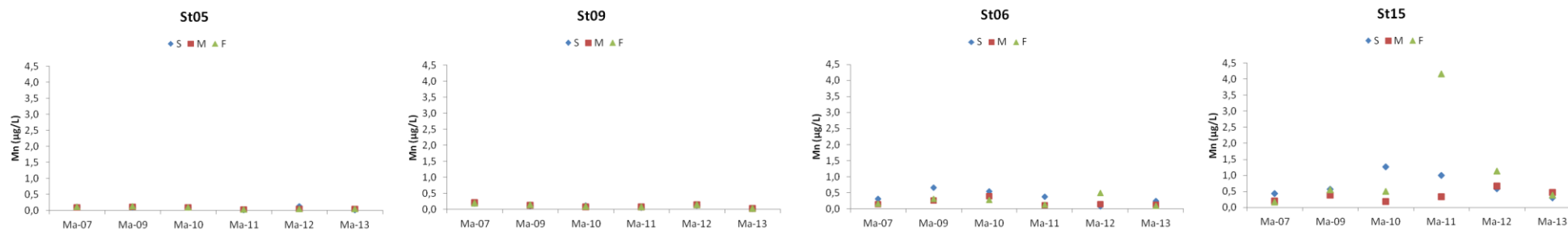


Figure 42 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

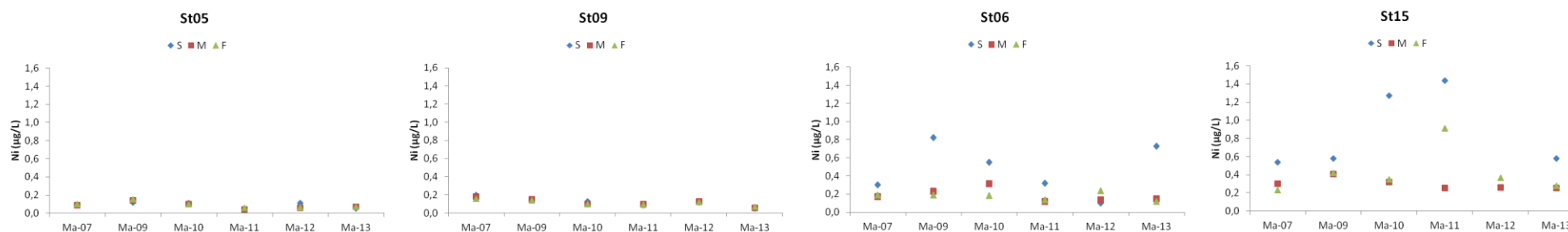


Figure 43 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

## VII. CONCLUSION

Les principales variations des paramètres physico-chimiques et des concentrations des métaux dissous observées en mars 2013 sont expliquées par le lessivage des sols des creeks adjacents. Ainsi, les concentrations des silicates, d'azote et phosphore particulaires et des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cu, Fe, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large plus ou moins bien défini selon les paramètres. Les concentrations de ces éléments sont plus élevées près des côtes et proviennent des apports terrigènes des rivières se déversant dans la Baie du Prony, la Baie Kwé et Port Boisé.

Les stations localisées directement à l'embouchure des rivières se déversant dans la Baie du Prony (St15) et la Baie Kwé (St06) sont les plus influencées par les apports terrigènes riches en sels nutritifs (silicates, nitrates et nitrites), matières organiques particulaires (NOP et POP) et métaux dissous (Cr(VI), Cu, Co, Fe, Mn et Ni). Lors de cette campagne, les concentrations de nitrates+nitrites, de silicates et de Cr(VI) mesurées en surface à la station St06 sont les concentrations maximales mesurées à cette station depuis 2007.

Hormis quelques variations (ex : Cu), les concentrations moyennes globales mesurées lors de cette campagne « saison humide » 2013 restent conformes à celles mesurées depuis 2007.

## VIII. REFERENCES

- Aminot A, Kérouel R (2004). Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, 336 p.
- Atlas de Nouvelle-Calédonie et dépendances (1981). Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 53p.
- Fanning GO, Pilson MEQ (1973). On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters, *Analytical Chemistry*, 45: 136-140.
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007). Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention n 1312.
- Fernandez JM, Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Damien P (2010). Suivi environnemental 2009: Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous des eaux. Convention n C2284/E13517.
- Fichez R, Adjeroud M, Bozec YM, Breau L, Chancerelle Y, Chevillon C, Douillet P, Fernandez JM, Frouin P, Kulbicki M, Moreton B, Ouillon S, Payri C, Perez T, Sasal P, Th bault J (2005). A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems, *Aquatic Living Resources*, 18: 125-147.
- Holmes RM, Aminot A, Kérouel R, Bethanie A, Hooher A, Peterson BJ (1999). A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 56: 1801-1808.
- Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n C2445.
- Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Malet A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (août 2010). Convention n C2445.
- Le Grand H, Dolbecq M, Kerbrat AS, Moreton B, Goyaud A, Haddad L, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2011). Convention n C2445.
- Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Haddad L, Roupsard F, Douchin C, Dubuc A, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2011). Convention n C2445.
- Le Grand H, Roupsard F, Creuzil J, Moreton B, Kumar-Roin  S, Fernandez JM (2012). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2012). Convention n C2445.

Le Grand H, Moreton M, Hulliger M, Roupsard F, Kumar-Roiné S, Fernandez JM (2012). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2012). Convention n°C2445.

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

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

Murphy J, Riley JP, (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.

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

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

## IX. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie. ....	9
Figure 2 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle (jaune) de mars 2013. ....	11
Figure 3 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle de mai 2013 (14/05/13). ....	11
Figure 4 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	12
Figure 5 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne trimestrielle de mai 2013. ....	12
Figure 6 : Concentration des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (mars 2013). ....	16
Figure 7 : Concentrations de MES déterminées aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013 ; bleu) et trimestrielle (mai 2013 ; rouge). ....	17
Figure 8 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	20
Figure 9 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	21
Figure 10 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	22
Figure 11 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	23
Figure 12 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité des deux stations échantillonnées dans la Baie du Prony (St15 et St16) lors de la campagne trimestrielle de mai 2013. ....	24
Figure 13 : Concentration de nitrates et nitrites dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	26
Figure 14 : Concentration d'ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	27
Figure 15 : Concentration de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	28



Figure 16 : Concentration de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	29
Figure 17 : Concentration d'azote organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	30
Figure 18 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	31
Figure 19 : Concentration d'azote organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	32
Figure 20 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	32
Figure 21 : Concentration de carbone organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	33
Figure 22 : Concentration de chlorophylle <i>a</i> dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	35
Figure 23 : Concentration de phéopigments dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	35
Figure 24 : Concentration d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	38
Figure 25 : Concentration de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	39
Figure 28 : Concentration de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	40
Figure 29 : Concentration de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	41
Figure 30 : Concentration de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	41
Figure 31 : Concentration de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. ....	42
Figure 32 : Concentrations d'arsenic mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). ....	43
Figure 33 : Concentrations de cuivre mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). ....	44
Figure 34 : Concentrations de cobalt mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). ....	44
Figure 35 : Concentrations de manganèse mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). ....	44

Figure 36 : Concentrations de nickel mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). .....	44
Figure 37 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). .....	45
Figure 38 : Concentrations de zinc mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). .....	45
Figure 39 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison humide » de 2007 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ». .....	47
Figure 40 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	49
Figure 41 : Concentrations de nitrates+nitrites mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	49
Figure 42 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	51
Figure 43 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	51
Figure 44 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	52
Figure 45 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). .....	52

## X. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste et location des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.....	10
Tableau 2 : Valeurs du pH et concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).....	14
Tableau 3 : Valeurs du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013). ....	15
Tableau 4 : Concentrations des carbonates à la station St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013). ....	15
Tableau 5 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type). ....	17
Tableau 6 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).....	18
Tableau 7 : Concentrations des sels nutritifs ( $\text{NO}_2+\text{NO}_3$ , $\text{NH}_4$ , $\text{PO}_4$ et $\text{SiO}_4$ ) enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).....	29
Tableau 8 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, carbone et phosphore) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type). ....	33
Tableau 9 : Concentrations de chlorophylle $a$ et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).....	36
Tableau 10 : Concentrations des métaux dissous mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).....	42
Tableau 11 : Concentrations des métaux dissous mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars et mai 2013. ....	45

## XI. ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie

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

Annexe 3 : Concentrations des sels nutritifs

Annexe 4 : Concentrations de la matière organique dissoute, particulaire et totale

Annexe 5 : Concentrations de la chlorophylle *a* et des phéopigments

Annexe 6 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

Annexe 7 : Compilation des concentrations de sels nutritifs des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 8 : Compilation des concentrations de matière organique dissoute et particulaire des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 9 : Compilation des concentrations de pigments chlorophylliens des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 10 : Compilation des concentrations de métaux dissous des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

## ANNEXE 1

### METHODOLOGIE

#### Structures des masses d'eau

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées a été obtenue grâce aux profils verticaux réalisés avec 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 de la sonde CTD et leurs spécifications sont les suivants (Tableau 1) :

- La pression, qui permet de calculer la profondeur ;
- La salinité, déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélogéométrie exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- La fluorescence *in-vivo*, exprimée en mg/m<sup>3</sup>, permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens (capteurs Wet labs).

Tableau 1 : Spécifications des paramètres de la sonde.

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

#### Eléments majeurs, MES et pH

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

- Les dosages des ions calcium (Ca<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) : après dilution, les concentrations ont été déterminées par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'émission optique couplée à une torche plasma, marque Varian, modèle 730 ES) ;
- les dosages des chlorures (Cl<sup>-</sup>) et des sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- la mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- l'évaluation de charge en MES (Matière en Suspension). Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et la pesée du filtre (Nucleopore® de 0,45 µm de porosité).

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

#### Sels nutritifs

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

- Verre borosilicaté avec addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 6 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium (NH<sub>4</sub>). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;

- PEHD et stockage en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL. Les échantillons destinés aux dosages de nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) et de phosphates ( $\text{PO}_4$ ) sont traités au chlorure de mercure dès retour à la terre et conservés à la température ambiante jusqu'à l'analyse. Les échantillons destinés aux dosages de l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD) sont congelés à  $-20^\circ\text{C}$ . Chaque niveau de profondeur échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD ambrés et sont filtré sur des filtres Whatman® GF/F (porosité  $0,7 \mu\text{m}$ ) le jour même du prélèvement. La conservation de ces filtres a été assurée par congélation à  $-20^\circ\text{C}$  jusqu'à dosage ultérieur au laboratoire de AEL. Ces dosages concernent l'azote organique particulaire et le phosphore organique particulaire.

#### Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate ( $\text{NO}_3$ ) est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour le dosage des nitrates est celle fondée sur le dosage des ions nitrites ( $\text{NO}_2$ ) obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) par photométrie (Oudot & Montel, 1988), le dosage des ions nitrites est obtenu directement. Cependant, les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces restent très faibles. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre  $0,025$  et  $1 \mu\text{M}$  avec des limites de quantification d'environ  $0,02 \mu\text{M}$ .

#### 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  $3 \mu\text{M}$ , la limite de quantification de la méthode est de  $1,5 \text{ nM}$ .

#### Phosphates

Le dosage des orthophosphates ( $\text{PO}_4$ ) a été effectué selon la méthode de Murphy & Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide ( $\text{pH} < 1$ ) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre  $0,025$  et  $0,75 \mu\text{M}$  avec des limites de quantification d'environ  $0,01 \mu\text{M}$ .

#### Silicates

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

### Matière organique

#### Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation et les composés inorganiques produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. Pour l'azote organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieur à  $40 \mu\text{M}$  et la limite de détection est de  $0,130 \mu\text{M}$ . Pour le phosphore

organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieure à 7 µM et la limite de quantification est de 0,010 µM. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III.

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

#### Azote et phosphore organiques particulaires

La charge organique particulaire est déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord du « Slavco » puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité 0,7 µm). Leur conservation est effectuée par congélation à -20°C jusqu'à l'analyse.

Le dosage de la matière organique particulaire ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation et les composés inorganiques qui sont produits peuvent alors être dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. La méthode d'oxydation par voie humide utilisée (Raimbault et al., 1990) est simple et rapide à mettre en œuvre. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 1 et 40 µM avec des limites de quantification de 0,13 µM pour l'azote organique particulaire et entre 0,75 et 7 µM avec des limites de quantification de 0,010 µM pour le phosphore organique particulaire.

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

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

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

Soit :

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

#### Carbone organique particulaire

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN 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. Cette analyse a été effectuée par le laboratoire des moyens analytiques de l'IRD de Dakar.

#### Pigments chlorophylliens

La concentration de pigments chlorophylliens est déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord du « Slavco » puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité 0,7 µm). Leur conservation est effectuée par congélation à -20°C jusqu'à l'analyse.

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

communautés de producteurs primaires. La limite de quantification pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de 10 ng/L.

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

#### Conditionnement et analyse

Pour chacune des 14 stations de la campagne semestrielle (« saison humide »), les trois profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en triple :

- Les 42 échantillons du premier lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont destinés aux analyses des éléments Cr(total)/Cr(VI) effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire de AEL ;
- Les 42 échantillons du deuxième lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons ont été envoyés au laboratoire ALS (Australie) pour l'analyse des éléments dissous As, Cd et Pb par ICP-MS ;
- Les 42 échantillons du troisième lot ont été directement filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer<sup>®</sup>) 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). L'analyse des éléments dissous Co, Fe, Mn, Ni et Zn a ensuite été effectuée par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista).

Les limites de quantification des métaux dissous sont regroupées dans le Tableau 2.

**Tableau 2 :** Limite de quantification des métaux dissous.

Élément	LQ (µg/L)
As	0,500
Cd	0,200
Co	0,012
Cr(VI)	0,030
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012
Pb	0,200
Zn	0,015

#### Validation de la méthode de percolation et de l'analyse des métaux dissous (Co, Fe, Mn, Ni et Zn)

Un échantillon certifié pour le dosage des éléments traces (TMDA-61) délivrés par la société *Environment Canada* a été intercalé dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations (Tableau 3).

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié d'eau de mer : CASS-5 (Tableau 4).



**Tableau 3** : Résultats d'analyse de l'échantillon certifié TMDA-61.

Elément	TMDA-61 (µg/L)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	72,0 ± 0,7	62,9 ± 5,8
Cu	73,1 ± 0,3	69,2 ± 7,4
Fe	87,5 ± 0,8	81,1 ± 10,1
Mn	82,2 ± 0,5	74,8 ± 7,3
Ni	68,2 ± 1,0	58,7 ± 6,4
Zn	87,1 ± 7,0	71,3 ± 8,7

**Tableau 4** : Résultats d'analyses de l'échantillon de référence CASS-5 (09/10/12).

CASS-5 (n=3)	Co (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Conc. obtenue	<b>0,104</b>	<b>1,07</b>	<b>2,48</b>	<b>0,279</b>	<b>0,772</b>
Ecart-type +/-	<b>0,006</b>	<b>0,13</b>	<b>0,25</b>	<b>0,006</b>	<b>0,167</b>
Conc. Certifié	0,095	1,44	2,62	0,330	0,719
Ecart-type +/-		0,11	0,2	0,023	0,068

## ANNEXE 2

**CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS, DU pH ET DE LA CHARGE EN MES**

Concentrations des éléments majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ ), du pH et de la MES des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m.

Station	Niveau	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	$\text{K}^+$ (mg/L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Na}^+$ (mg/L)	$\text{Cl}^-$ (mg/L)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	pH	MES (mg/L)
St02	S	511	395	1504	15442	18862	2405	8,23	0,82
St02	M	514	398	1516	15156	18693	2328	8,23	0,56
St02	F	499	388	1470	15346	18419	2328	8,19	0,75
St03	S	525	412	1561	14733	18401	2338	8,26	0,36
St03	M	509	393	1500	15167	19022	2429	8,26	0,48
St03	F	522	405	1543	14961	18712	2372	8,26	0,43
St05	S	504	391	1486	15335	19162	2440	8,25	0,93
St05	M	506	392	1496	15538	17780	2259	8,25	0,57
St05	F	510	396	1506	15018	16680	2025	8,25	0,89
St06	S	492	379	1449	14449	17606	2136	8,21	0,71
St06	M	528	411	1575	15303	17829	2127	8,20	0,66
St06	F	522	404	1556	14864	17856	2129	8,17	0,94
St07	S	512	397	1521	15273	17975	2338	8,27	0,55
St07	M	511	402	1541	15408	17950	2288	8,27	0,59
St07	F	522	417	1596	15078	17958	2299	8,27	0,62
St09	S	531	416	1598	15078	18130	2328	8,26	1,43
St09	M	534	419	1600	15057	17840	2157	8,27	0,56
St09	F	521	411	1577	14921	18127	2217	8,27	0,35
St13	S	529	412	1583	15013	17892	2160	8,20	0,84
St13	M	531	427	1631	14791	19365	2413	8,23	1,26
St13	F	517	407	1550	15046	18392	2401	8,23	1,10
St14	S	505	393	1498	14564	19077	2484	8,23	2,18
St14	M	529	412	1582	14654	18960	2524	8,24	1,04
St14	F	517	402	1538	14685	18125	2339	8,26	1,20
St15	S	498	384	1479	14339	17943	2264	8,23	1,05
St15	M	524	414	1594	14772	18109	2205	8,22	0,73
St15	F	517	411	1583	14931	18104	2077	8,21	1,02
St16	S	521	413	1577	15041	18055	2122	8,23	2,31
St16	M	528	424	1620	15114	17795	2087	8,24	0,75
St16	F	525	411	1572	14825	17283	1896	8,24	0,45
St18	S	510	393	1523	14425	17258	1946	8,24	0,39
St18	M	512	400	1531	14901	17433	2131	8,24	0,76
St18	F	527	410	1581	14763	17391	2031	8,23	0,57
St19	S	528	415	1594	14807	17483	2071	8,24	1,08
St19	M	514	398	1534	14874	17505	2042	8,25	0,76
St19	F	519	405	1553	14674	17868	2145	8,24	6,59
St20	S	511	397	1523	14841	17579	1987	8,23	3,65
St20	M	530	415	1594	14937	17681	2043	8,23	2,46
St20	F	525	408	1577	14842	17500	2001	8,25	0,82
St21	S	535	448	1716	14773	13143	1305	8,26	0,92
St21	M	503	394	1513	14955	13322	1411	8,27	1,05
St21	F	464	351	1358	13595	17334	1948	8,27	1,16

## ANNEXE 3

## CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS

Concentrations moyennes (n=3) des sels nutritifs ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SiO}_4$ ) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	$\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{NH}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	Si ( $\mu\text{M}$ )
St02	S	0,045 ± 0,001	0,043 ± 0,019	0,040 ± 0,001	0,92 ± 0,07
St02	M	0,052 (n=1)	0,026 ± 0,014	0,045 ± 0,008	0,80 ± 0,01
St02	F	0,080 ± 0,003	0,029 ± 0,011	0,035 ± 0,001	0,91 ± 0,13
St03	S	0,033 ± 0,029	0,022 ± 0,004	0,023 ± 0,001	4,96 ± 0,03
St03	M	0,027 (n=1)	0,084 ± 0,041	0,022 ± 0,003	1,56 ± 0,06
St03	F	0,041 (n=1)	0,074 ± 0,014	0,015 ± 0,004	1,40 ± 0,12
St05	S	0,055 (n=1)	0,020 ± 0,001	0,051 ± 0,008	0,81 ± 0,08
St05	M	0,103 ± 0,021	0,040 ± 0,012	0,046 (n=1)	0,83 ± 0,06
St05	F	0,069 ± 0,008	0,031 ± 0,005	0,046 ± 0,013	0,74 ± 0,02
St06	S	1,393 ± 0,036	0,135 ± 0,013	0,012 ± 0,005	12,34 ± 0,23
St06	M	0,111 ± 0,013	0,103 ± 0,006	0,035 ± 0,005	1,26 ± 0,08
St06	F	0,118 ± 0,018	0,086 ± 0,004	0,038 ± 0,002	1,14 ± 0,06
St07	S	0,033 ± 0,023	0,135 ± 0,055	<LQ	1,10 ± 0,12
St07	M	0,025 ± 0,022	0,036 ± 0,006	0,012 ± 0,006	1,11 ± 0,18
St07	F	<LQ	0,049 ± 0,010	0,017 ± 0,006	1,07 ± 0,16
St09	S	0,060 ± 0,012	0,019 ± 0,005	<LQ	1,06 ± 0,28
St09	M	0,034 ± 0,021	0,097 ± 0,121	0,017 ± 0,010	0,81 ± 0,03
St09	F	0,142 (n=1)	0,024 ± 0,005	0,022 ±	0,87 ± 0,04
St13	S	0,065 ± 0,024	0,157 ± 0,020	0,031 ± 0,002	1,21 ± 0,07
St13	M	0,154 ± 0,028	0,223 ± 0,126	0,023 ± 0,008	1,40 ± 0,06
St13	F	0,465 ± 0,008	0,246 ± 0,072	0,038 ± 0,006	1,39 ± 0,06
St14	S	0,053 ± 0,027	0,044 ± 0,023	0,030 ± 0,008	2,64 ± 0,01
St14	M	0,201 ± 0,035	0,079 ± 0,010	ND	1,26 ± 0,16
St14	F	0,143 ± 0,002	0,081 ± 0,006	0,020 ± 0,010	1,47 ± 0,09
St15	S	0,148 ± 0,001	0,062 ± 0,010	<LQ	12,96 ± 0,22
St15	M	0,084 ± 0,004	0,020 ± 0,008	0,040 ± 0,011	1,34 ± 0,03
St15	F	0,119 ± 0,009	0,031 ± 0,012	0,047 ± 0,004	1,58 ± 0,10
St16	S	0,038 ± 0,003	0,014 ± 0,005	<LQ	1,27 ± 0,10
St16	M	0,049 ± 0,016	0,068 ± 0,058	0,030 ± 0,012	1,19 ± 0,09
St16	F	0,068 ± 0,013	0,022 ± 0,009	0,050 ± 0,005	1,35 ± 0,21
St18	S	0,022 ± 0,001	0,041 ± 0,011	<LQ	3,85 ± 0,27
St18	M	<LQ	0,073 ± 0,049	0,049 ± 0,005	1,45 ± 0,10
St18	F	<LQ	0,022 ± 0,005	0,031 ± 0,003	1,32 ± 0,05
St19	S	0,033 ± 0,003	0,018 ± 0,003	0,063 ± 0,013	2,50 ± 0,13
St19	M	ND	0,021 ± 0,009	0,026 ± 0,001	1,63 ± 0,13
St19	F	0,066 ± 0,006	0,041 ± 0,004	0,031 ± 0,006	1,69 ± 0,11
St20	S	0,084 ± 0,009	0,026 ± 0,008	0,032 ± 0,010	1,47 ± 0,20
St20	M	0,035 ± 0,008	0,036 ± 0,005	0,033 ± 0,008	1,37 ± 0,12
St20	F	<LQ	0,022 ± 0,002	0,022 ± 0,001	1,31 ± 0,04
St21	S	<LQ	0,058 ± 0,009	0,039 ± 0,008	1,04 ± 0,01
St21	M	0,263 ± 0,038	0,056 ± 0,001	0,039 ± 0,010	1,12 ± 0,07
St21	F	0,211 ± 0,023	0,066 ± 0,006	0,035 ± 0,006	1,16 ± 0,11

## ANNEXE 4

**CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUTE, PARTICULAIRE ET TOTALE**

Concentrations de l'azote et du phosphore organiques dissous (NOD et POD), de l'azote, du carbone et du phosphore organiques particulaires (NOP, COP et POP) et de l'azote et phosphore total (NT et PT) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	NOD ( $\mu\text{M}$ )	POD ( $\mu\text{M}$ )	NOP ( $\mu\text{M}$ )	COP ( $\mu\text{M}$ )	POP ( $\mu\text{M}$ )	N Total ( $\mu\text{M}$ )	P Total ( $\mu\text{M}$ )
St02	S	3,75	0,19	0,62	12,96	0,06	4,45 $\pm$ 0,61	0,29 $\pm$ 0,02
St02	M	3,74	0,22	0,69	9,98	0,06	4,51 $\pm$ 0,24	0,32 $\pm$ 0,04
St02	F	3,85	0,24	0,61	13,13	0,05	4,58 $\pm$ 0,36	0,32 $\pm$ 0,03
St03	S	3,74	0,14	1,16	9,71	0,12	4,95 $\pm$ 0,83	0,28 $\pm$ 0,03
St03	M	3,26	0,18	0,78	11,35	0,09	4,15 $\pm$ 0,54	0,30 $\pm$ 0,02
St03	F	3,45	0,25	0,85	11,85	0,07	4,41 $\pm$ 0,42	0,24 $\pm$ 0,02
St05	S	3,97	0,19	0,86	9,95	0,09	4,91 $\pm$ 0,79	0,33 $\pm$ 0,01
St05	M	3,34	0,17	0,93	14,57	0,07	4,42 $\pm$ 0,23	0,29 $\pm$ 0,02
St05	F	3,94	0,20	0,68	10,01	0,07	4,73 $\pm$ 0,26	0,32 $\pm$ 0,01
St06	S	3,66	0,15	1,05	10,55	0,09	6,23 $\pm$ 0,46	0,25 $\pm$ 0,01
St06	M	3,66	0,13	0,97	10,60	0,08	4,84 $\pm$ 0,11	0,24 $\pm$ 0,04
St06	F	4,27	0,17	0,61	12,22	0,06	5,09 $\pm$ 0,66	0,27 $\pm$ 0,02
St07	S	4,72	0,33	0,87	12,99	0,06	5,75 $\pm$ 0,21	0,39 $\pm$ 0,03
St07	M	4,08	0,28	0,77	11,09	0,06	4,92 $\pm$ 0,33	0,36 $\pm$ 0,02
St07	F	3,69	0,29	0,67	8,22	0,06	4,41 $\pm$ 0,37	0,37 $\pm$ 0,02
St09	S	4,20	0,25	0,54	6,15	0,07	4,82 $\pm$ 0,54	0,32 $\pm$ 0,02
St09	M	3,57	0,22	0,86	15,09	0,07	4,56 $\pm$ 0,50	0,30 $\pm$ 0,03
St09	F	3,48	0,22	0,69	9,95	0,06	4,34 $\pm$ 0,47	0,30 $\pm$ 0,04
St13	S	3,27	0,20	1,03	12,75	0,06	4,52 $\pm$ 0,74	0,29 $\pm$ 0,04
St13	M	3,44	0,19	1,03	14,22	0,08	4,85 $\pm$ 0,85	0,29 $\pm$ 0,03
St13	F	2,39	0,18	0,73	16,78	0,07	3,83 $\pm$ 0,65	0,29 $\pm$ 0,02
St14	S	3,58	0,13	1,33	17,61	0,12	5,01 $\pm$ 0,11	0,28 $\pm$ 0,02
St14	M	3,71	ND	0,78	9,50	0,07	4,77 $\pm$ 0,31	0,25 $\pm$ 0,01
St14	F	4,12	0,13	0,59	61,85	0,11	4,93 $\pm$ 0,35	0,27 $\pm$ 0,04
St15	S	3,96	0,14	1,25	13,98	0,09	5,41 $\pm$ 0,68	0,23 $\pm$ 0,03
St15	M	3,92	0,14	0,90	10,82	0,08	4,93 $\pm$ 0,45	0,26 $\pm$ 0,02
St15	F	3,82	0,16	0,93	11,51	0,07	4,90 $\pm$ 0,49	0,27 $\pm$ 0,04
St16	S	3,67	0,19	0,82	9,83	0,06	4,54 $\pm$ 0,40	0,25 $\pm$ 0,03
St16	M	3,28	0,17	0,97	10,72	0,10	4,37 $\pm$ 0,35	0,30 $\pm$ 0,05
St16	F	4,05	0,14	1,01	12,19	0,08	5,15 $\pm$ 0,26	0,27 $\pm$ 0,03
St18	S	3,54	0,13	1,06	11,06	0,08	4,66 $\pm$ 0,39	0,21 $\pm$ 0,04
St18	M	3,74	0,14	0,98	11,25	0,09	4,78 $\pm$ 0,17	0,28 $\pm$ 0,02
St18	F	2,98	0,16	0,89	10,24	0,09	3,90 $\pm$ 0,17	0,28 $\pm$ 0,04
St19	S	3,86	0,15	0,93	13,76	0,10	4,85 $\pm$ 0,25	0,31 $\pm$ 0,03
St19	M	3,75	0,24	1,14	12,29	0,11	4,91 $\pm$ 0,57	0,37 $\pm$ 0,04
St19	F	3,36	0,24	1,00	21,41	0,10	4,46 $\pm$ 0,04	0,37 $\pm$ 0,03
St20	S	3,35	0,20	0,91	13,27	0,09	4,37 $\pm$ 0,59	0,32 $\pm$ 0,02
St20	M	3,62	0,20	1,05	11,94	0,07	4,75 $\pm$ 0,61	0,31 $\pm$ 0,02
St20	F	3,87	0,17	0,83	12,98	0,10	4,72 $\pm$ 0,94	0,30 $\pm$ 0,04
St21	S	3,33	0,27	0,66	14,90	0,06	4,04 $\pm$ 0,23	0,37 $\pm$ 0,05
St21	M	0,96	0,16	0,80	11,60	0,07	2,08 $\pm$ 0,74	0,27 $\pm$ 0,08
St21	F	3,14	0,29	0,78	14,70	0,07	4,20 $\pm$ 0,23	0,39 $\pm$ 0,04

## ANNEXE 5

**CONCENTRATIONS DE LA CHLOROPHYLLE A ET DES PHEOPIGMENTS**

Concentrations des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) et pourcentage de phéopigments des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Phéopigment (µg/L)	Phéopigment (%)
St02	S	0,47	0,06	12,00
St02	M	0,56	0,14	19,60
St02	F	0,58	0,11	16,11
St03	S	0,53	0,03	4,77
St03	M	0,62	0,13	17,26
St03	F	0,69	0,09	11,20
St05	S	0,43	0,08	15,11
St05	M	0,50	0,11	18,43
St05	F	0,40	0,07	15,24
St06	S	0,31	0,15	32,61
St06	M	0,50	0,12	19,00
St06	F	0,54	0,13	19,24
St07	S	0,52	0,08	13,40
St07	M	0,53	0,09	14,37
St07	F	0,51	0,08	12,92
St09	S	0,39	0,06	12,79
St09	M	0,46	0,08	15,61
St09	F	0,47	0,16	25,24
St13	S	0,48	0,11	17,99
St13	M	0,71	0,10	11,87
St13	F	0,66	0,12	15,53
St14	S	0,64	0,15	18,53
St14	M	0,52	0,10	16,23
St14	F	0,50	0,25	32,94
St15	S	0,43	0,01	1,98
St15	M	0,44	0,04	7,87
St15	F	0,78	0,10	11,53
St16	S	0,34	ND	ND
St16	M	0,55	0,04	6,25
St16	F	0,88	0,12	11,59
St18	S	0,28	ND	ND
St18	M	0,44	0,04	7,74
St18	F	0,69	0,08	9,93
St19	S	0,38	0,01	2,91
St19	M	0,60	0,04	6,86
St19	F	0,74	0,11	12,62

Station	Niveau	Chlorophylle $\alpha$ ( $\mu\text{g/L}$ )	Phéopigment ( $\mu\text{g/L}$ )	Phéopigment (%)
St20	S	0,68	0,08	10,10
St20	M	0,71	0,07	9,36
St20	F	0,77	0,04	4,97
St21	S	0,51	0,11	17,86
St21	M	0,52	0,12	18,94
St21	F	0,60	0,12	16,59

## ANNEXE 6

**CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU**

Concentrations des métaux dissous ( $\mu\text{g/L}$ ) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification.

Station	Niveau	As ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	Co ( $\mu\text{g/L}$ )	Cr(VI) ( $\mu\text{g/L}$ )	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )
St02	S	1,7	<LQ	<LQ	0,082	0,028	0,028	0,041	0,059	<LQ	0,091
St02	M	1,7	<LQ	<LQ	0,080	0,021	0,018	0,037	0,062	<LQ	0,168
St02	F	1,9	<LQ	<LQ	0,082	0,025	0,020	0,047	0,070	<LQ	0,094
St03	S	1,6	<LQ	0,046	0,167	0,022	0,027	0,118	0,597	0,3	0,116
St03	M	1,8	<LQ	<LQ	0,093	<LQ	0,023	0,057	0,108	<LQ	0,215
St03	F	1,8	<LQ	<LQ	0,092	0,019	0,027	0,049	0,086	<LQ	0,022
St05	S	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,023	0,009	0,021	0,054	<LQ	0,243
St05	M	1,8	<LQ	<LQ	0,077	0,023	0,023	0,041	0,069	<LQ	0,089
St05	F	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,016	0,018	0,039	0,070	<LQ	0,266
St06	S	1,6	<LQ	0,032	0,348	0,065	0,048	0,240	0,726	<LQ	0,234
St06	M	1,7	<LQ	0,016	0,093	0,027	0,042	0,126	0,149	<LQ	0,380
St06	F	2,0	<LQ	0,046	0,092	0,027	0,038	0,102	0,120	<LQ	0,123
St07	S	1,8	<LQ	<LQ	0,078	0,024	0,025	0,046	0,085	<LQ	0,254
St07	M	1,8	<LQ	<LQ	0,071	0,015	0,019	0,041	0,078	<LQ	0,083
St07	F	1,9	<LQ	<LQ	0,067	0,019	0,037	0,052	0,077	<LQ	0,181
St09	S	1,8	<LQ	<LQ	0,080	0,036	0,021	0,033	0,053	<LQ	0,234
St09	M	1,8	<LQ	<LQ	0,087	0,020	0,022	0,036	0,059	<LQ	0,115
St09	F	1,8	<LQ	<LQ	0,083	0,023	0,017	0,035	0,068	<LQ	0,267
St13	S	1,8	<LQ	<LQ	0,083	<LQ	0,018	0,052	0,073	<LQ	0,347
St13	M	1,8	<LQ	<LQ	0,093	0,031	0,021	0,118	0,142	<LQ	0,132
St13	F	1,8	<LQ	0,013	0,083	0,031	0,024	0,083	0,403	<LQ	0,248
St14	S	2,0	<LQ	0,022	0,125	0,038	0,056	0,251	0,382	<LQ	0,204
St14	M	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,028	0,033	0,058	0,108	<LQ	0,117
St14	F	1,8	<LQ	<LQ	0,080	<LQ	0,043	0,039	0,074	<LQ	0,136
St15	S	1,5	<LQ	0,061	0,380	0,070	0,027	0,289	0,578	<LQ	<LQ
St15	M	1,7	<LQ	0,039	0,146	0,024	0,015	0,462	0,255	<LQ	<LQ
St15	F	1,7	<LQ	0,044	0,152	0,017	0,058	0,385	0,278	<LQ	0,141
St16	S	1,7	<LQ	0,023	0,177	0,040	0,020	0,222	0,191	<LQ	0,121
St16	M	1,6	<LQ	<LQ	0,117	0,015	0,017	0,072	0,109	<LQ	0,108
St16	F	1,7	<LQ	<LQ	0,114	0,025	0,033	0,156	0,174	<LQ	0,404
St18	S	1,5	<LQ	0,040	0,296	0,075	0,019	0,171	0,474	<LQ	0,063
St18	M	1,9	<LQ	0,013	0,095	0,048	0,023	0,147	0,153	<LQ	0,113
St18	F	1,7	<LQ	0,013	0,111	0,025	0,051	0,169	0,168	<LQ	0,220
St19	S	1,7	<LQ	0,018	0,191	0,022	0,021	0,088	0,213	<LQ	0,103
St19	M	1,8	<LQ	0,014	0,107	0,019	0,021	0,100	0,170	<LQ	0,071
St19	F	1,9	<LQ	0,012	0,121	<LQ	0,012	0,105	0,128	<LQ	0,188

Station	Niveau	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St20	S	1,8	<LQ	0,013	0,093	0,047	0,021	0,106	0,143	<LQ	0,070
St20	M	1,7	<LQ	0,013	0,096	0,021	0,026	0,136	0,163	<LQ	0,867
St20	F	1,7	<LQ	<LQ	0,093	<LQ	0,022	0,101	0,128	<LQ	0,038
St21	S	1,8	<LQ	<LQ	0,075	0,043	0,038	0,052	0,083	<LQ	0,093
St21	M	1,7	<LQ	<LQ	0,080	0,026	0,044	0,049	0,081	<LQ	0,256
St21	F	1,9	<LQ	<LQ	0,123	<LQ	0,024	0,022	0,041	<LQ	0,033



## ANNEXE 7

### COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de nitrates + nitrites (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>), ammonium (NH<sub>4</sub>), phosphates (PO<sub>4</sub>) et silicates (SiO<sub>4</sub>) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

Année		NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (µM)						NH <sub>4</sub> (µM)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	<LQ	0,02	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,02	0,01
	Max	4,92	1,74	0,72	1,86	0,32	1,39	0,41	0,16	0,39	0,29	0,24	0,25
	Moy	0,27 ± 0,70	0,46 ± 0,39	0,20 ± 0,16	0,42 ± 0,34	0,14 ± 0,10	0,13 ± 0,23	0,09 ± 0,09	0,05 ± 0,04	0,14 ± 0,09	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,05	0,06 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,10	0,09	0,17	<LQ	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
	Max	4,92	1,05	0,31	1,04	0,32	0,26	0,41	0,13	0,39	0,26	0,09	0,14
	Moy	0,42 ± 0,85	0,42 ± 0,30	0,22 ± 0,07	0,50 ± 0,23	n=2	0,09 ± 0,074	0,40 ± 0,10	0,06 ± 0,03	0,13 ± 0,09	0,09 ± 0,07	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,02	0,02	<LQ	0,06	0,04	0,02	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,020	0,01
	Max	1,21	1,74	0,70	1,86	0,27	0,15	0,17	0,11	0,25	0,29	0,20	0,07
	Moy	0,26 ± 0,44	0,38 ± 0,53	0,11 ± 0,19	0,40 ± 0,53	0,13 ± 0,10	0,07 ± 0,04	0,04 ± 0,05	0,04 ± 0,03	0,11 ± 0,08	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,06	0,04 ± 0,02

Suivi physico-chimique colonne d'eau – Campagne mars 2013

Année		PO <sub>4</sub> (µM)					SiO <sub>4</sub> (µM)						
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,003	0,013	0,026	0,006	0,004	<LQ	0,43	0,97	0,02	<LQ	1,12	0,74
	Max	0,125	0,17	0,202	0,185	0,115	0,063	4,07	4,79	6,64	9,95	4,15	12,96
	Moy	0,037 ± 0,002	0,048 ± 0,028	0,058 ± 0,026	0,046 ± 0,037	0,055 ± 0,029	0,033 ± 0,013	1,36 ± 0,78	1,90 ± 0,96	1,35 ± 1,30	1,88 ± 3,04	2,12 ± 0,62	1,97 ± 2,54
Canal de la Havannah	Min	0,003	0,020	0,031	0,006	0,008	0,012	0,43	0,97	0,02	<LQ	1,12	0,74
	Max	0,125	0,061	0,074	0,102	0,093	0,051	1,80	1,58	0,94	1,62	2,53	1,16
	Moy	0,037 ± 0,028	0,041 ± 0,015	0,050 ± 0,011	0,038 ± 0,027	0,042 ± 0,028	0,034 ± 0,013	0,96 ± 0,36	1,21 ± 0,17	0,34 ± 0,26	0,39 ± 0,39	1,86 ± 0,55	0,96 ± 0,14
Baie du Prony	Min	0,007	0,023	0,039	0,015	0,034	0,026	1,25	1,55	1,32	<LQ	1,47	1,19
	Max	0,058	0,171	0,20	0,185	0,094	0,063	4,07	4,21	6,64	9,95	3,25	12,96
	Moyenne	0,036 ± 0,016	0,055 ± 0,045	0,071 ± 0,043	0,058 ± 0,054	0,068 ± 0,019	0,041 ± 0,012	2,38 ± 0,89	2,63 ± 1,01	2,43 ± 1,45	4,78 ± 4,21	2,16 ± 0,55	2,68 ± 3,32

## ANNEXE 8

**COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUTE ET PARTICULAIRE DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013**

Compilation des concentrations moyennes d'azote et phosphore organiques dissous (NOD et POD) et d'azote, phosphore et carbone organiques particulaires (NOP, POP et COP) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne  $\pm$  écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

**Note :** Les analyses du COP n'ont été réalisées que pour les campagnes semestrielles « saison humide » de 2009, 2010, 2011 et 2012.

Année		POD ( $\mu\text{M}$ )						NOD ( $\mu\text{M}$ )					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,16	0,06	0,60	0,44	0,07	0,13	3,97	0,68	0,38	2,85	1,09	0,96
	Max	0,28	0,37	1,05	0,72	0,29	0,33	9,89	4,46	6,83	5,78	4,94	4,72
	Moy	0,21 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,08	0,83 $\pm$ 0,10	0,62 $\pm$ 0,06	0,18 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,05	5,23 $\pm$ 0,79	2,67 $\pm$ 0,81	2,18 $\pm$ 1,31	4,66 $\pm$ 0,66	3,57 $\pm$ 0,70	3,60 $\pm$ 0,57
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,13	0,67	0,47	0,11	0,16	4,50	0,68	0,38	2,92	2,81	0,96
	Max	0,28	0,32	0,95	0,71	0,29	0,33	9,89	3,51	6,83	5,48	4,72	4,72
	Moy	0,35 $\pm$ 0,03	0,20 $\pm$ 0,08	0,84 $\pm$ 0,10	0,60 $\pm$ 0,07	0,20 $\pm$ 0,06	0,23 $\pm$ 0,05	5,19 $\pm$ 0,91	2,52 $\pm$ 0,90	2,30 $\pm$ 1,94	4,40 $\pm$ 0,72	3,52 $\pm$ 0,56	3,58 $\pm$ 0,83
Baie du Prony	Min	0,17	0,12	0,60	0,55	0,08	0,13	4,48	1,51	1,07	3,79	1,78	2,98
	Max	0,23	0,37	0,94	0,72	0,24	0,24	6,32	4,46	2,90	5,78	4,45	4,05
	Moy	0,20 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,08	0,78 $\pm$ 0,10	0,62 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,05	0,17 $\pm$ 0,04	5,11 $\pm$ 0,54	2,68 $\pm$ 0,80	2,07 $\pm$ 0,67	4,82 $\pm$ 0,65	3,54 $\pm$ 0,69	3,66 $\pm$ 0,32

Suivi physico-chimique colonne d'eau – Campagne mars 2013

Année	POP (µM)						NOP (µM)						
	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013	
Domaine entier	Min	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	0,04	0,05	<LQ	0,96	0,78	0,78	0,75	0,54
	Max	0,11	0,12	0,14	0,11	0,09	0,12	1,75	5,01	6,25	3,53	1,35	1,33
	Moy	0,05 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,51 ± 0,49	1,75 ± 0,86	1,88 ± 1,20	1,16 ± 0,43	1,03 ± 0,17	0,87 ± 0,18
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,05	<LQ	<LQ	0,04	0,05	<LQ	1,12	0,92	0,78	0,75	0,54
	Max	0,10	0,08	0,11	0,08	0,09	0,09	1,70	3,54	3,11	1,35	1,23	0,93
	Moy	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,66 ± 0,41	1,75 ± 0,79	1,85 ± 0,77	1,03 ± 0,17	0,91 ± 0,13	0,74 ± 0,11
Baie du Prony	Min	<LQ	0,06	0,02	<LQ	0,05	0,06	<LQ	1,02	0,83	0,83	0,87	0,82
	Max	0,06	0,11	0,09	0,04	0,07	0,11		3,82	2,53	1,52	1,35	1,25
	Moy	0,04 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01		1,65 ± 0,78	1,49 ± 0,49	1,08 ± 0,21	1,05 ± 0,16	0,99 ± 0,12

Année	COP (µM)				
	2009	2010	2011	2013	
Domaine entier	Min	8,41	5,16	7,90	6,15
	Max	28,07	27,89	27,10	61,85
	Moy	15,41 ± 4,78	8,75 ± 3,79	12,55 ± 3,60	13,37 ± 8,11
Canal de la Havannah	Min	10,76	6,37	8,50	6,15
	Max	28,07	12,11	18,30	15,09
	Moy	15,41 ± 4,78	8,04 ± 1,53	11,9 ± 3,08	11,69 ± 2,67
Baie du Prony	Min	8,41	5,66	7,90	9,83
	Max	18,57	10,86	27,10	21,41
	Moy	12,36 ± 2,92	8,42 ± 1,54	12,44 ± 4,95	12,42 ± 3,10

## ANNEXE 9

### COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

Année		Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)						Phéopigments (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,20	0,27	0,32	0,24	0,01	0,28	0,04	0,06	<LQ	0,07	0,09	0,01
	Max	0,97	1,20	1,12	3,34	0,66	0,88	0,30	0,47	0,34	0,46	0,61	0,25
	Moy	0,43 ± ,13	0,60 ± 0,23	0,78 ± 0,20	0,69 ± 0,55	0,30 ± 0,13	0,54 ± 0,13	0,15 ± 0,06	0,24 ± 0,08	0,20 ± 0,05	0,19 ± 0,09	0,22 ± 0,11	0,09 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,20	0,38	0,50	0,26	0,01	0,39	0,04	0,14	<LQ	0,09	0,14	0,06
	Max	0,59	0,77	1,12	1,17	0,43	0,6	0,28	0,34	0,34	0,34	0,41	0,16
	Moy	0,40 ± 0,10	0,54 ± 0,13	0,88 ± 0,17	0,64 ± 0,23	0,28 ± 0,11	0,50 ± 0,06	0,15 ± 0,06	0,23 ± 0,07	0,19 ± 0,08	0,22 ± 0,06	0,23 ± 0,07	0,10 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,27	0,27	0,52	0,24	0,17	0,28	0,07	0,08	0,10	0,07	0,09	0,01
	Max	0,59	1,20	1,05	3,34	0,66	0,88	0,23	0,47	0,31	0,46	0,35	0,12
	Moy	0,43 ± 0,11	0,61 ± 0,34	0,76 ± 0,14	0,82 ± 0,97	0,35 ± 0,17	0,55 ± 0,19	0,13 ± 0,05	0,22 ± 0,13	0,19 ± 0,06	0,17 ± 0,13	0,18 ± 0,09	0,06 ± 0,04

## ANNEXE 10

**COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE METAUX DISSOUS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013**

Compilation des concentrations moyennes de cobalt (Co), chrome hexavalent (Cr(VI)), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

**Note :** Les analyses de Cr(VI) n'ont été réalisées que pour la campagne semestrielle « saison humide » de 2007. Suite à une série de problème technique, les analyses d'As n'ont pas pu être réalisées pour les campagnes « saison humide » de 2010, 2011 et 2012. Ces échantillons ont été conservés et seront analysés dès que possible.

Année		Co (µg/L)						Cr(VI) (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	<LQ	0,011	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	-	0,09	0,11	0,10	0,09	0,07
	Max	0,082	0,100	0,270	0,252	0,092	0,061	-	0,41	0,78	1,22	0,26	0,38
	Moy	0,026 ± 0,016	0,040 ± 0,024	0,053 ± 0,041	0,047 ± 0,052	0,038 ± 0,017	0,027 ± 0,016	-	0,16 ± 0,06	0,19 ± 0,11	0,22 ± 0,26	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,07
Canal de la Havannah	Min	<LQ	0,011	0,010	0,013	<LQ	<LQ	-	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07
	Max	0,046	0,012	0,044	0,042	0,013	<LQ	-	0,15	0,25	0,23	0,12	0,12
	Moy	0,019 ± 0,010	0,012 ± 0,001	0,025 ± 0,011	0,023 ± 0,011	n=1		-	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,024	0,031	0,055	0,014	0,032	0,012	-	0,16	0,18	0,11	0,11	0,10
	Max	0,082	0,100	0,270	0,252	0,092	0,061	-	0,41	0,78	1,22	0,22	0,38
	Moy	0,044 ± 0,019	0,053 ± 0,023	0,085 ± 0,059	0,075 ± 0,075	0,048 ± 0,017	0,028 ± 0,017	-	0,22 ± 0,08	0,28 ± 0,17	0,43 ± 0,42	0,15 ± 0,03	0,17 ± 0,09

Suivi physico-chimique colonne d'eau – Campagne mars 2013

Année		Cu (µg/L)						Fe (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,030	0,070	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	0,07	0,07	<LQ	<LQ	0,01
	Max	0,150	0,160	0,860	0,182	0,630	0,075	0,41	1,02	0,29	0,18	0,23	0,06
	Moy	0,080 ± 0,022	0,110 ± 0,031	0,099 ± 0,144	0,050 ± 0,044	0,166 ± 0,130	0,030 ± 0,015	0,11 ± 0,06	0,17 ± 0,18	0,11 ± 0,05	0,03 ± 0,03	0,07 ± 0,04	0,03 ± 0,01
Canal de la Havannah	Min	0,030	0,100	0,030	0,017	<LQ	<LQ	0,05	0,07	0,07	<LQ	<LQ	0,01
	Max	0,150	0,100	0,330	0,182	0,254	0,043	0,41	1,02	0,16	0,03	0,20	0,04
	Moy	0,090 ± 0,025	n = 2	0,093 ± 0,092	0,055 ± 0,054	0,114 ± 0,107	0,024 ± 0,007	0,13 ± 0,06	0,19 ± 0,28	0,10 ± 0,03	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,05	0,02 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,070	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	0,10	0,07	<LQ	0,01	0,01
	Max	0,090	<LQ	0,130	0,052	0,483	0,075	0,10	0,14	0,12	0,06	0,14	0,06
	Moy	0,079 ± 0,007	<LQ	0,054 ± 0,043	0,033 ± 0,015	0,179 ± 0,128	0,034 ± 0,021	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,06 ± 0,04	0,03 ± 0,01

Année		Mn (µg/L)						Ni (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,03	0,09	0,08	<LQ	0,03	0,02	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05	0,04
	Max	0,43	0,66	1,27	4,16	1,13	0,46	0,54	0,82	1,06	1,44	0,37	0,73
	Moy	0,18 ± 0,08	0,24 ± 0,14	0,24 ± 0,19	0,25 ± 0,65	0,24 ± 0,21	0,11 ± 0,10	0,20 ± 0,11	0,26 ± 0,15	0,25 ± 0,18	0,23 ± 0,32	0,18 ± 0,08	0,17 ± 0,16
Canal de la Havannah	Min	0,03	0,09	0,08	<LQ	0,03	0,02	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05	0,04
	Max	0,25	0,14	0,15	0,13	0,15	0,05	0,26	0,16	0,13	0,21	0,13	0,09
	Moy	0,20 ± 0,06	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,09 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,18 ± 0,06	0,14 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,05	0,09 ± 0,03	0,07 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,17	0,19	0,18	<LQ	0,21	0,07	0,21	0,23	0,24	0,06	0,22	0,11
	Max	0,43	0,57	1,27	4,16	1,13	0,46	0,54	0,63	1,06	1,44	0,37	0,58
	Moy	0,24 ± 0,07	0,34 ± 0,13	0,36 ± 0,30	0,62 ± 1,16	0,44 ± 0,25	0,20 ± 0,12	0,35 ± 0,12	0,35 ± 0,13	0,38 ± 0,23	0,50 ± 0,51	0,26 ± 0,04	0,24 ± 0,14

Année		Zn (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,16	0,10	0,17	<LQ	0,04	0,02
	Max	2,27	0,47	0,87	1,75	1,64	0,87
	Moy	0,58 ± 0,40	0,30 ± 0,07	0,57 ± 0,19	0,34 ± 0,34	0,40 ± 0,30	0,18 ± 0,15
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,20	0,17	0,07	<LQ	0,03
	Max	2,27	0,31	0,87	0,56	1,03	0,27
	Moy	0,41 ± 0,39	0,27 ± 0,06	0,46 ± 0,23	0,23 ± 0,15	0,38 ± 0,24	0,16 ± 0,08
Baie du Prony	Min	0,60	0,19	0,62	<LQ	0,04	0,06
	Max	1,29	0,36	0,82	0,67	1,14	0,40
	Moy	0,88 ± 0,22	0,28 ± 0,04	0,76 ± 0,08	0,27 ± 0,20	0,39 ± 0,31	0,15 ± 0,10