



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

1<sup>eme</sup> semestre 2017



*« Analyses des métaux dans  
l'environnement et expertises »*

Rapport  
**Juillet 2017**



## CONTRAT DE CONSULTANCE

### AEL-LEA

---

PO n° E98084 / 0003

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

### **1<sup>eme</sup> semestre 2017**

Kaplan H., Drouzy M, Moreton B., Laurent A., Hubert M., Kumar-Roiné S.,  
Fernandez JM.

Nombre de pages : 93

	Ref AEL	Ref Client	
<b>Identification</b>	139-VI-17-P	E98084	
<b>Titre complet</b>	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 2017.		
<b>Auteurs</b>	Kaplan H., Drouzy M, Laurent A., Hubert M., Moreton B., Kumar-Roiné S., Fernandez JM.		
<b>Résumé</b>	<p>Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE 2007 et 2008, Vale-NC a mis en place un 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 2017</b> (avril 2017) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC. Le programme de surveillance semestrielle du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'influence du complexe minier et industriel de Vale-NC (Canal de la Havannah, Baie du Prony et Canal Woodin).</p> <p>Les fluctuations des paramètres physico-chimiques (ex : température, salinité, turbidité et fluorescence) et des concentrations de certains sels nutritifs (SiO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub> et NH<sub>4</sub>), de matières organiques (POD, NOP et POP) et de métaux latéritiques dissous (ex : Co, Cr<sup>VI</sup>, Cr-total, Mn et Ni) mettent en évidence les différentes influences agissant dans la zone étudiée du lagon du sud de la Nouvelle-Calédonie. Ainsi, en fonction de la distance des émissaires et des conditions hydrodynamiques, les concentrations des SiO<sub>4</sub> et métaux latéritiques, se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini, particulièrement au niveau des eaux de surface; les concentrations étant plus élevées près des côtes (Baie du Port Boisé, de la Kwé et de Prony) et les plus faibles étant relevées dans le Canal de la Havannah. Pour la salinité, cette tendance s'inverse. La dessalure dans les eaux de surface souligne que les éléments chimiques sont transportés vers la mer par les réseaux d'eau douce se déversant dans les baies. Moins contrastés, les profils de turbidité et de fluorescence permettent de distinguer les stations sous influence océanique, des stations sous influence terrigène. Par ailleurs, l'augmentation de la fluorescence avec la profondeur dans la Baie de Prony et dans celle du Canal est corrélée à l'enrichissement des eaux de fond en NH<sub>4</sub>, COP, POD, NOP et POP. D'autres paramètres tels que les concentrations des éléments majeurs, As, la chlorophylle <i>a</i> et NOD, sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude et ne montrent pas de gradient spatial.</p> <p>Globalement les concentrations des paramètres étudiés ne montrent pas de tendance particulière entre les différentes campagnes « <b>saison chaude</b> » réalisées depuis 2007.</p>		
APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Kaplan H.	HK	30/06/2017
Vérificateur	Fernandez JM	JMFA	17/07/2017
Approbateur	Fernandez JM	JMFA	18/07/2017
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR		DATE
V1.0	Rapport initial		18/07/2017
COPIE - DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Casalis C.	Vale-NC, Département Environnement		

**Ce rapport est cité comme suit :** Kaplan H., Drouzy M, Moreton B., Laurent A., Hubert M., Kumar-Roiné S., Fernandez JM. 2017. 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 2017. Contrat AEL/Vale-NC n°3052-Avenant n°1, 88p.

## TABLE DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
A.	CONTEXTE .....	7
B.	OBJECTIFS.....	7
<b>II.</b>	<b>METHODOLOGIE .....</b>	<b>9</b>
A.	SITE D'ETUDE.....	9
B.	ECHANTILLONNAGE .....	10
C.	CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDRODYNAMIQUES .....	11
<b>III.</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>13</b>
A.	STRUCTURE DES MASSES D'EAU .....	13
B.	ELEMENTS MAJEURS ET PH.....	18
C.	MATIERES EN SUSPENSION .....	19
D.	SELS NUTRITIFS .....	22
E.	MATIERES ORGANIQUES .....	28
F.	CHLOROPHYLLE A.....	33
G.	METAUX DISSOUS.....	35
<b>IV.</b>	<b>SYNTHESE .....</b>	<b>42</b>
A.	SELS NUTRITIFS.....	43
B.	METAUX DISSOUS.....	46
<b>V.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>60</b>



# I. INTRODUCTION

## A. CONTEXTE

Le suivi est une exigence des arrêtés ICPE 2007<sup>1</sup> et 2008<sup>2</sup> complétés 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 ([Fernandez et al., 2006](#) ; [Fernandez et al., 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 physico-chimique des eaux de mer. A cet effet, il est effectué des prélèvements à des fins d'analyses.

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

Ce rapport présente les résultats de la campagne de prélèvements du 1<sup>er</sup> semestre 2017 (avril 2017) effectuée dans la zone d'influence du complexe minier et industriel de Vale-NC.

## B. OBJECTIFS

Le programme de surveillance semestrielle 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 de Port 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 semestriellement les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations de métaux dissous ainsi que les concentrations de sels nutritifs et de matière organique dissoute et particulaire.

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

<sup>2</sup> Arrêté ICPE : usine d'extraction et usine de préparation des minerais ainsi que le parc à résidus de la Kwé ouest du 09 octobre 2008.

Ces prélèvements permettent de compléter les séries temporelles acquises depuis 2005 afin de statuer sur l'impact des activités industrielles ou non sur l'ensemble du milieu marin.

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



## II. METHODOLOGIE

### A. SITE D'ETUDE

Les opérations de terrain ont été réalisées sur les 14 stations du suivi physico-chimique (Tableau 1 ; Figure 1). Afin de faciliter l'interprétation, les stations sont regroupées dans quatre zones subissant différentes influences :

- **Canal de la Havannah** : St02, St05, St07, St09 et St21 influencées majoritairement par les apports océaniques ;
- **Baies du Canal** : St03, St06 et St14 influencées majoritairement par les apports en eaux douces des creeks des baies adjacents ;
- **Baie du Prony** : St15, St16, St18 et St19 influencées majoritairement par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony ;
- **Ile Ouen** : St13 et St20 influencées à la fois par les apports en eaux douces et les apports océaniques.

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

Localisation	Station	Station au référentiel WGS-84		Profondeur (m)
		Longitude E	Latitude S	
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° 53,300	22° 21,455	42
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	St21	166° 55,501	22° 26,728	36

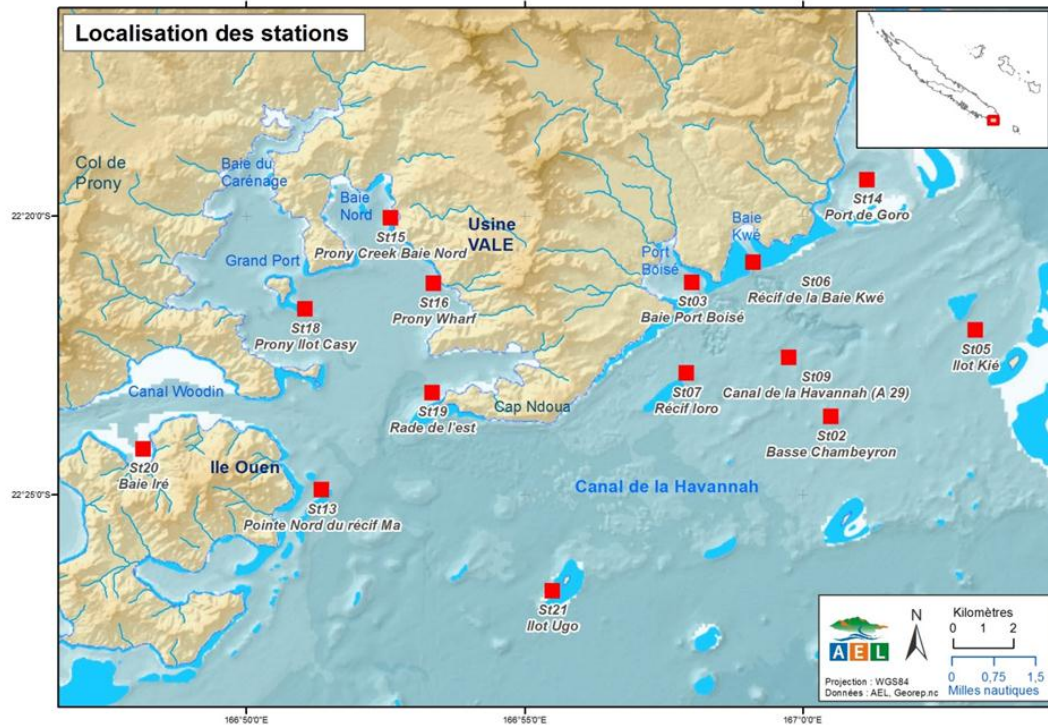


Figure 1: Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.

## B. ECHANTILLONNAGE

Les opérations de terrain ont été réalisées à bord du Slavko (Casy Express) au cours de la campagne semestrielle du 19 au 21 avril 2017.

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 les bouteilles « Go Flo®, Metal-Free » ont été utilisées 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 prélèvements semestriels, les opérations suivantes ont été réalisées :

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE19) 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 (Matières en Suspension) et des concentrations en ions chlorures (Cl<sup>-</sup>), sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) ;
- 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 et azote, phosphore et carbone organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) ;

- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous suivants : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome hexavalent (Cr<sup>VI</sup>), chrome total (Cr-total), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn).

La méthodologie détaillée des différentes analyses est décrite dans l'Annexe1.

## C. CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

Les conditions météorologiques et hydro-climatiques ont une influence directe sur la valeur des paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de restituer chaque prélèvement dans son contexte, les principales données météorologiques ont été relevées à la station de l'usine de Vale-NC (Goro Usine n°98817104) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur un marégramme (Figure 2 et Figure 3)

Les conditions météorologiques précédant la campagne semestrielle (du 14 au 18/04/2017) sont les suivantes :

- Vent ESE d'une moyenne de  $10 \pm 2$  Nœuds ;
- Au total, 9mm de précipitation ont été relevés durant les 5 jours qui ont précédé la campagne.

Il est à noter qu'un cyclone tropical dénommé COOK est survenu en Nouvelle-Calédonie le 10/04/2017. De forts vents accompagnés de fortes précipitations ont eu lieu dans le sud de la Grande Terre.

Les conditions météorologiques pendant la campagne semestrielle (19 au 21 avril 2017) sont les suivantes :

- 19/04/17: SE 12-15 Nœuds, temps nuageux avec des pluies éparses. Présence de houle et de courant dans le canal de la Havannah ;
- 20/04/17 : SE 15 à 18 Nœuds, temps couvert, avec quelques éclaircies ;
- 21/04/17 : SE 12 à 15 Nœuds, temps clair et ensoleillé.

Au total, 191mm de précipitation sont tombées pendant cette campagne, se produisant essentiellement le 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> jours.

Les prélèvements ont été réalisés à différents moments de la marée. Le 1<sup>ier</sup> jour, la station du Port de Goro (St14) et les stations du Canal de la Havannah (St05, St02, St09, St07 et St21) ont été échantillonnées au cours de la marée montante.

Le 2<sup>ème</sup> jour, les prélèvements ont été effectués à l'île Ouen (St13 et St20) au début de la marée montante puis dans la Baie de Prony (St19, St16, St15 et St18). Le 3<sup>ème</sup> jour, les deux stations restantes des baies du Canal (St03 et St06) ont été échantillonnées à l'étale de la marée montante. (Figure 3).

### Campagne d'avril 2017

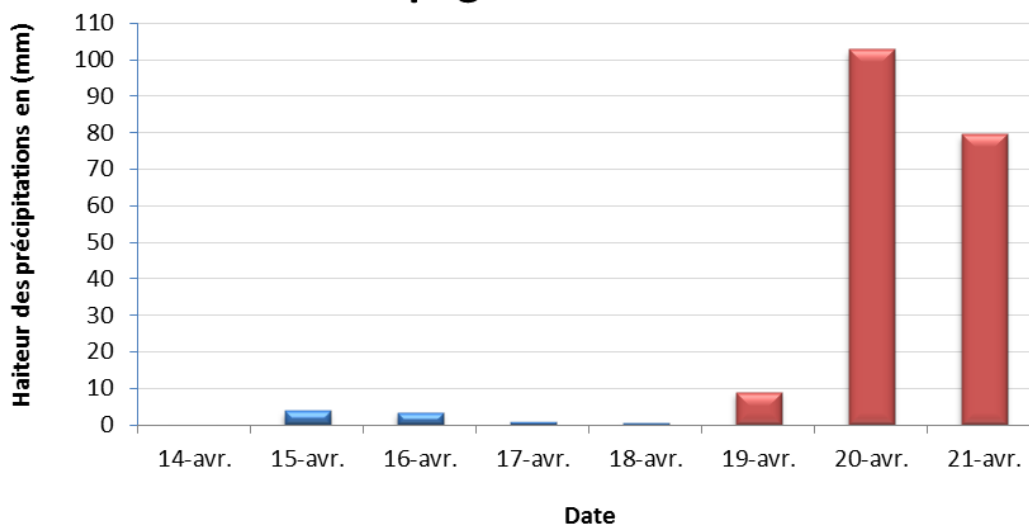


Figure 2: Hauteurs des précipitations enregistrées 5 jours précédant la campagne (14 au 18/04/2017; en bleu) et pendant la campagne semestrielle (19 au 21/04/17 ; en rouge). Données météorologiques mesurées à la station météo France d'observation "Goro usine".

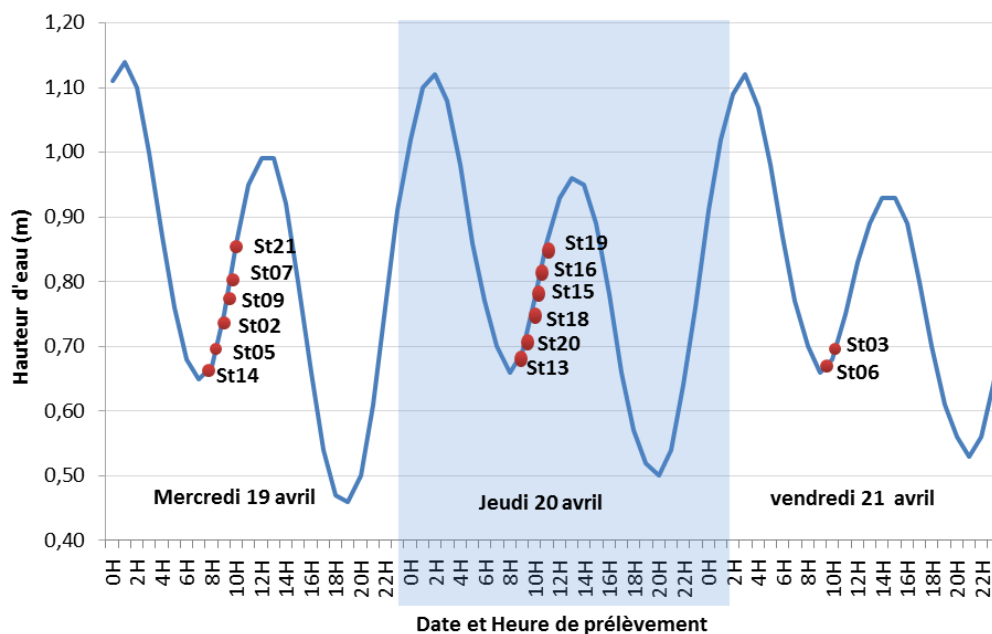


Figure 3: Chronologie des événements de la campagne semestrielle d'avril 2017 reportée sur le marégramme du 19 au 21 avril 2017.

### III. RESULTATS

#### A. STRUCTURE DES MASSES D'EAU

**Rappel** : Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau et ont pour objectif principal de détecter toute modification importante des principales caractéristiques en lien ou non avec l'activité minière. En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (Aminot et Kérouel, 2004) ; elle est le reflet de la charge particulaire dans l'eau. En milieux côtier et estuarien, la turbidité peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières, d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de blooms planctoniques. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique. Cette mesure fournit une bonne indication de statut trophique du milieu.

Les valeurs de température, fluorescence, salinité et turbidité mesurées lors de cette campagne sont reportées dans Tableau 2, Figure 4, Figure 5, Figure 6, Figure 7 et Annexe 2.

**Tableau 2: Valeurs de la température, salinité, fluorescence et turbidité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.**

Zone d'étude	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )
Canal de la Havannah	Minimum	25,12	35,33	0,12	0,00
	Maximum	25,46	35,55	9,93	0,58
	Moyenne	25,34	35,49	0,45	0,26
	Ecart-type	0,04	0,02	0,45	0,05
Baies du Canal	Minimum	24,03	27,79	0,33	0,19
	Maximum	25,46	35,50	4,58	0,49
	Moyenne	25,10	34,83	0,84	0,31
	Ecart-type	0,26	0,84	0,37	0,00
Baie du Prony	Minimum	24,21	31,19	0,30	0,00
	Maximum	26,55	35,57	11,34	0,87
	Moyenne	25,47	34,94	0,98	0,18
	Ecart-type	0,28	0,54	0,75	0,14
Ile Ouen	Minimum	25,24	35,37	0,28	0,08
	Maximum	25,56	35,54	2,00	1,22
	Moyenne	25,47	35,43	0,46	0,30
	Ecart-type	0,06	0,04	0,15	0,08

## 1. Température

Globalement, la température est très homogène :  $25,4 \pm 0,3$  °C. Les deux zones d'étude dont les températures sont les plus fraîches sont les baies du Canal et le Canal de la Havannah. (Tableau 2)

Dans le Canal de la Havannah, les profils de température montrent des températures moyennes similaires. Une diminution régulière de la température est visible le long de la colonne d'eau. Une strate d'eau plus fraîche est visible en bas des colonnes d'eau des stations St21 et St02. Au niveau de la station St05, le profil montre une légère diminution de température à partir de 15m.

Au niveau des baies du Canal, une thermocline est bien visible entre 0 et 6m aux stations St03 et St06 situées respectivement dans deux zones d'influence de creeks. La station St14, plus profonde, montre moins d'écart de température entre le haut et le bas de la colonne d'eau avec  $23,1^{\circ}\text{C} \pm 0,03^{\circ}\text{C}$ .

La Baie du Prony et l'île Ouen ont une température moyenne comparable avec respectivement  $25,5^{\circ}\text{C} \pm 0,3$  et  $25,5^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ . En revanche, les profils de température de la Baie du Prony montrent des différences dans leurs comportements en fonction des stations. On constate nettement l'influence de la marée montante à la station St19 dont les températures de surface sont plus fraîches dues aux courants rentrant contrairement aux stations de l'intérieure de la Baie. Aux stations St15 et St18 une couche d'eau superficielle plus chaude constitue les 10 premiers mètres. En dessous, l'eau se refroidit rapidement. La station St16 montre un profil identique mais moins prononcé.

Les profils de température de l'île Ouen, sous influence océanique, montrent des températures moyennes homogènes le long des colonnes d'eau. Seule la station St20, plus profonde et bordant le platier, montre une couche d'eau plus fraîche au-delà des 20 m de profondeur (Figure 4).

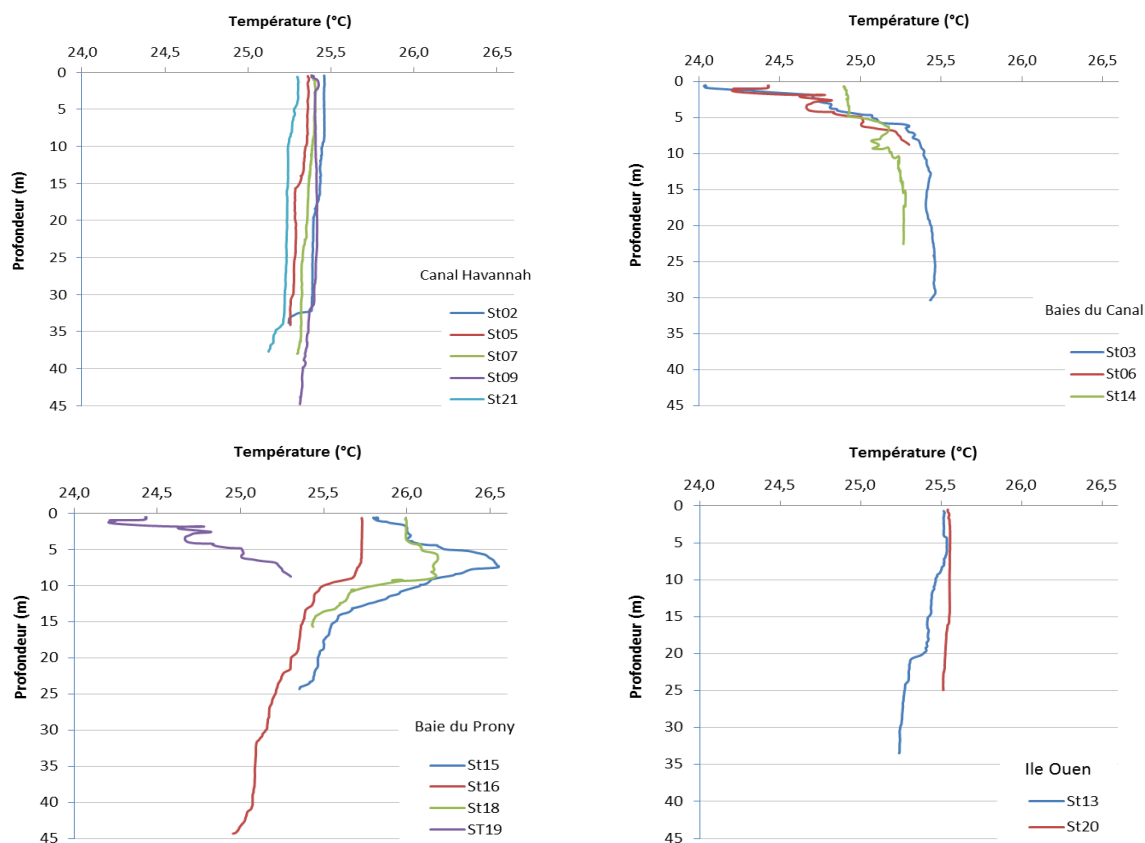


Figure 4: Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

## 2. Salinité

On observe deux zones dont les profils de salinité se ressemblent. Les salinités moyennes du Canal de la Havannah ( $35,49 \pm 0,02 \text{ ‰}$ ) et celles de l'île Ouen ( $35,43 \pm 0,04 \text{ ‰}$ ) sont remarquablement homogènes avec respectivement. Dans la Baie du Prony ( $34,9 \pm 0,54 \text{ ‰}$ ) et celles du Canal ( $34,8 \pm 0,84 \text{ ‰}$ ), les valeurs moyennes sont assez proches avec cependant de légères variations selon les stations (Tableau 2).

Les stations St03 et St06 des baies du Canal, prélevées le 20 avril, mettent en évidence une importante dessalure générée par l'eau des creeks, entre 0 et 10 m de profondeur. Ce phénomène est moins visible à la station St14 car elle est plus éloignée des termes sources, mais surtout elle a été échantillonnée le 19 avril, veille des grandes pluies.

En baie du Prony, la variation de salinité en surface est plus visible aux stations St19, St18 et St15 qu'à la station St16 (Figure 5).

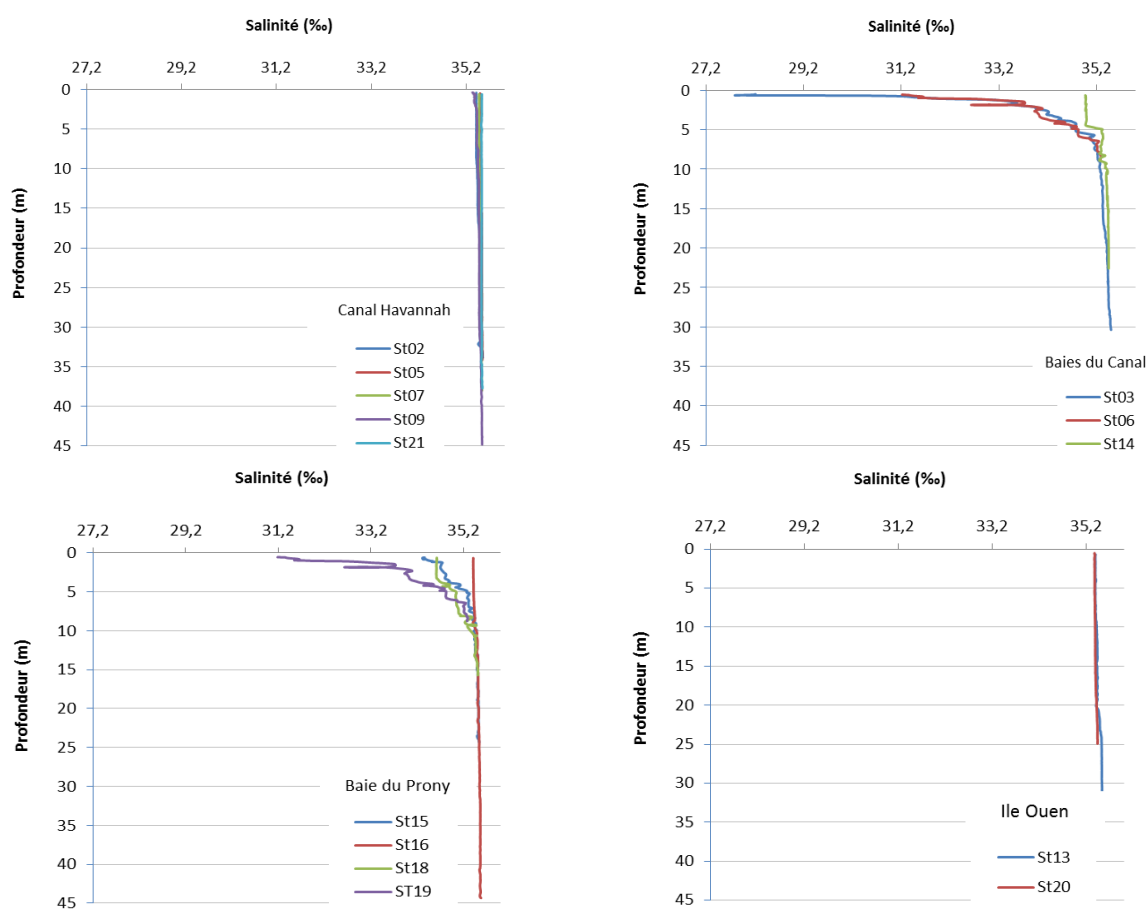


Figure 5: Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

## 3. Fluorescence (mesure de la Chlorophylle $\alpha$ )

Les profils de fluorescence montrent des moyennes relativement proches les unes des autres dans l'ensemble des zones étudiées (Tableau 2).

Malgré des signaux très bruités, les profils du Canal Havannah, des Baies du canal et de l'île Ouen ont une moyenne de fluorescence identique.

Dans la Baie du Prony, la valeur moyenne ( $0,18 \pm 0,14 \text{ mg/m}^3$ ) est inférieure à celles des autres zones, mais elle présente les plus grands écarts entre les valeurs minimales et les maximales. Un large pic de fluorescence s'observe nettement à la station St15 entre 7,5 et 13m de profondeur. A la station St18, un pic semblable est visible à 12m ainsi qu'à la station St16, bien que de bien moindre amplitude (Figure 6).

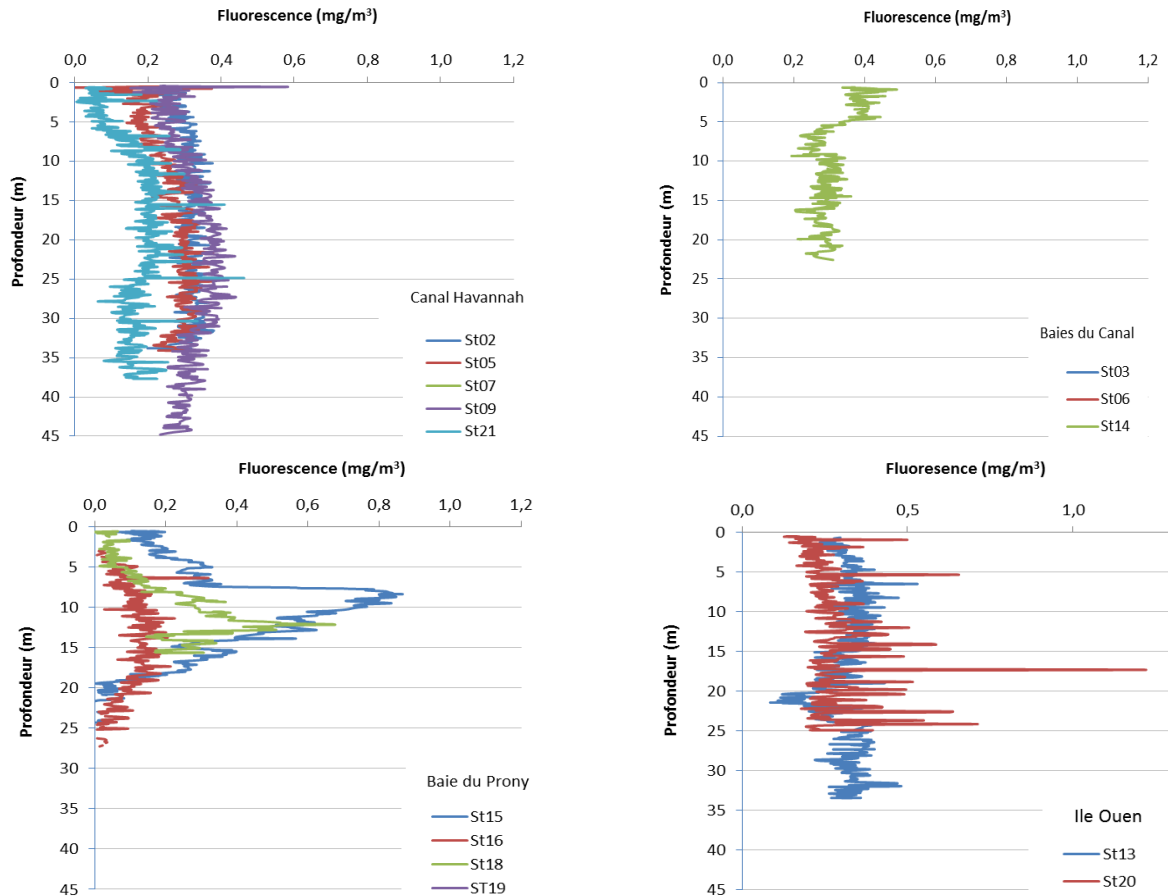


Figure 6: Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

#### 4. Turbidité

La turbidité moyenne la plus élevée a été mesurée dans la colonne d'eau de la Baie du Prony avec 1,0 NTU (Tableau 2). Cette valeur est influencée par la présence de deux néphéloïdes importants dans cette zone. Le premier est visible à la station St19 (4,58 NTU). Il correspond à la masse d'eau dont la salinité et la température varient dans les premiers mètres de la surface. Le deuxième correspond à la couche turbide benthique de la station St15 (11,16 NTU), localisée en face du creek de la Rade Nord (Figure 7).

Dans le Canal Havannah, la turbidité moyenne est moitié moins élevée que celle de la Baie du Prony. Toutefois, cette valeur est majorée par la présence d'une couche d'eau superficielle turbide à la station St21 (9,93NTU). Les mesures faites aux autres stations du Canal de la Havannah montrent des turbidités très faibles, en accord avec l'entrée d'eau océanique (marée montante).

Dans la zone de l'île Ouen, les colonnes d'eau sont plus homogènes.

Au niveau des baies du Canal, une couche de surface, fine et turbide est visible aux stations St06 et St03. Elles correspondent au gradient de salinité qui diminue à ces mêmes niveaux.



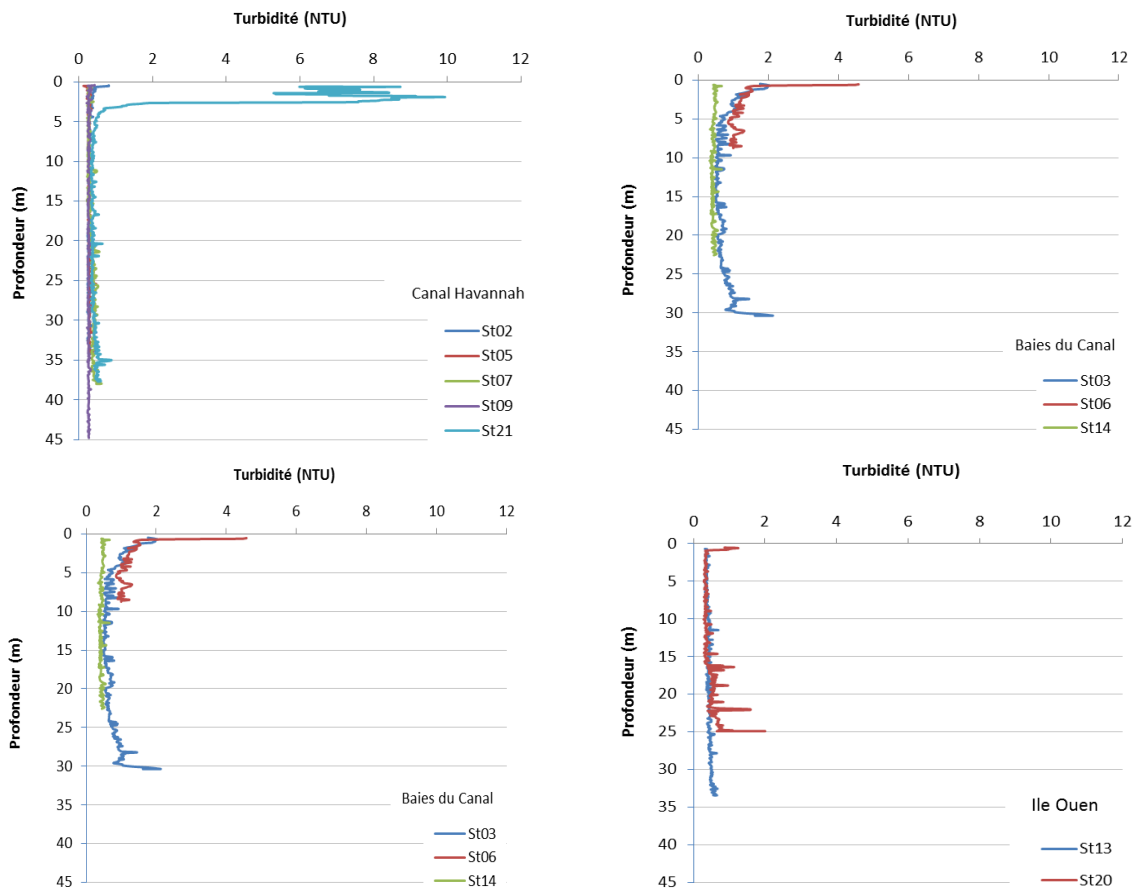


Figure 7: Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

#### Ce qu'il faut retenir :

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des 20 et 21 avril provenant des creeks de la Baie du Prony, de la Kwé et de Port Boisé ainsi que l'influence océanique dans stations du Canal de la Havannah.

Les apports d'eau douce dues aux précipitations atmosphériques sont décelables, dans les couches d'eaux de surface (-5 m) des baies du Canal et de la Baie du Prony. En effet, les températures y sont plus fraîches et la salinité plus faible. Une exception est faite à la station St16 qui est relativement éloignée des embouchures de creeks.

Les différences de température et de salinité modifient le comportement des matières en suspension et influence leur répartition qui se traduit alors sur les profils de turbidité et de fluorescence des colonnes d'eau.

Les turbidités notables sont observées en surface aux stations St06, St19. Elles sont liées aux phénomènes d'halocline et de thermocline qui délimitent les eaux douces superficielles moins denses et l'eau de mer plus dense produisant ainsi une stratification des masses d'eau.

En revanche, à la station St21, aucun des paramètres mesurés n'est lié directement au pic de turbidité observé. Un bloom phytoplanctonique dans une zone d'upwelling peut être à l'origine de cette observation bien que la fluorescence ne montre pas de variation particulière. Une remontée des eaux froides profondes, riches en nutriments, vers la surface de l'océan pourrait expliquer la turbidité visible.

## B. ELEMENTS MAJEURS ET PH

Les concentrations des éléments majeurs et les valeurs de pH sont regroupées dans le Tableau 3 ainsi qu'en Annexe 3.

Comme observées lors des précédentes campagnes semestrielles, les concentrations des éléments majeurs ne présentent pas de différences entre les zones étudiées (Tableau 3). Celles-ci restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes ([Le Grand et al., 2010](#) ; [Le Grand et al., 2011](#) ; [Le Grand et al., 2012](#) ; [Le Grand et al., 2013](#) ; [Le Grand et al., 2014](#) ; [Le Grand et al., 2015](#)).

Le pH moyen ne diffère pas non plus entre les zones étudiées. Il est particulièrement homogène dans l'ensemble de la zone d'étude ( $8,20 \pm 0,02$ ) (Tableau 3). Le pH moyen global mesuré lors de cette campagne est identique à celui obtenu lors de la précédente campagne de mars 2016 ( $8,20 \pm 0,02$ ) en saison chaude. La seule station à laquelle le pH est légèrement plus faible aux trois niveaux de profondeur est la station St15, devant le creek de la Rade Nord, avec en surface pH=8,15 et à mi-profondeur et au fond pH=8,10.

**Tableau 3 : Concentrations des éléments majeurs et valeurs du pH mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.**

Zone d'étude	Statistique	pH	Eléments majeurs (mg/L)					
			Ca	K	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub>
Canal de la Havannah	Minimum	8,20	403	462	1350	10901	16069	2220
	Maximum	8,20	431	493	1436	11604	21658	2985
	Moyenne	8,20	419	479	1396	11309	19842	2797
	Ecart-type	0,00	9	8	26	202	1580	175
Baies du canal	Minimum	8,20	360	410	1204	9585	18864	1490
	Maximum	8,20	430	492	1426	11574	24453	3200
	Moyenne	8,20	409	470	1366	11044	21658	2564
	Ecart-type	0,00	22	26	71	631	1781	523
Baie du Prony	Minimum	8,10	407	469	1368	11052	21658	2775
	Maximum	8,20	432	493	1437	11599	24453	2995
	Moyenne	8,18	424	486	1416	11415	22997	2882
	Ecart-type	0,04	8	8	23	175	916	68
Ile Ouen	Minimum	8,20	419	484	1410	11374	20960	2350
	Maximum	8,20	433	497	1446	11655	23754	3015
	Moyenne	0,00	427	489	1427	11494	22357	2812
	Ecart-type	0,00	5	4	13	99	884	238

## C. MATIERES EN SUSPENSION

**Rappel :** La mesure des matières en suspension (MES) est importante dans les milieux côtier et estuarien car elle reflète à la fois l'importance des apports terrigènes 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. En milieux côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5,0 mg/L (Aminot et Kérouel, 2004).

Les concentrations de matière en suspension (MES) déterminées lors de la campagne d'avril 2017 sont représentées dans la Figure 8, le Tableau 4, ainsi qu'en Annexe 3.

Les concentrations mesurées en MES sont très variables dans la zone d'étude (Tableau 4).

On constate deux ensembles, le premier comprend les baies avec des fortes concentrations en MES et une distribution verticale et le second avec des concentrations plus faibles et hétérogènes au sein de la colonne d'eau.

La concentration moyenne la plus forte a été obtenue dans la Baie du Prony au fond des stations St15, St16, St19 ( $0,517 \pm 0,402$  mg/L). Dans cette zone, la présence de MES en surface et au fond est plus marquée qu'à mi-profondeur. Les profils de turbidité de ces stations confirment leur distribution en couches à l'exception de la station St19. C'est également dans cette zone où l'on observe la plus importante variation entre les valeurs de MES avec un coefficient de variation de 78%.

Dans les baies du Canal, la station St14 montre un gradient de MES vertical avec une très forte concentration en surface. Au niveau du Canal de la Havannah, la répartition des MES dans la colonne d'eau est variable. La forte concentration mesurée en surface de la station St21 correspond au pic de turbidité observé avec la sonde multiparamétrique. A l'île Ouen, les valeurs de MES sont homogènes à la station St20 et montrent une distribution verticale avec une concentration plus élevée au fond qu'en surface.

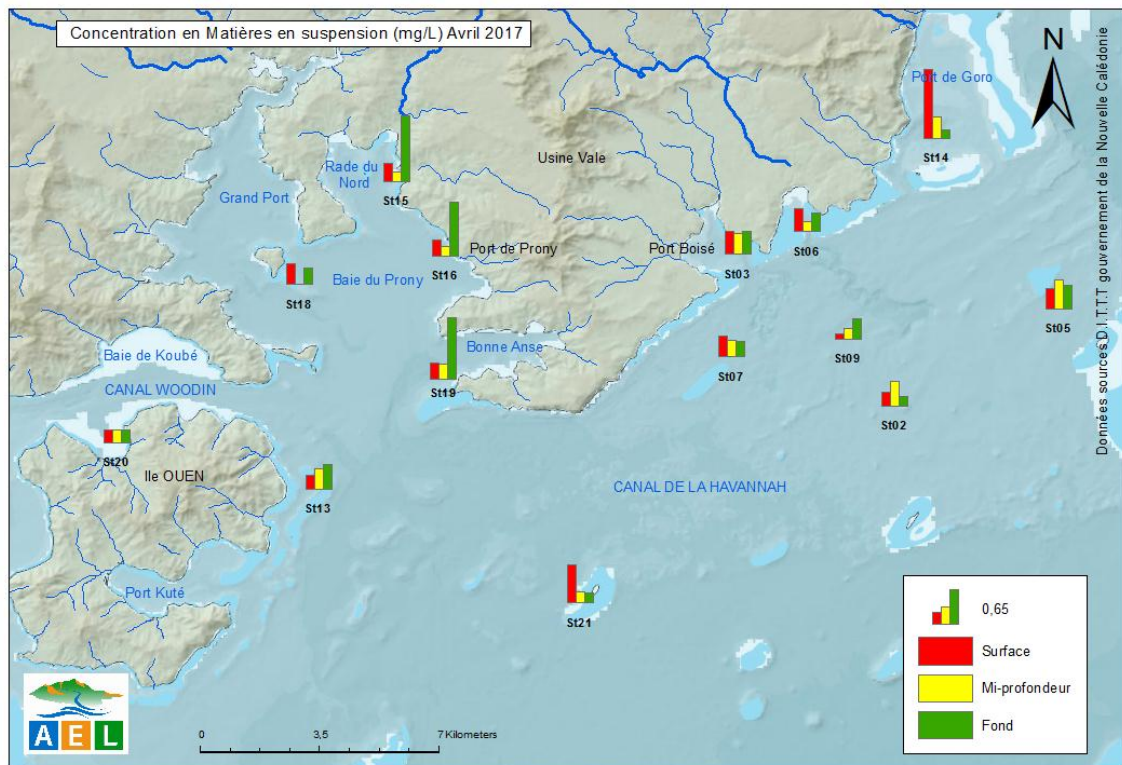


Figure 8 : Concentrations de matières en suspension (MES) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Tableau 4 : Concentrations de MES mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Zone d'étude	Statistique	MES (mg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,110
	Maximum	0,718
	Moyenne	0,335
	Ecart-type	0,160
Baies du canal	Minimum	0,155
	Maximum	1,291
	Moyenne	0,456
Baie du Prony	Ecart-type	0,331
	Minimum	0,179
	Maximum	1,231
Ile Ouen	Moyenne	0,517
	Ecart-type	0,402
	Minimum	0,233
Ile Ouen	Maximum	0,451
	Moyenne	0,299
	Ecart-type	0,089

**Ce qu'il faut retenir :**

Les concentrations en éléments majeurs et pH restent semblables aux différentes campagnes semestrielles effectuées et sont sensiblement homogènes entre les différentes zones étudiées.

A l'inverse, les concentrations de MES diffèrent entre les zones. En effet, ces dernières mettent en évidence les apports terrigènes dus aux fortes précipitations combinés à de possibles phénomènes de remise en suspension dans les baies du Canal, tout comme dans la Baie du Prony. La distribution verticale en MES qui est observée sur la majorité des stations est nettement corroborée par les profils de turbidité enregistrés, à l'exception de la station St19.

Dans le Canal de la Havannah et à l'île Ouen où l'influence majeure est océanique, les concentrations moyennes sont faibles. Les concentrations de MES mesurées dans cette zone sont également en lien avec les profils de turbidité enregistrés.

## D. SELS NUTRITIFS

**Rappel :** L'usage des limites de quantification (LQ) permet de garantir le niveau de sensibilité des analyses mais a pour conséquence d'éliminer des données lors des traitements numériques lorsque les éléments sont en très faibles concentrations, mais supérieures aux limites instrumentales. Avec des jeux de données peu denses, les concentrations moyennes sont alors artificiellement majorées. Afin de se rapprocher de la réalité, certaines équipes font appel aux limites de détection (LD), plus basses que les LQ. Dans cette étude, la relation qui peut être admise entre ces deux grandeurs correspond à un facteur 3. Ainsi, pour les analyses effectuées par le laboratoire AEL, les valeurs comprises entre ces deux seuils ont été prises en compte tandis que les valeurs inférieures à cette LD sont considérées comme nulles.

**Note :** Les concentrations comprises entre les valeurs nulles (inférieures à la LD) et la LQ sont prises en compte dans les calculs de moyennes et écart-types, ce qui explique que les moyennes calculées soient inférieures aux LQ dans les tableaux du rapport.

Les concentrations des sels nutritifs de la campagne semestrielle d'avril 2017 sont regroupées les Figure 9, Figure 10, Figure 11, Figure 12, le Tableau 5 et l'Annexe 4

### 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  $\text{NO}_3^-$  variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.

**Note :** Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour le dosage des  $\text{NO}_3^-$  est celle fondée sur le dosage des ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) obtenus par réduction des ions  $\text{NO}_3^-$ . Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrates + nitrites ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) par photométrie (Oudot et Montel, 1988).

Lors de cette campagne, les concentrations en  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  les plus importantes se retrouvent essentiellement dans la Baie du Prony et dans les baies du Canal (Tableau 3 et Figure 9). Elles forment un gradient vertical aux stations St15, St16, St19 et St03 avec des concentrations plus importantes au fond. A contrario, les concentrations sont plus faibles au fond de la station St06.

La présence en  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  se détecte dans le Canal de la Havannah et à l'île Ouen mais reste très faible.

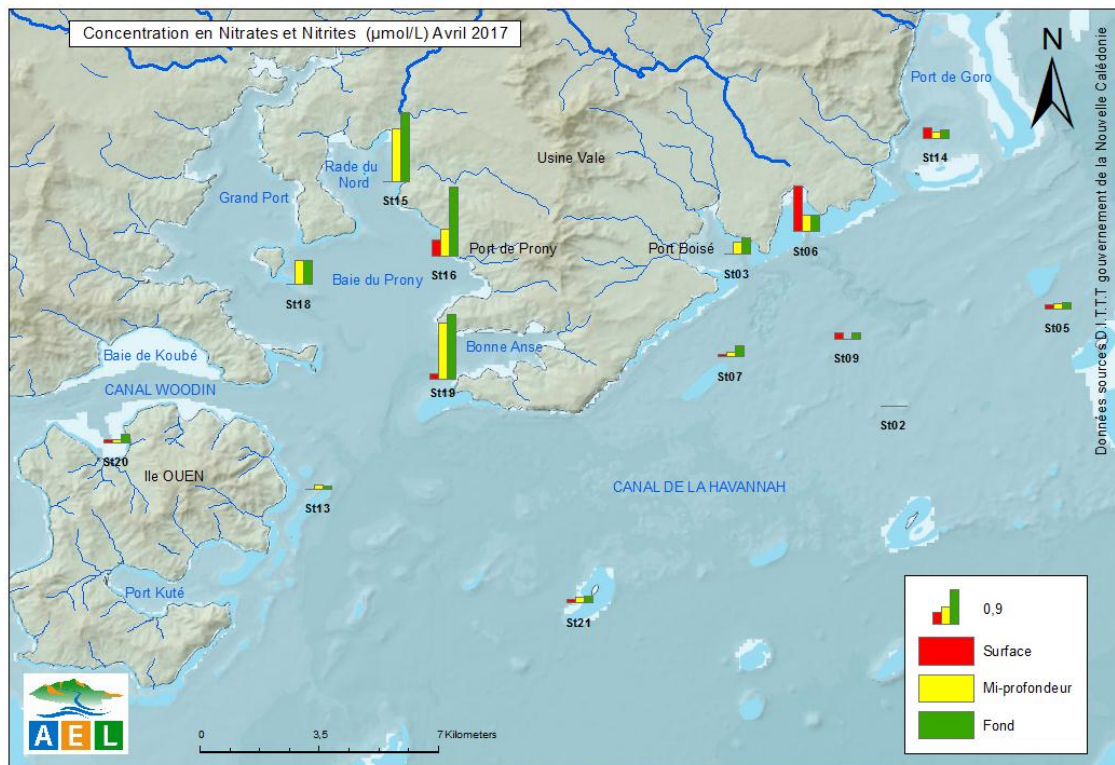


Figure 9: Concentrations en nitrates et nitrites ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

## 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.

La répartition de l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) dans la zone d'étude est très hétérogène tant au niveau spatial qu'au niveau vertical. La concentration moyenne la plus haute a été obtenue dans les baies du Canal avec  $0,500 \pm 0,327 \mu\text{mol/L}$ . Toutefois, cette valeur est majorée par la présence de deux concentrations exceptionnellement élevées aux stations St03 et St06 en surface, avec respectivement  $0,633 \mu\text{mol/L}$  et  $1,106 \mu\text{mol/L}$ . La valeur la plus élevée mesurée pendant cette campagne a été mesurée à la station St18 avec  $1,721 \mu\text{mol/L}$  au fond. A contrario, les concentrations moyennes les plus faibles ont été obtenues dans le Canal de la Havannah ( $0,167 \pm 0,045 \mu\text{mol/L}$ , Tableau 5).

Globalement, les eaux de fond concentrent plus de  $\text{NH}_4$ , à l'exception des stations St03, St06, St15 et St20 (Figure 10).



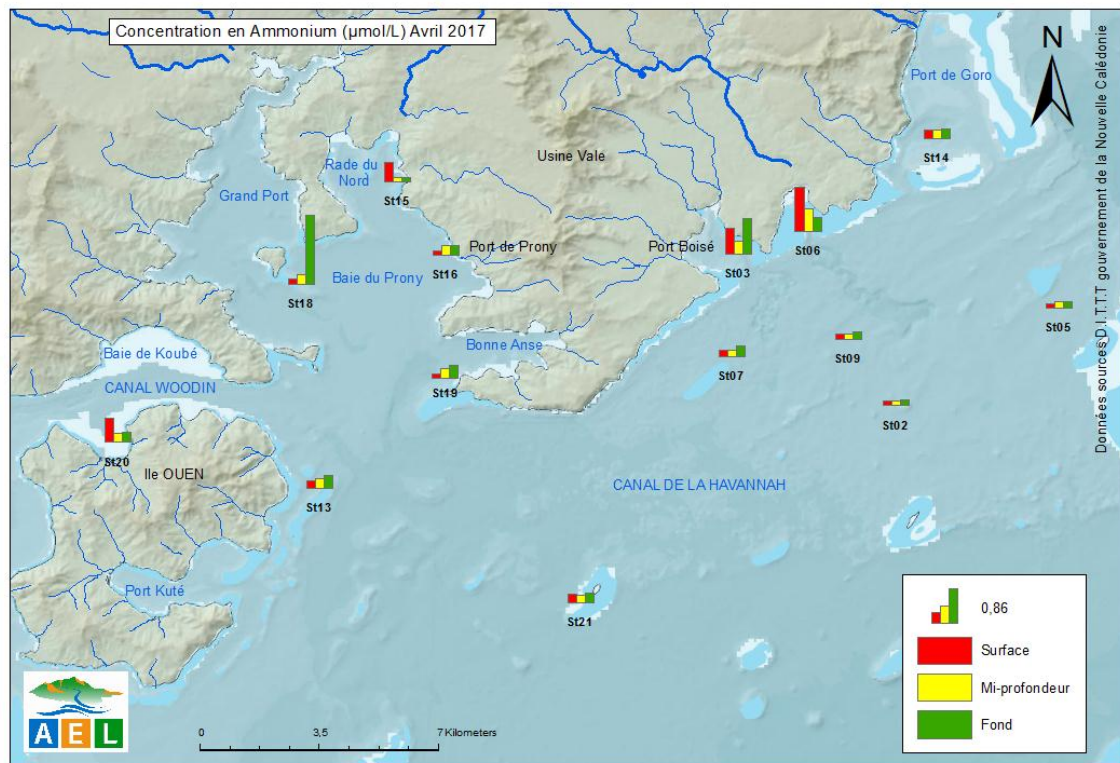


Figure 10: Concentrations en ammonium ( $\text{NH}_4$ ) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

### 3. Phosphates

**Rappel:** Dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ ). 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 superficielle qui reçoit suffisamment de lumière pour que la production végétale y excède les pertes). En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène et/ou anthropique.

Lors de cette campagne, les phosphates sont présents de façon aléatoire sur toute la zone et de façon peu interprétable. On en retrouve en Baie du Prony à mi-profondeur et/ou au fond des stations St15, St16, St18 et St19. En revanche, à l'île Ouen, les  $\text{PO}_4^{2-}$  se retrouvent uniquement en surface de la station St13 à une concentration maximale. Dans le Canal de la Havannah, la concentration en surface de la station St09 est plus élevée que celle présente à mi-profondeur de la station St21 (Figure 11 et Annexe 4).



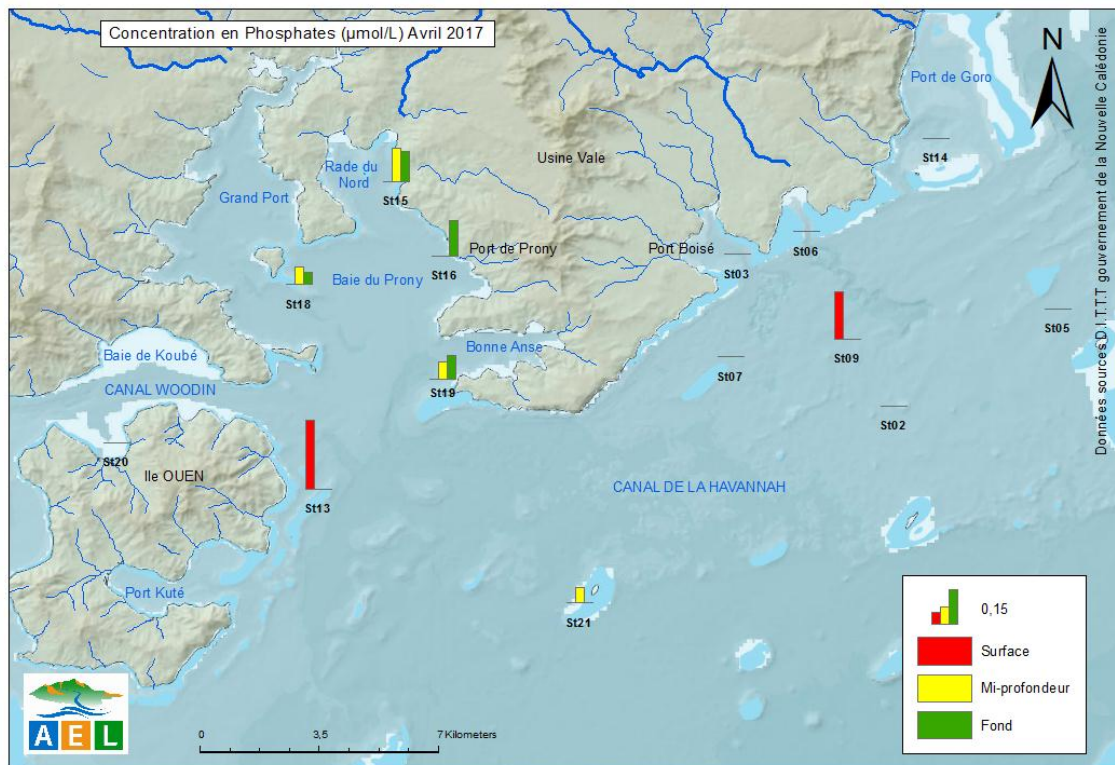


Figure 11: Concentrations en phosphates ( $PO_4^{2-}$ ) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

#### 4. Silicates

**Rappel:** Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates ( $SiO_4^{2-}$ ), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et de 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 silicates, dans certains contextes géologiques comme en Nouvelle-Calédonie, sont aussi des traceurs de l'altération des roches terrestres.

Une distribution spatiale large des  $SiO_4$  s'observe sur l'ensemble de la zone d'étude. La concentration moyenne est de  $3,78 \mu\text{mol/L}$  variant de  $1,73$  à  $18,43 \mu\text{mol/L}$ .

Les concentrations en  $SiO_4$  sont particulièrement élevées aux embouchures de creeks et en surface de la colonne d'eau au niveau des baies de Port Boisé, de la Kwé, de la Rade Nord et à l'îlot Casy.

Ces résultats mettent en évidence une distribution « côte-large » et « surface-fond » décroissante. Cela s'explique par la présence des apports terrigènes provenant des bassins versants alimentant les baies Kwé et de Prony (Figure 12).

La concentration moyenne en  $SiO_4$  obtenue dans le Canal de la Havannah est la plus faible ( $2,21 \pm 0,44 \mu\text{mol/L}$ ).

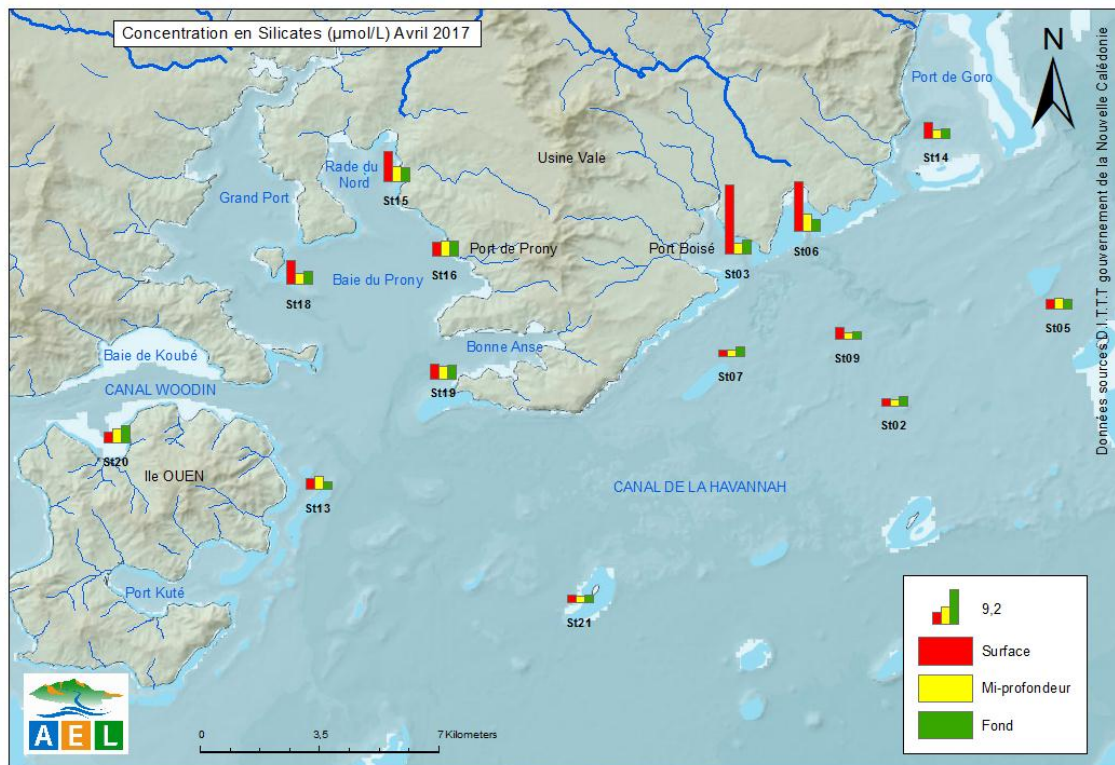


Figure 12: Concentrations en silicates ( $\text{SiO}_4$ ) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Tableau 5 : Concentrations des sels nutritifs mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Zone d'étude	Statistique	Sels nutritifs ( $\mu\text{mol/L}$ )			
		$\text{NO}_3+\text{NO}_2$	$\text{NH}_4$	$\text{PO}_4$	$\text{SiO}_4$
Canal de la Havannah	Minimum	<0,017	0,115	<0,017	1,726
	Maximum	0,291	0,260	0,291	3,152
	Moyenne	0,120	0,167	0,120	2,208
	Ecart-type	0,074	0,045	0,074	0,438
Baies du canal	Minimum	<0,017	0,207	<0,017	2,300
	Maximum	1,205	1,106	1,205	18,430
	Moyenne	0,391	0,500	0,391	6,170
	Ecart-type	0,338	0,327	0,338	5,675
Baie du Prony	Minimum	<0,017	0,105	<0,017	3,013
	Maximum	1,806	1,721	1,806	8,178
	Moyenne	0,883	0,338	0,883	4,284
	Ecart-type	0,699	0,449	0,699	1,487
Ile Ouen	Minimum	<0,017	0,195	<0,017	1,915
	Maximum	0,226	0,606	0,226	4,454
	Moyenne	0,094	0,307	0,094	3,136
	Ecart-type	0,074	0,152	0,074	0,892

Surlignée en jaune : donnée entre LQ (0,050  $\mu\text{mol/L}$ ) et LD (0,017  $\mu\text{mol/L}$ ).

**Ce qu'il faut retenir :**

Lors de cette campagne, les sels nutritifs  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ , les  $\text{PO}_4$ , les  $\text{SiO}_4$  et le  $\text{NH}_4$  ont été quantifiables dans l'ensemble de la zone d'étude. Ils sont particulièrement représentés dans la Baie du Prony et dans les baies du Canal.

La présence en  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  témoigne de l'activité biologique animale et végétale pouvant se produire « saison chaude » dans les baies (productivité primaire).

Les  $\text{PO}_4$ , sont présent essentiellement à mi-profondeur et au fond de la Baie du Prony. Les concentrations de  $\text{SiO}_4$  ont été quantifiables sur l'ensemble de la zone avec une répartition bien définie. En effet, les valeurs reflètent les apports terrigènes induits par les précipitations atmosphériques des 20 et 21 avril.

Pour le  $\text{NH}_4$ , des variations assez importantes de concentrations s'observent dans les baies du Canal en St03 et St06. Une concentration maximale et isolée a été relevée en profondeur de la station St18 traduisant un processus de dégradation incomplet de la matière organique.

## E. MATIERES ORGANIQUES

Les concentrations de matières organiques dissoutes et particulaires mesurées lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 sont regroupées dans les Figure 13 et Figure 14 et le Tableau 6, ainsi que l'Annexe 5.

### 1. Azote et phosphore organiques dissous

**Rappel :** La contribution naturelle de l'azote et du phosphore organique 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 organiques dissous est très faible, particulièrement dans l'océan ouvert.

Globalement, la concentration moyenne d'azote organique dissous (NOD) sur l'ensemble du site d'étude est de  $6,307 \pm 0,627 \mu\text{mol/L}$ . (Figure 13). Il y a peu d'écart entre les concentrations moyennes pour chaque zone d'étude (Tableau 6). On décèle des concentrations en NOD mesurables à tous les niveaux de la colonne d'eau et de manière homogène. Aucun gradient n'est perceptible.

Le phosphore organique dissous (POD) se retrouve dans l'ensemble de la zone d'étude. En revanche, il n'est quantifiable qu'en surface dans la Baie du Prony et à la station St03. Les concentrations moyennes les plus élevées se situent dans le Canal de la Havannah où la distribution des POD est verticale et à l'île Ouen.

En dépit de cette variabilité des concentrations, aucune évolution horizontale structurée n'est constatée pour les POD.

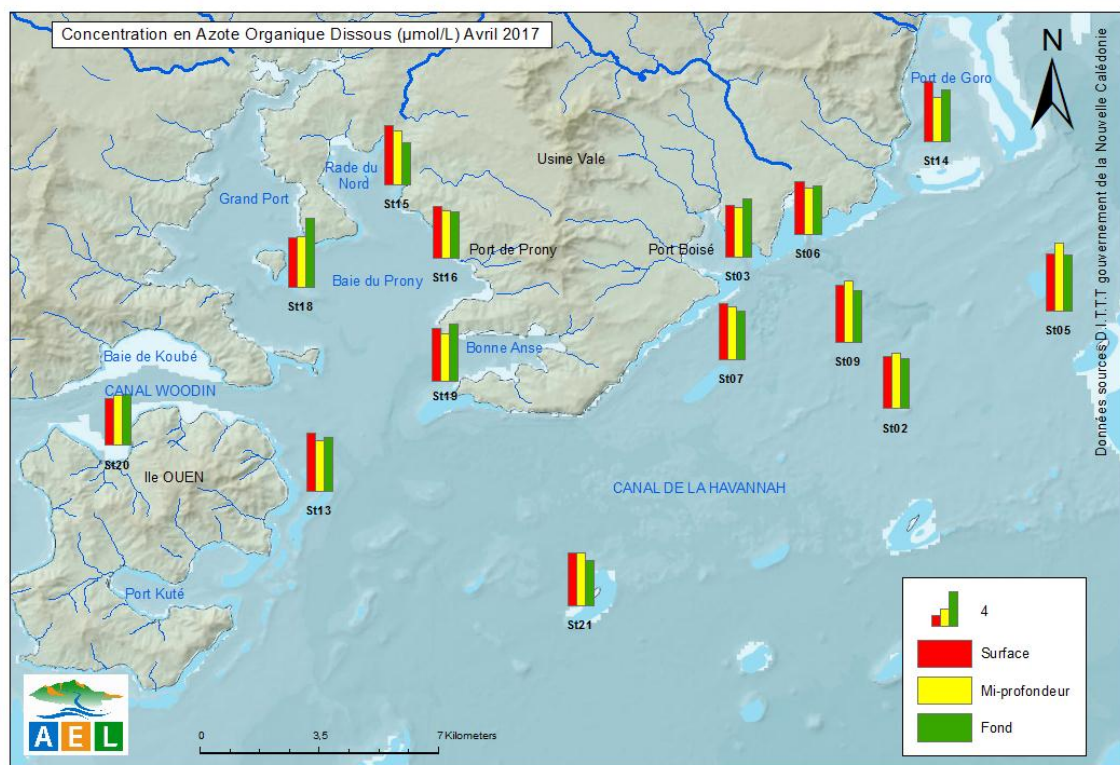


Figure 13 : Concentrations en azote organique dissous (NOD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.



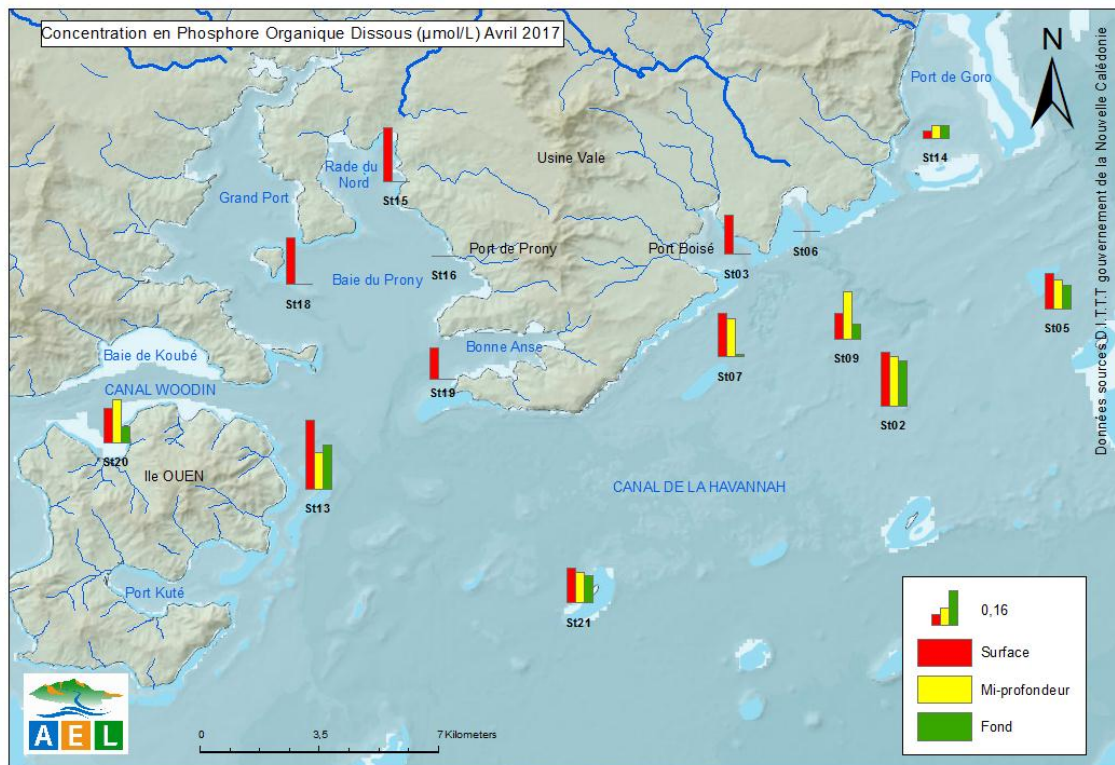


Figure 14 : Concentrations en phosphore organique dissous (POD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

## 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.

**Note :** La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire. Cependant, les études environnementales fixent généralement la limite de taille à  $0,45 \mu\text{m}$  (Strickland et Parsons 1972). Grâce à des filtres la charge organique particulaire est récupérée et analysée.

Pour l'azote et le phosphore organique particulaire (NOP et POP), la distribution des concentrations moyennes montre un gradient « côte-large » croissant ; les concentrations les plus faibles sont mesurées dans les baies, cette répartition étant inhabituelle. Pour autant, les concentrations entre les stations de baie et celles du large présentent peu d'écart (Figure 15 et Figure 16).

Le carbone organique particulaire (COP) montre une répartition hétérogène sur toute la zone d'étude avec une moyenne globale de  $7,8 \pm 3,4 \mu\text{mol/L}$ . Les zones des baies du canal et du Canal de la Havannah ont une moyenne supérieure à la globale avec respectivement  $10,1 \pm 4,6 \mu\text{mol/L}$  et  $8,2 \pm 3,4 \mu\text{mol/L}$ . Leurs distributions verticales sont variables, contrairement à celles des zones de la Baie du Prony et de l'île Ouen qui sont plus homogènes (avec respectivement :  $6,6 \pm 1,9 \mu\text{mol/L}$  et  $5,8 \pm 1,1 \mu\text{mol/L}$ ) (Figure 17).

Quelques stations ont des concentrations de COP particulièrement élevées à mi-profondeur telles que St03 (19,1 µmol/L) et St02-S (18,3 µmol/L). Inversement, les stations St02 et t19 ont des concentrations au fond plus faibles (Figure 17).

Pour les trois paramètres (COP, NOP et POP), des concentrations importantes sont relevées les eaux de fond des stations St06 et St16. Il en est de même, en surface pour les stations St03, St14 et St20 (Figure 15 ; Figure 16 ; Figure 17 et Tableau 6). Plus en détail :

- Pour le COP, les valeurs dans le Canal de la Havannah augmentent légèrement avec la profondeur;
- Pour le NOP, les concentrations sont plus élevées en surface, à l'exception de deux stations (St16 avec 0,676 µmol/L au fond et St19 à mi-profondeur avec 2,349 µmol/L) ;
- Pour le POP, les concentrations augmentent avec la profondeur à l'exception des stations St13, St20, St03, St14 et St05.

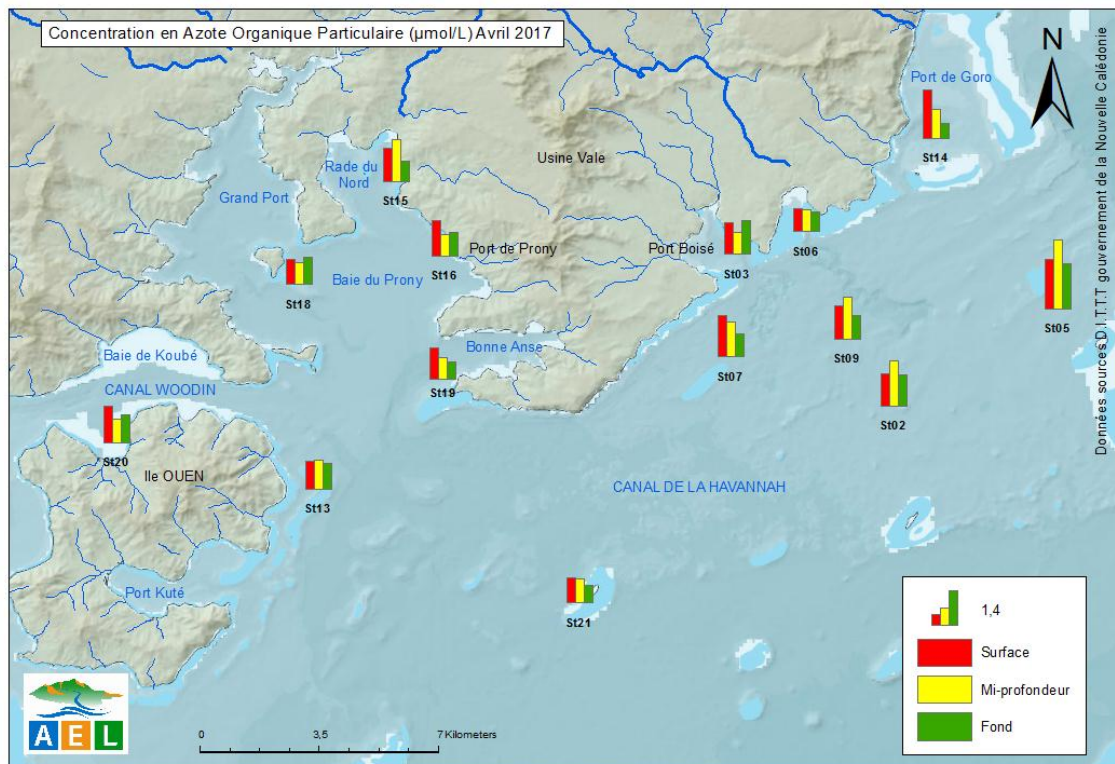


Figure 15 : Concentrations en azote organique particulaire (NOP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.



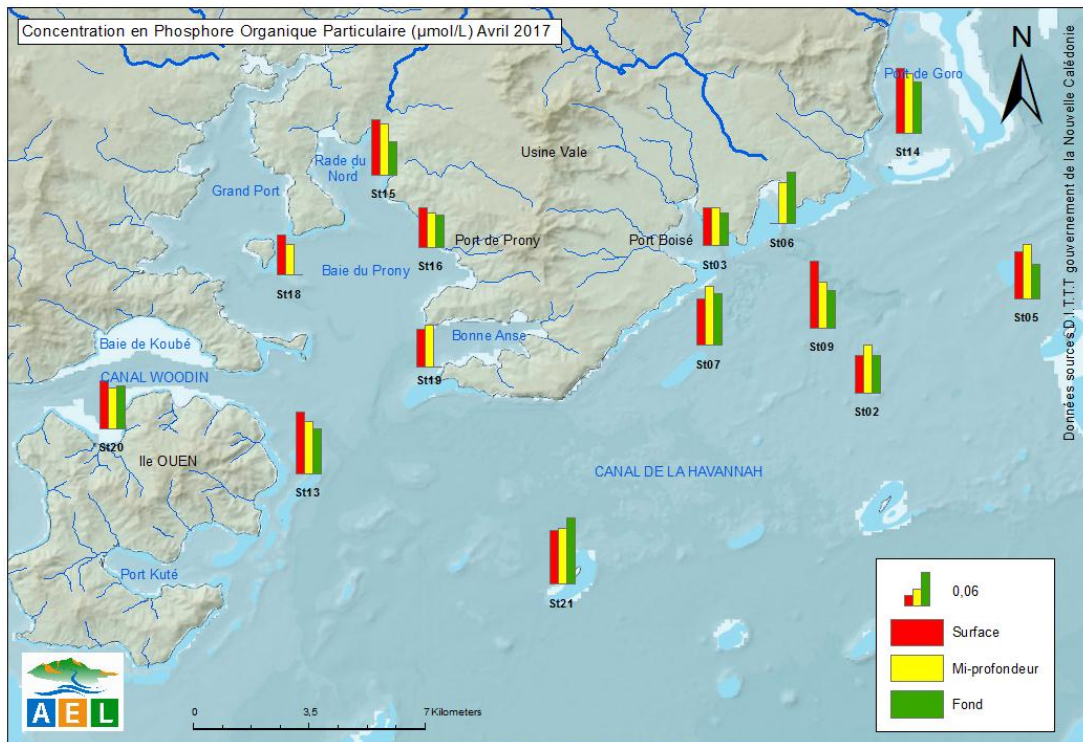


Figure 16 : Concentrations en phosphore organique particulaire (POP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

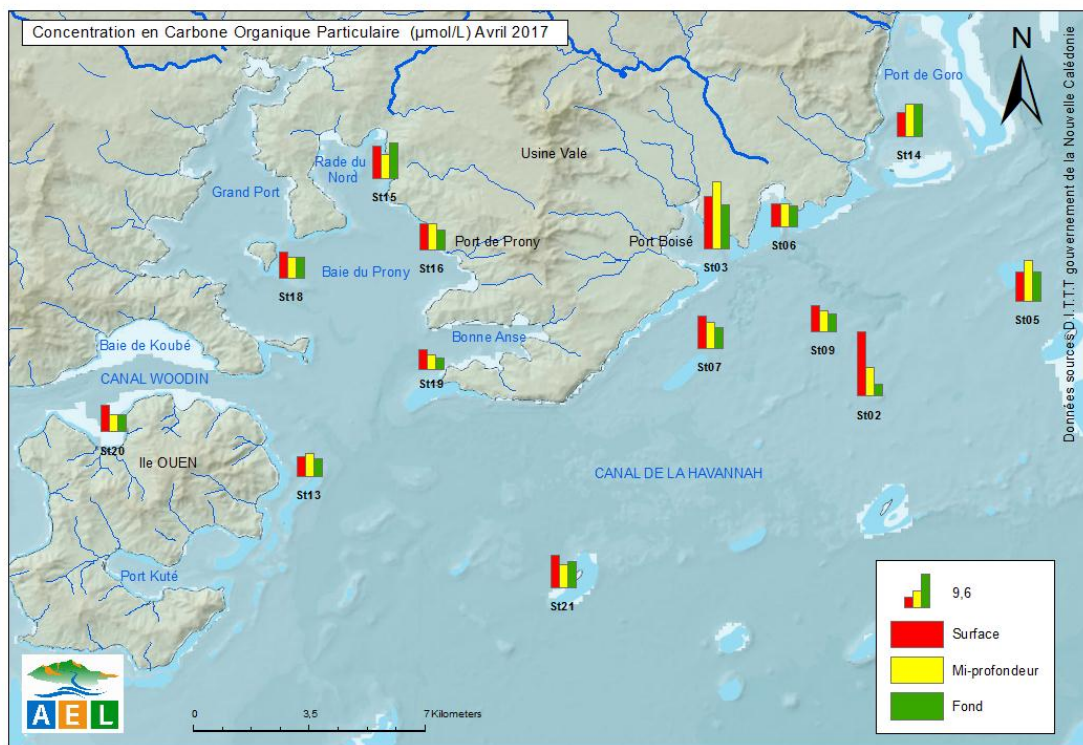


Figure 17 : Concentrations en carbone organique particulaire (COP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

**Tableau 6 : Concentrations de matières organiques dissoutes et particulaires mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.**

Zone d'étude	Statistique	Matière organique (µmol/L)				
		NOD	NOP	POD	POP	COP
Canal de la Havannah	Minimum	5,2	0,697	0,015	0,061	3,3
	Maximum	7,9	2,732	0,252	0,120	18,3
	Moyenne	6,3	1,414	0,157	0,088	8,2
	Ecart-type	0,6	0,526	0,064	0,018	3,4
Baies du canal	Minimum	5,1	0,615	0,000	0,047	5,8
	Maximum	7,0	1,930	0,182	0,117	19,1
	Moyenne	6,0	1,080	0,038	0,080	10,1
	Ecart-type	0,6	0,395	0,060	0,023	4,6
Baie du Prony	Minimum	4,8	0,666	0,000	0,039	3,3
	Maximum	8,0	1,648	0,253	0,100	10,0
	Moyenne	6,0	1,048	0,052	0,066	6,6
	Ecart-type	0,8	0,287	0,097	0,018	1,9
Ile Ouen	Minimum	5,3	0,948	0,075	0,073	5,0
	Maximum	6,8	1,428	0,324	0,109	7,5
	Moyenne	6,0	1,110	0,191	0,086	5,8
	Ecart-type	0,5	0,170	0,081	0,013	1,1



## F. CHLOROPHYLLE A

**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 produit de nombreux composés, dont principalement les phéopigments.

Les concentrations de Chlorophylle *a* déterminées lors de la campagne d'avril 2017 sont représentées dans la Figure 18 et dans le Tableau 7, ainsi qu'en Annexe 5.

La distribution en Chlorophylle *a* est disparate sur la zone d'étude. En effet, les eaux de la Baie du Prony sont les plus chargées ( $0,334 \pm 0,136 \mu\text{g/L}$ ). Celles des baies du Canal et de l'île Ouen ont des concentrations moyennes similaires avec respectivement  $0,238 \pm 0,071 \mu\text{mol/L}$  et  $0,246 \pm 0,046 \mu\text{mol/L}$ . Les concentrations moyennes les plus faibles sont observées dans le Canal de la Havannah (Tableau 7).

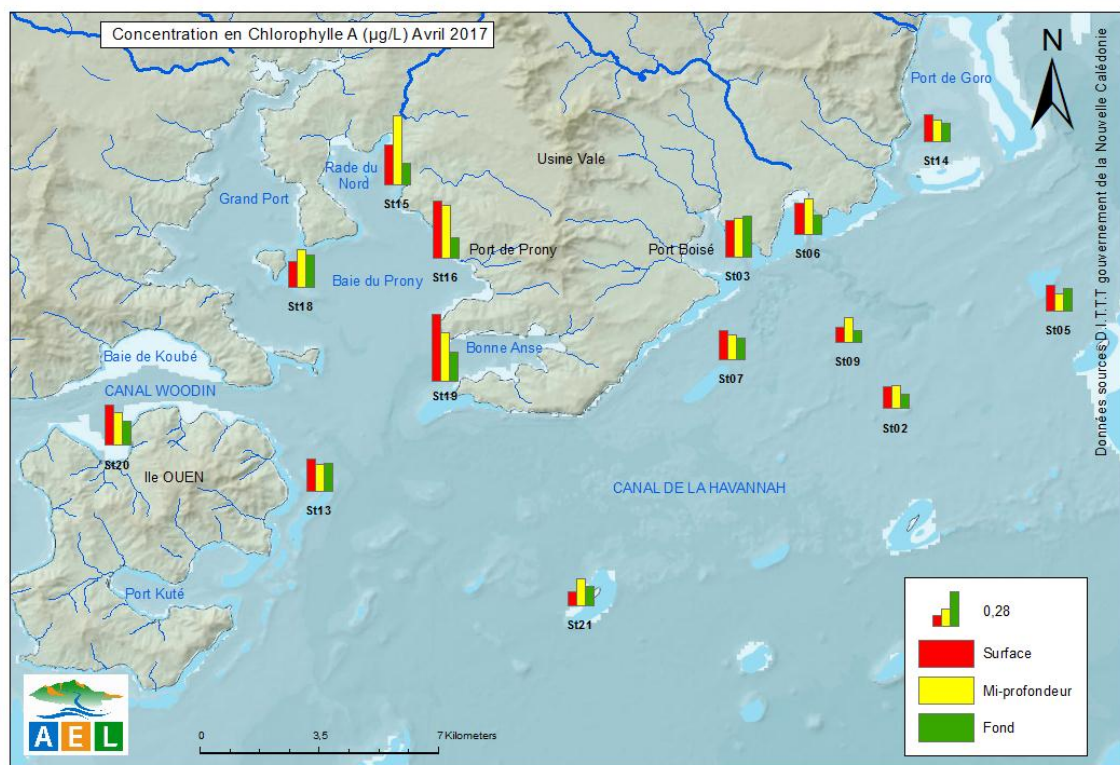


Figure 18 : Concentrations en chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

**Tableau 7: Concentrations de chlorophylle a mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.**

Zone d'étude	Statistique	Chlorophylle a (µg/L)
Canal de la Havannah	Minimum	0,087
	Maximum	0,228
	Moyenne	0,165
	Ecart-type	0,043
Baies du canal	Minimum	0,145
	Maximum	0,330
	Moyenne	0,238
	Ecart-type	0,071
Baie du Prony	Minimum	0,165
	Maximum	0,551
	Moyenne	0,334
	Ecart-type	0,136
Ile Ouen	Minimum	0,193
	Maximum	0,323
	Moyenne	0,246
	Ecart-type	0,046

#### Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations en azote (NOD et NOP) ne présentent pas de distribution spatiale marquée au sein de la zone d'étude et le phosphore particulaire (POP) est globalement présent de façon homogène. En revanche, la fraction dissoute du phosphore organique (POD) se révèle essentiellement au niveau du Canal de la Havannah et de l'île Ouen, aux trois niveaux de profondeur. Ce qui n'est pas le cas dans les baies où les POD se trouvent uniquement en surface.

La Chlorophylle a, se révèle principalement à proximité des côtes, les concentrations diminuent dans les eaux d'influence océanique.

Globalement, les concentrations de NOP, POP et COP mesurées lors de la campagne d'avril 2017 restent dans le même ordre de grandeur que celui des campagnes « saison chaude » depuis 2007. En revanche de légères fluctuations pour les POD et NOD sont observées, respectivement en diminution et en légère augmentation.

## G. METAUX DISSOUS

**Rappel :** L'usage des limites de quantification (LQ) permet de garantir le niveau de sensibilité des analyses mais a pour conséquence d'éliminer des données lors des traitements numériques lorsque les éléments sont en très faibles concentrations, mais supérieures aux limites instrumentales. Avec des jeux de données peu denses, les concentrations moyennes sont alors artificiellement majorées. Afin de se rapprocher de la réalité, certaines équipes font appel aux limites de détection (LD), plus basses que les LQ. Dans cette étude, la relation qui peut être admise entre ces deux grandeurs correspond à un facteur 3. Ainsi, pour les analyses effectuées par le laboratoire AEL, les valeurs comprises entre ces deux seuils ont été prises en compte tandis que les valeurs inférieures à cette LD sont considérées comme nulles. En ce qui concerne les analyses effectuées par un laboratoire prestataire dont les données en dessous de la LQ ne sont pas fournies, celles-ci sont minorées à LQ/3 pour les traitements numériques.

**Note :** Les concentrations comprises entre les valeurs nulles (inférieures à la LD) et la LQ sont prises en compte dans les calculs de moyennes et écart-types, ce qui explique que les moyennes calculées soient inférieures aux LQ dans les tableaux du rapport.

Les concentrations des métaux dissous obtenues lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 sont regroupées dans les Figure 19, Figure 20, Figure 21, Figure 22,

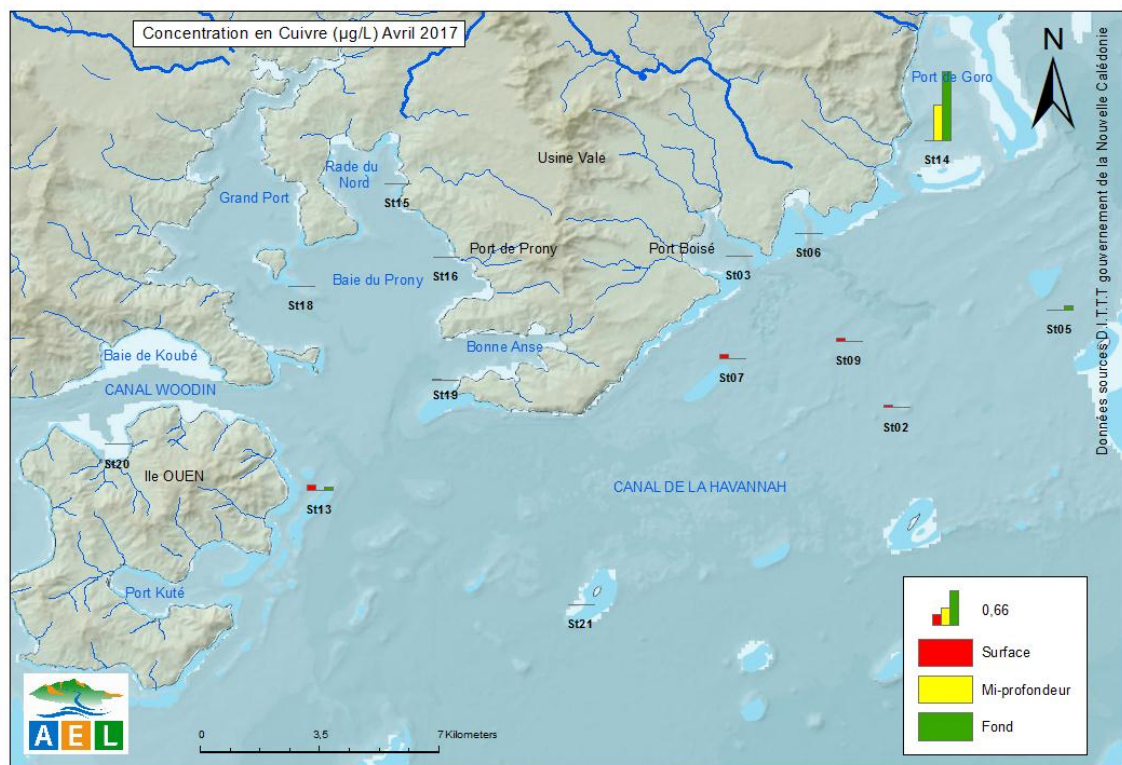


Figure 23, Figure 24 et Figure 25 et dans les Tableau 8 et Tableau 9 ainsi qu'en Annexe 6.

Aucune concentration de Cd n'a été détectée. Cet élément n'est présent qu'à l'état d'ultra-traces dans les roches latéritiques du sud calédonien ([Atlas de la Nouvelle-Calédonie, 1981](#)).

Seulement quelques concentrations en Pb ont été quantifiables dans le Canal de la Havannah (St05-S: 0,131 µg/L; St07-S : 0,307 µg/L et St09-M: 0,126 µg/L); dans les baies du Canal (St14-S : 0,688 µg/L) et à l'île Ouen (St20-S: 0,140 µg/L). Il en est de même pour le Zn détecté uniquement dans le Canal de la Havannah (St05-F : 1,090 µg/L ; St07-M : 1,448 µg/L et St20-F : 1,166 µg/L) et dans les baies du Canal (St14-S : 4,838 µg/L et St14-M : 1,308µg/L).

Les concentrations moyennes d'As sont relativement proches pour l'ensemble des zones étudiées (Tableau 8). La zone présentant une moyenne plus élevée est celle des baies du Canal (1,925 ± 0,403 µg/L). Globalement, aucune tendance spatiale claire n'est constatée (Figure 19). L'arsenic étant un élément ubiquiste, les variations sans un apport tiers, sont à lier avec les évolutions naturelles du milieu.

Le Fer est présent dans toute la zone d'étude mais se distingue particulièrement dans le Canal de la Havannah avec une moyenne relativement élevée due à une valeur maximale mesurée à la station St02 au fond (1,203 µg/L). Dans les baies du Canal et à l'île Ouen les valeurs moyennes sont proches avec respectivement 0,092 ± 0,058 et 0,097 ± 0,060 µg/L.

Le Cu se retrouve en faible quantité dans chacune des quatre zones. La concentration moyenne la plus élevée est observée dans les baies du Canal et est majorée par deux valeurs particulièrement hautes à la station St14 à mi-profondeur et au fond (respectivement : 0,674 µg/L et 1,318 µg/L) (Tableau 8).

**Tableau 8 : Concentrations de métaux dissous (As, Cr(VI), Cr-total, Co et Cu) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.**

Zone d'étude	Statistique	Métaux dissous (µg/L)				
		As*	Cr <sup>VI</sup>	Cr-total	Co	Cu
Canal de la Havannah	Minimum	1,2	0,116	0,142	<0,009	<0,008
	Maximum	2,4	0,145	0,249	0,017	0,079
	Moyenne	1,8	0,131	0,163	0,009	0,023
	Ecart-type	0,4	0,007	0,026	0,004	0,026
Baies du Canal	Minimum	1,6	0,112	0,162	0,020	<0,008
	Maximum	2,8	0,934	1,058	0,067	1,318
	Moyenne	1,9	0,299	0,382	0,035	0,232
	Ecart-type	0,4	0,281	0,304	0,017	0,462
Baie du Prony	Minimum	1,2	0,107	0,142	0,015	<0,008
	Maximum	2,1	0,524	0,622	0,102	0,027
	Moyenne	1,7	0,218	0,327	0,037	0,014
	Ecart-type	0,3	0,140	0,178	0,025	0,007
Ile Ouen	Minimum	1,1	0,136	0,188	<0,009	<0,008
	Maximum	1,5	0,214	0,257	0,040	0,111
	Moyenne	1,4	0,191	0,225	0,021	0,039
	Ecart-type	0,2	0,030	0,024	0,012	0,042

Surlignée en jaune : donnée entre <LQ (0,027 pour Co) et >LD (0,009 µg/L)



Tableau 9 : Concentrations de métaux dissous (Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Zone d'étude	Statistique	Métaux dissous (µg/L)				
		Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Canal de la Havannah	Minimum	0,033	0,018	0,058	<0,033	<0,333
	Maximum	1,203	0,239	0,262	0,307	1,448
	Moyenne	0,162	0,075	0,107	0,079	0,576
	Ecart-type	0,294	0,064	0,054	0,072	0,334
Baies du canal	Minimum	<0,023	0,095	0,145	<0,033	<0,333
	Maximum	0,185	0,353	0,726	0,688	4,838
	Moyenne	0,092	0,205	0,325	0,123	0,942
	Ecart-type	0,058	0,106	0,233	0,213	1,502
Baie du Prony	Minimum	<0,023	0,057	0,108	<0,033	<0,333
	Maximum	0,163	0,253	0,670	0,097	0,479
	Moyenne	0,043	0,147	0,236	0,044	0,343
	Ecart-type	0,039	0,068	0,161	0,023	0,079
Ile Ouen	Minimum	<0,023	<0,009	<0,022	<0,033	<0,333
	Maximum	0,197	0,268	0,264	0,140	1,166
	Moyenne	0,097	0,110	0,154	0,065	0,503
	Ecart-type	0,060	0,099	0,105	0,043	0,358

Surlignée en jaune : donnée entre <LQ (0,068, 0,028, 0,100 µg/L, respectivement pour Fe, Mn, Pb et >LD (0,023, 0,009, 0,033 µg/L, respectivement, Fe, Mn, Pb).

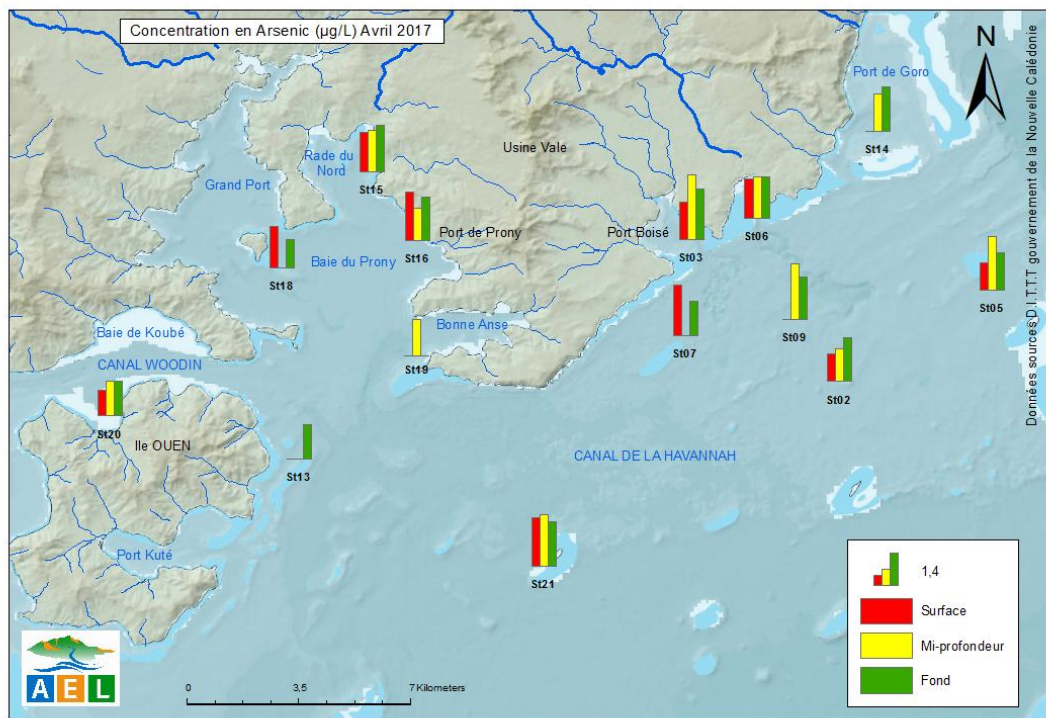


Figure 19 : Concentrations en arsenic (As) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Les métaux dissous Cr<sup>VI</sup>, Co, Mn et Ni présentent dans l'ensemble une double distribution « côte-large » et « surface-fond » décroissante bien définie. Les résultats, inversement corrélés aux profils de salinité, distinguent les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21), influencées par les apports océaniques, des stations de baies (St03, St06, St14, St15, St16 et St19), influencées par les apports terrigènes des rivières et creeks. Autour de l'île Ouen (St13 et St20), les niveaux de concentrations sont intermédiaires (Tableau 8 et Tableau 9). Lors de cette campagne le Co n'a pas été détectable au large.

Globalement, les valeurs maximales se concentrent dans les eaux de surface aux stations St06, St15, St18 et St20 (Figure 21, Figure 24 et Figure 25).

Les répartitions verticale et horizontale des concentrations de Co, Cr<sup>VI</sup>, Mn et Ni sont fortement corrélées (Figure 20, Figure 21, Figure 24 et Figure 25). Une exception est faite pour deux valeurs de Mn supérieures à la moyenne globale ( $0,135 \pm 0,090 \mu\text{g/L}$ ) dans le Canal de la Havannah aux stations St02-S, St09-S et St05-F.

La présence de Co aux 3 niveaux de profondeur avec une valeur forte ( $0,102 \mu\text{g/L}$ ) en surface concorde avec la légère baisse du pH à cette station, la faible salinité et la présence de MES en surface et au fond.

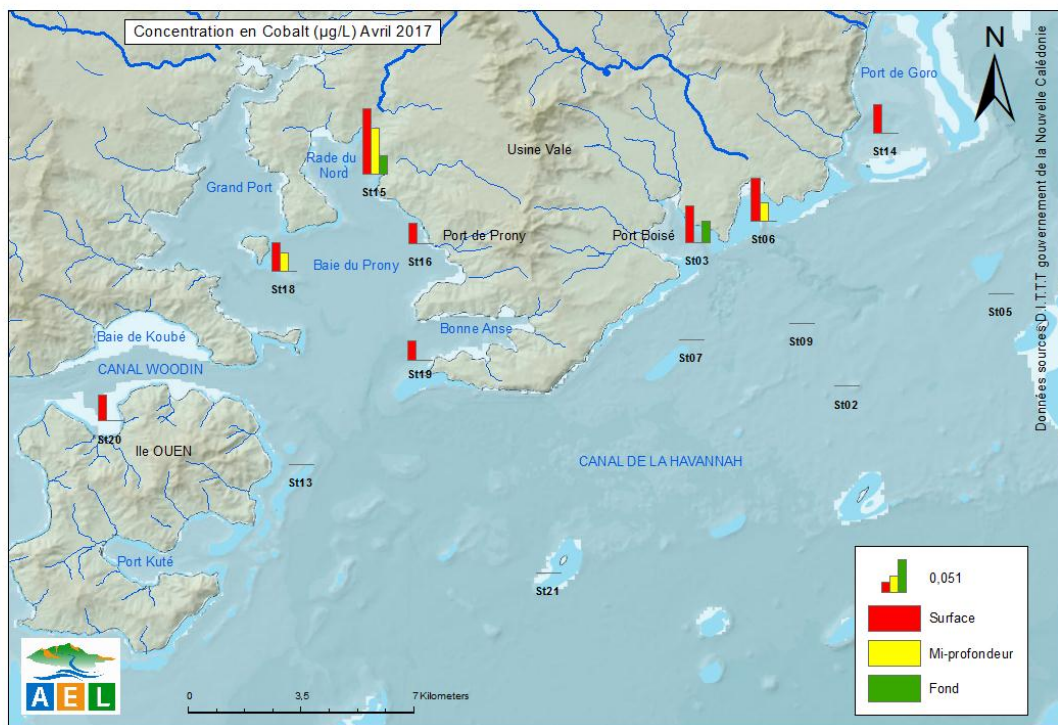


Figure 20: Concentrations en cobalt (Co) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

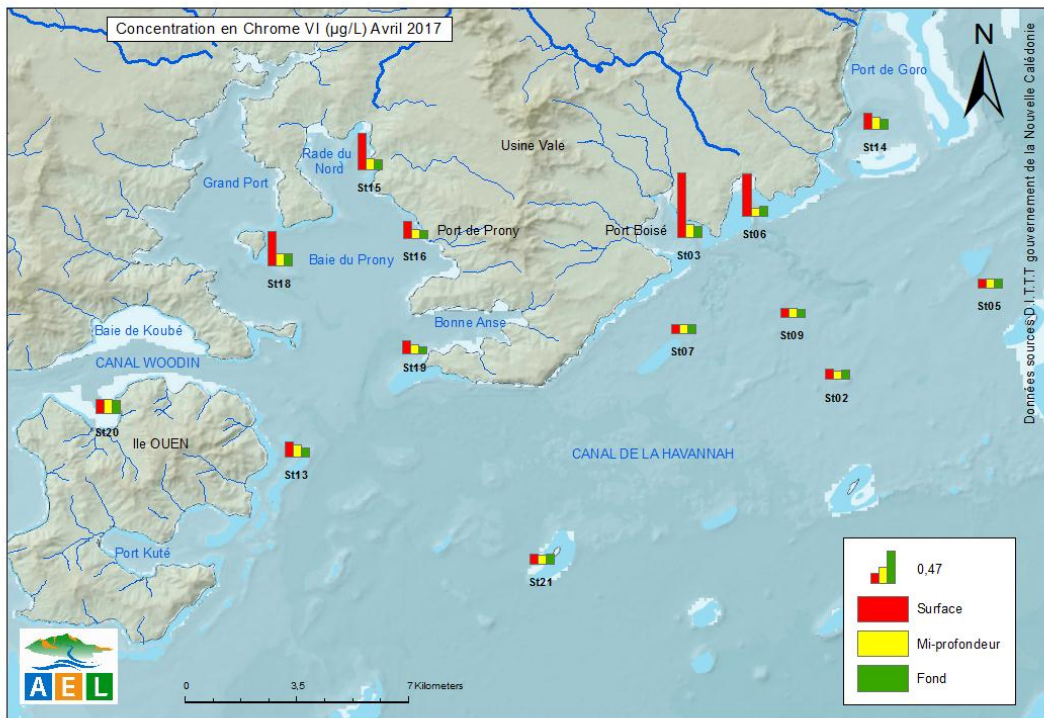


Figure 21 : Concentrations en chrome (CrVI) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

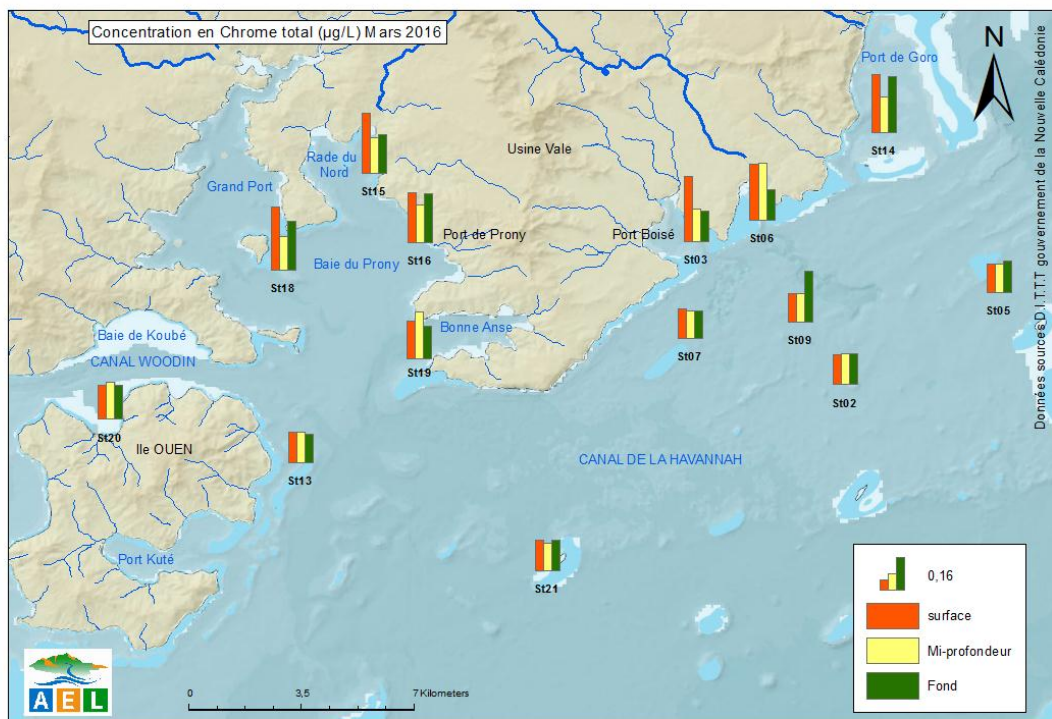


Figure 22: Concentrations en chrome total (Cr-tot) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.



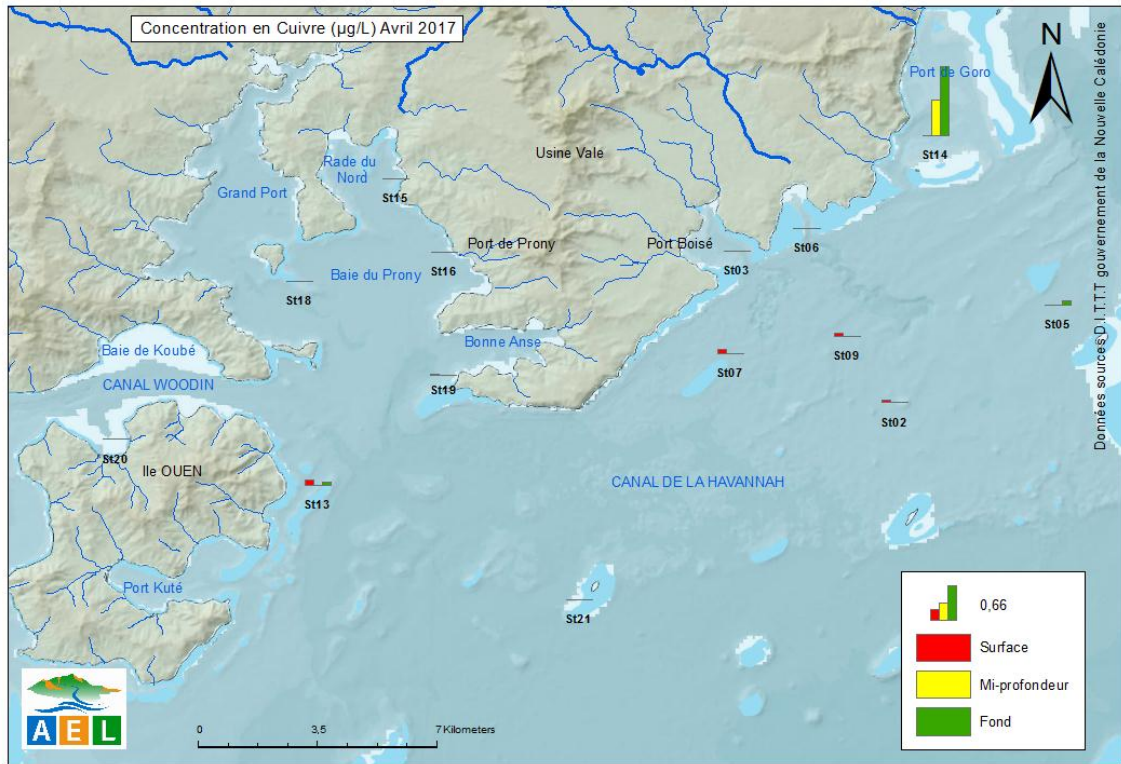


Figure 23: Concentrations en cuivre (Cu) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

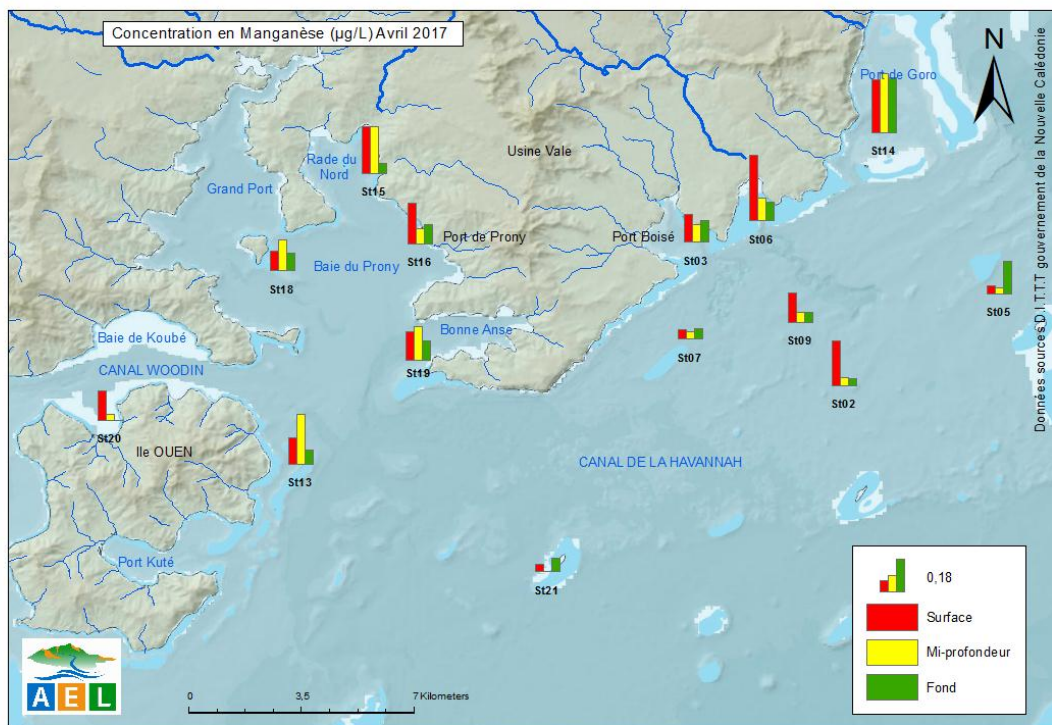


Figure 24 : Concentrations en manganèse (Mn) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.



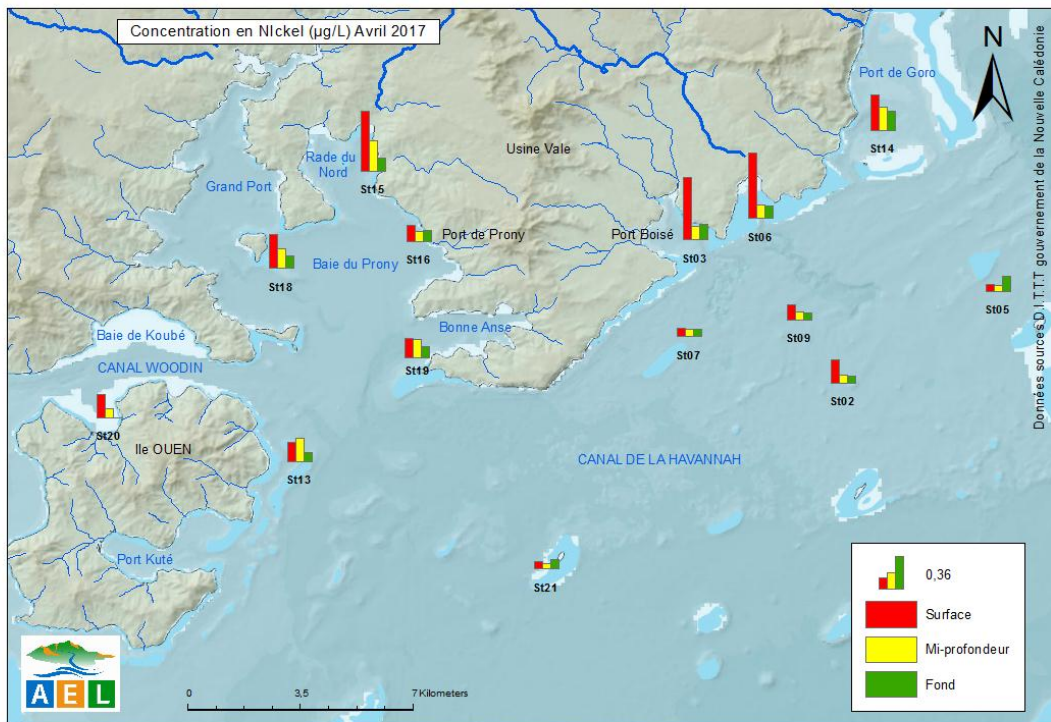


Figure 25 : Concentrations en nickel (Ni) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

#### Ce qu'il faut retenir :

Les métaux dissous  $Cr^{VI}$ , Cr-total, Co, Mn et Ni présentent une distribution « côte-large » et « surface-fond » décroissante. Ces métaux proviennent directement du sol latéritique dans lequel ils sont prédominants dans cette zone géographique. Les concentrations les plus importantes se situent en surface de la colonne d'eau dans les baies du Canal et la Baie du Prony, correspondant aux premiers mètres de dessalures dues à l'arrivée d'eaux douces des creeks. Sous l'influence d'un pH plus faible, ils se retrouvent sous formes dissoutes.

Ces métaux se retrouvent, en moindre quantité, au niveau des stations du Canal de la Havannah et de l'île Ouen qui sont majoritairement influencées par les apports océaniques.

Les concentrations de Cd sont non quantifiables, quant à celles d'As, elles ne présentent pas de distribution particulière dans le domaine d'étude. Pour le Cu, Fe, Pb et Zn, seulement quelques concentrations ont pu être quantifiées. Les plus élevées en Pb et Zn, sont mesurées à la station St14 en surface et pour le Cu au fond. La plus forte concentration en Fe apparaît à la station St02 au fond.

Globalement, les concentrations d'As,  $Cr^{VI}$ , Cr-total, Co, Mn et Ni mesurées lors de la campagne d'avril 2017 restent dans le même ordre de grandeur que celles recueillies lors des campagnes « saison chaude » depuis 2007.

## IV. SYNTHÈSE

**Rappel :** Cette synthèse regroupe les concentrations des sels nutritifs et des métaux dissous mesurées aux stations sentinelles depuis 2007 : St03 (Port Boisé), St05 (ilot Kié), St06 (Baie Kwé), St07 (Récif Ioro), St09 (Canal de la Havannah) et St15 (Prony Creek Rade Nord) pour les campagnes de suivi « **saison chaude** ». Ces stations reflètent deux différents types d'influence dénombrés dans la zone d'étude i) influence terrigène des creeks des baies de Port Boisé (St03), de la Kwé (St06) et du Prony (St15) et (ii) influence océanique dans le Canal de la Havannah (St05 et St07). La station St09 est également suivie en raison de la proximité du diffuseur (influence industrielle).

**Note :** La compilation et l'interprétation des **données temporelles** ne prennent en compte **uniquement que les valeurs supérieures ou égales à la LQ**. Ainsi les concentrations calculées statistiquement peuvent être légèrement majorées par rapport aux valeurs préalablement énoncées dans les résultats de la campagne d'avril 2017.

Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ont une influence sur la physico-chimie des eaux et sur la concentration en métaux dissous. L'historique des cumuls de précipitations, avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes entre 2007 et 2017, a été reporté, pour rappel, dans la Figure 25.

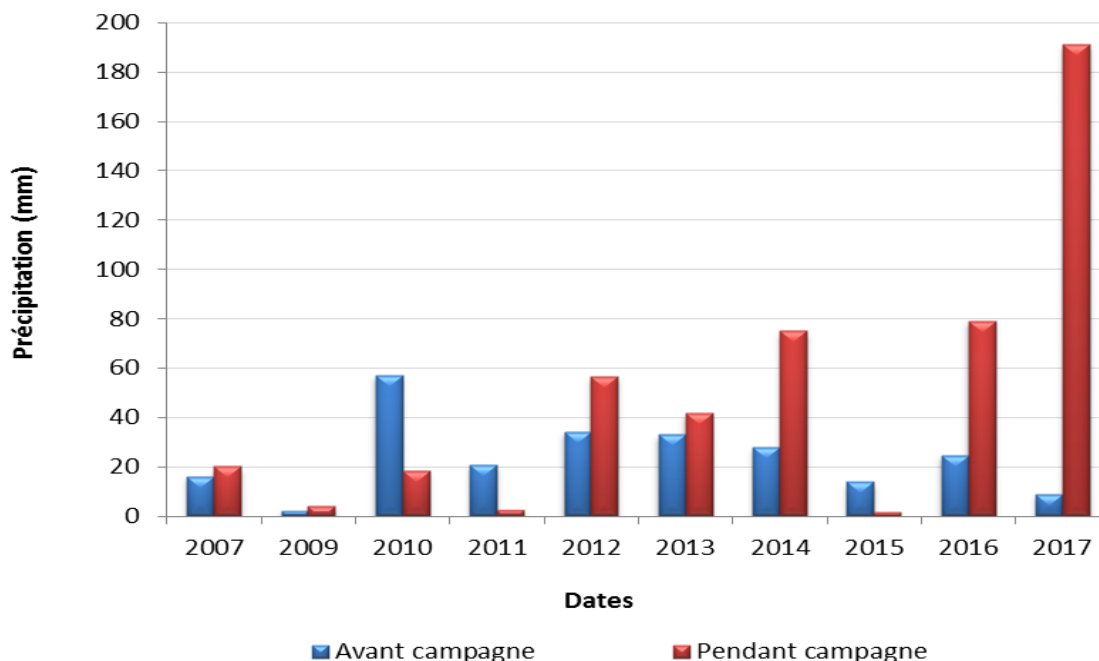


Figure 26 : Cumuls des précipitations, 5 jours avant (bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison chaude » de 2007 à 2017 ; données météorologiques enregistrées à la station d'observation « Prony Pilot station ».

## A. SELS NUTRITIFS

L'évolution des concentrations de  $\text{NH}_4$  et de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  entre les différentes campagnes « saison chaude » réalisées depuis 2007 a été reportée dans les (Figure 27, Figure 29 et Figure 30). Leur évolution a été étudiée aux « stations sentinelles » St05, St09, St06 et St15.

### 1. Ammonium

A la station St05, à l'exception des valeurs de 2010, les concentrations en  $\text{NH}_4$  diffèrent peu d'une année à l'autre et d'un niveau à l'autre en raison du fort hydrodynamisme et malgré sa proximité avec le récif barrière, les concentrations restent très faibles.

De la même manière, à la station St09, les concentrations de  $\text{NH}_4$  mesurées en « saison chaude » depuis le début des campagnes sont globalement dans le même ordre de grandeur.

En ce qui concerne les stations St06 et St15, les concentrations en  $\text{NH}_4$  ne montrent pas de tendance particulière entre les campagnes. Il est, cependant possible de remarquer que les concentrations sont beaucoup plus variables entre les campagnes ainsi qu'au sein même de la colonne d'eau ; par exemple, en St06 pour 2010, 2012 et 2017 et en St15 pour 2011, 2014, 2015 et 2017. Ces observations seraient en partie à lier avec la présence de matières organiques issues essentiellement de la dégradation des débris végétaux terrigènes apportés par les creeks de manière événementielle (précipitations atmosphériques).

Globalement, les valeurs mesurées dans le Canal montrent peu de variations, malgré cela une tendance à l'augmentation légère des concentrations en ammonium est visible depuis 2014. Au niveau des stations de baies, cette évolution n'est pas marquée en revanche il faut rester vigilant car la présence d'ammonium peut-être révélateur de l'évolution d'un milieu.

### 2. Nitrates et nitrites

A la station St05, les concentrations de  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  ne montrent pas de tendance particulière. A la station St09, les concentrations étant très faibles, la variation observée ne semble pas significative. En effet, à l'exception de la concentration haute mesurée au fond en 2009, les concentrations restent dans le même ordre de grandeur entre les différentes campagnes. Toutefois, il semblerait qu'à cette station le  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  se concentre plus au fond, comme constaté également pour le  $\text{NH}_4$ .

Pour les stations St06 et St15, les concentrations en  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  montrent des augmentations importantes pour certaines années (2013 et 2017) qui affectent l'ensemble de la colonne d'eau, comme il a été constaté pour le  $\text{NH}_4$  et pour des raisons identiques.

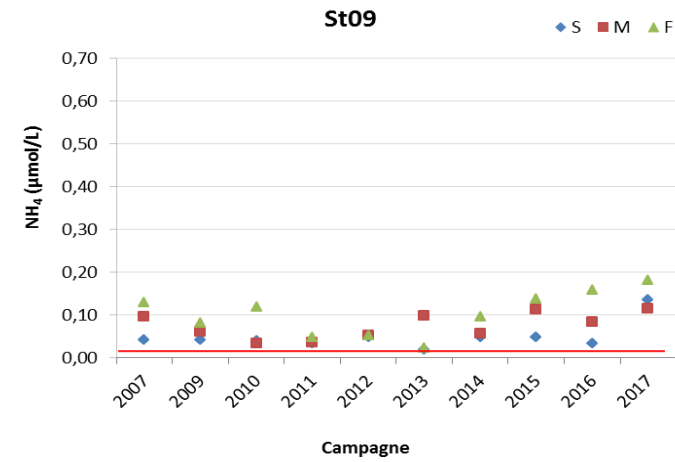
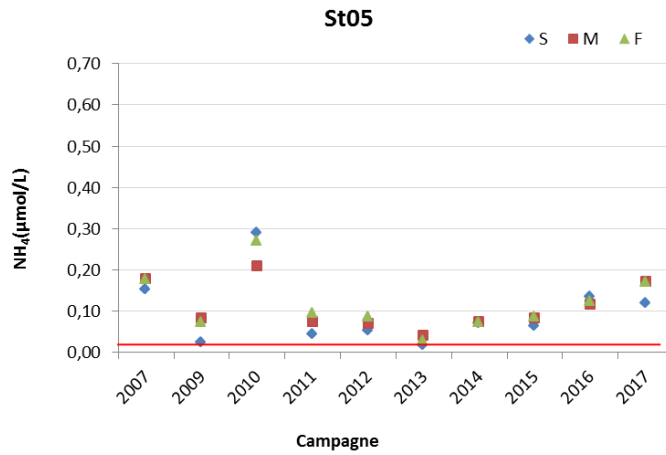


Figure 27 : Concentrations d’ammonium (NH<sub>4</sub>) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05 et St09 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,002 µmol/L).

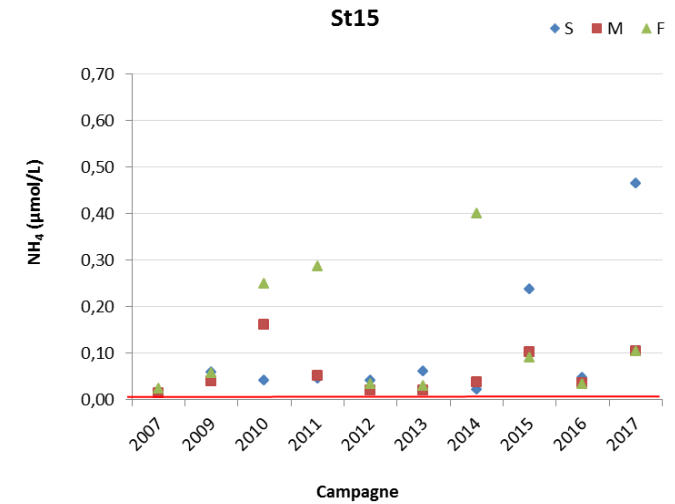
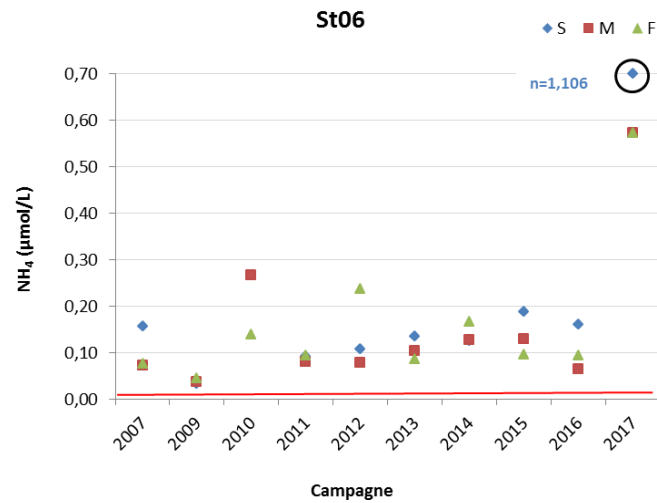


Figure 28 : Concentrations d’ammonium (NH<sub>4</sub>) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,002 µmol/L).

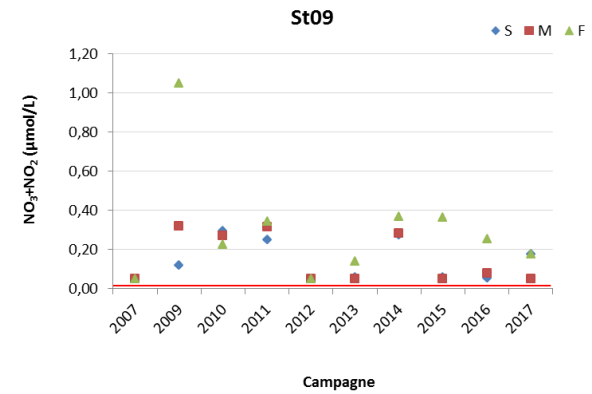
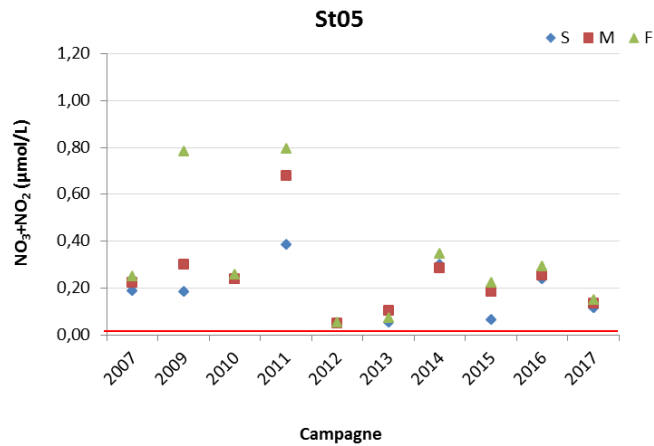


Figure 29 : Concentrations de nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05 et St09 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017); la ligne rouge représente la limite de quantification (0,050  $\mu\text{mol/L}$ ).

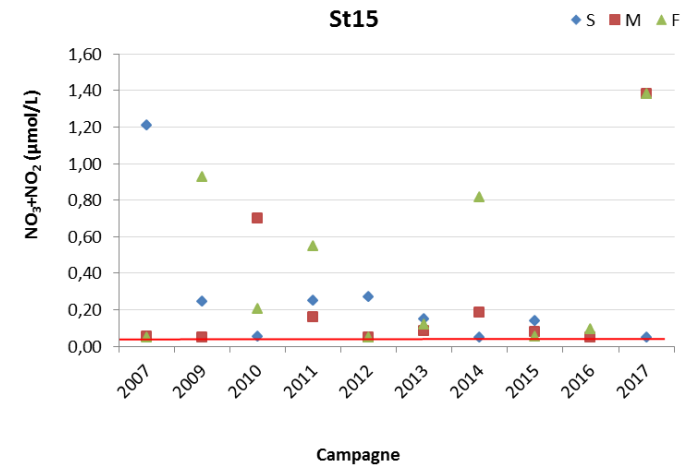
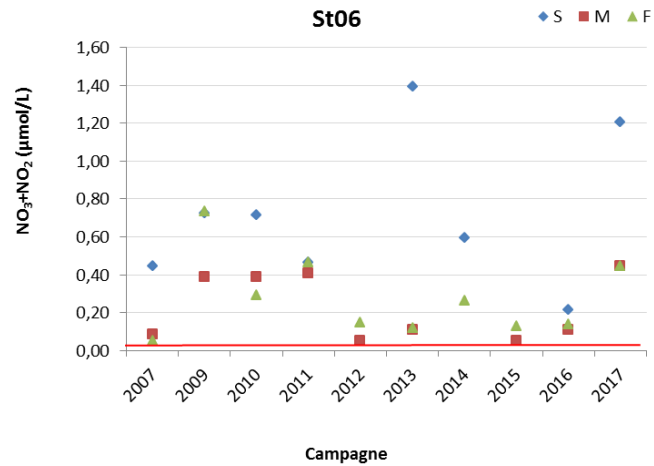


Figure 30 : Concentrations de nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017); la ligne rouge représente la limite de quantification (0,050  $\mu\text{mol/L}$ ).

## B. METAUX DISSOUS

L'étude des évolutions spatio-temporelles des concentrations en métaux dissous a été compartimentée en deux ensembles comparables, les stations soumises aux influences terrigènes (St03, St06 et St15) et les stations soumises aux influences océaniques (St05, St07 et St09).

### 1. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations de baies

L'évolution des concentrations de Co, Cr<sup>VI</sup>, Mn et Ni entre les différentes campagnes « saison chaude » réalisées depuis 2007 aux « stations sentinelles » St03, St06 et St15 a été reportée dans les Figures 31 à 34.

Les concentrations des différents métaux dissous mesurées aux 3 stations des baies présentent une relative variabilité inter-campagne, notamment au niveau des couches de surface. En effet le Co, Mn et Ni et dans une moindre mesure le Cr<sup>VI</sup>, sont davantage concentrés dans les eaux de surface et les valeurs diminuent avec la profondeur.

Parmi les 4 métaux étudiés, sur l'ensemble des campagnes et des stations de baies depuis 2007, les concentrations de :

- Mn sont très dispersées à la station St15 sur l'intégralité de la colonne d'eau. Cette variabilité est liée au comportement intrinsèque du Mn dissous qui est très fortement corrélé à la quantité de MES présente dans les eaux;
- Cr<sup>VI</sup>, montrent une grande variation observée uniquement dans les eaux de surface. Dans les eaux intermédiaires et de fond, les concentrations sont remarquablement constantes. Lors de cette dernière campagne, les concentrations en Cr<sup>VI</sup> dans les eaux de surface ont été les plus élevées jusqu'ici mesurées aux stations St03 et St06;
- Co montre des valeurs variables essentiellement dans les eaux de surface.



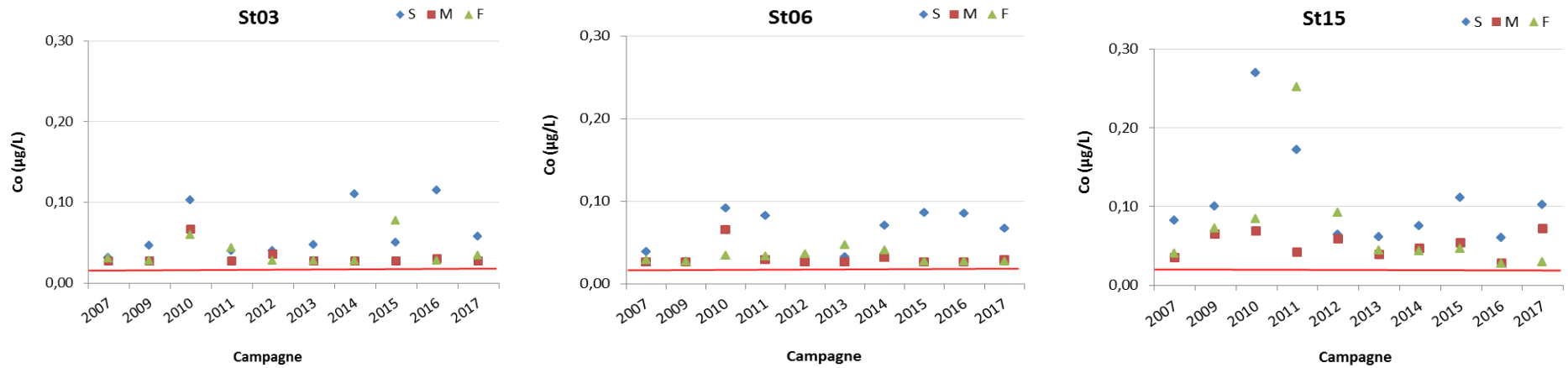


Figure 31 : Concentrations de cobalt (Co) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations de baies St03, St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,027 µg/L).

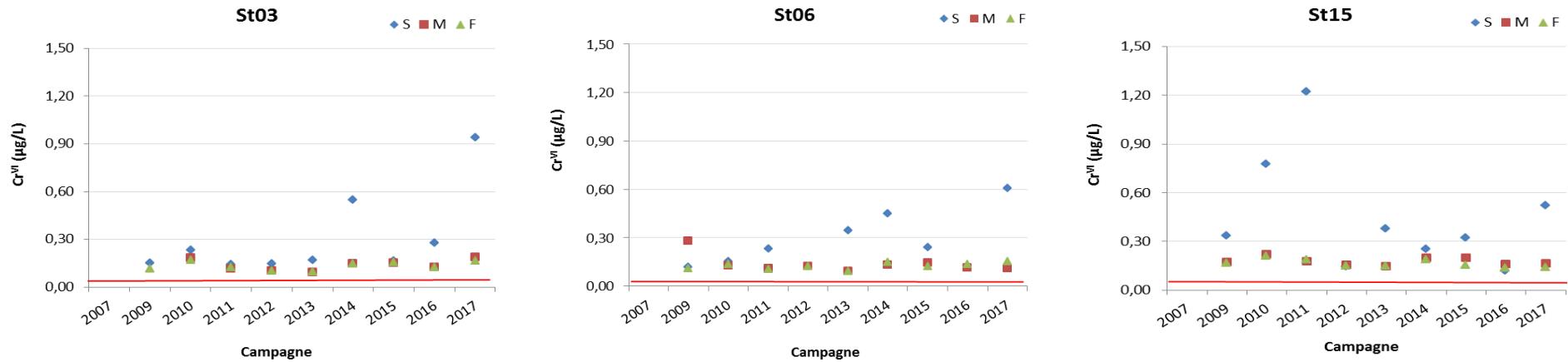


Figure 32 : Concentrations de chrome hexavalent (Cr<sup>VI</sup>) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations de baies St03, St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,050 µg/L).

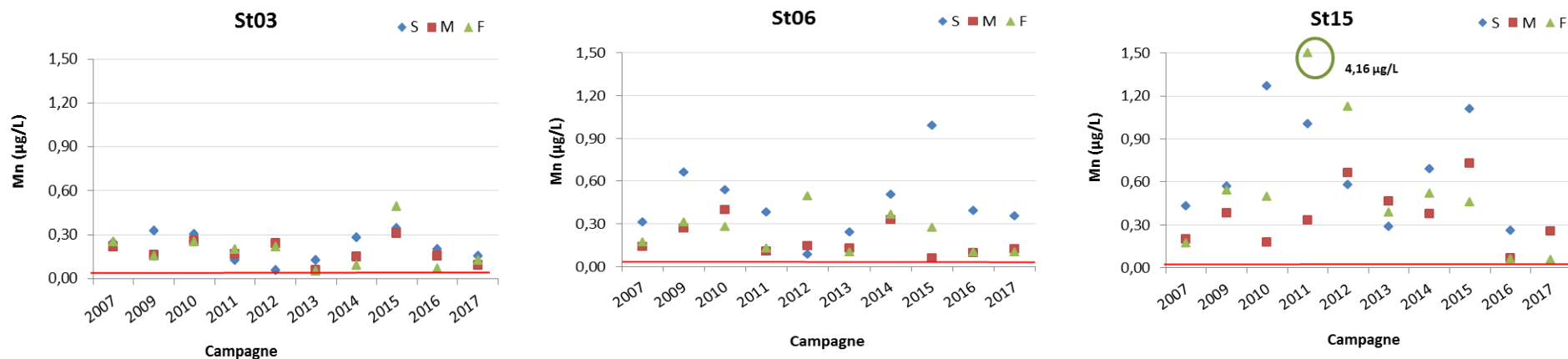


Figure 33 : Concentrations de manganèse (Mn) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations de baies St03, St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,028 µg/L).

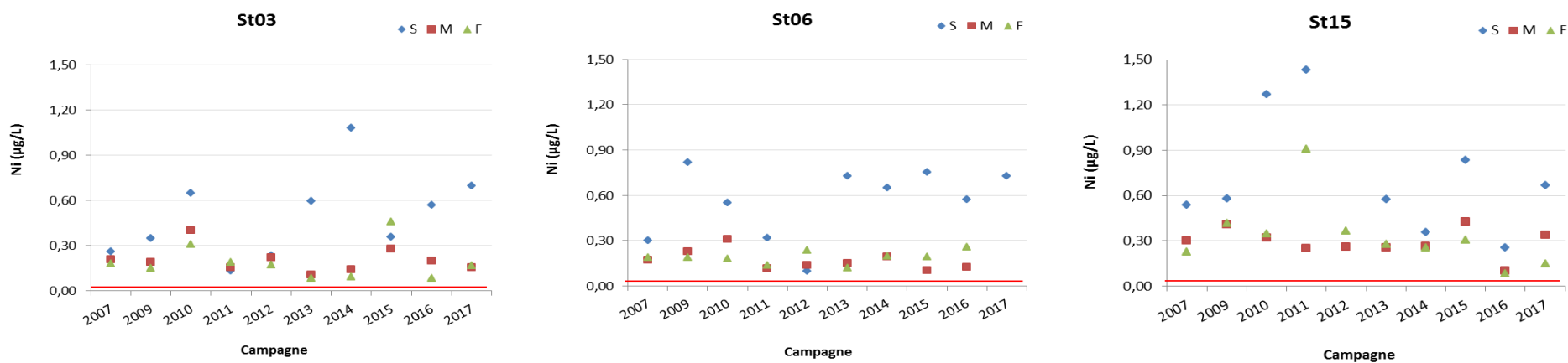


Figure 34 : Concentrations de nickel (Ni) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations de baies St03, St06 et St15 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,022 µg/L).

## 2. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations du Canal de la Havannah

---

L'évolution des concentrations de Cr<sup>VI</sup>, Mn et Ni entre les différentes campagnes « saison chaude » réalisées depuis 2007 aux stations St05, St07 et St09 a été reportée dans les Figures 35 à 37.

**Note :** Etant donné le peu de valeurs de concentration de Co supérieures à la limite de quantification, celles-ci ne sont plus illustrées graphiquement.

Les concentrations en Cr<sup>VI</sup> et en Co mesurées aux 3 stations du Canal demeurent d'une grande constance inter-campagne. Par ailleurs, les concentrations en Mn et Ni sont plus hétérogènes à l'intérieur des masses d'eau. On remarque en particulier des concentrations particulièrement élevées en Mn et Ni au fond de la station St05 en 2017.

Parmi les 4 métaux étudiés, sur l'ensemble des campagnes et des stations du Canal, les concentrations de Co restent régulièrement en dessous des limites de quantification (<0,027µg/L). Les concentrations obtenues de Cr<sup>VI</sup>, quelle que soit la profondeur, sont peu dispersées tandis que celles de Mn sont un peu plus variables. Les concentrations de Ni et de Mn montrent également une certaine variabilité sur l'intégralité de la colonne d'eau.

Enfin globalement, les concentrations mesurées à ces stations d'influence océanique, sont bien plus faibles que celles mesurées aux stations St03, St06 et St15, d'influence terrigène, notamment pour le Co, Ni et Mn.

### Ce qu'il faut retenir :

En ce qui concerne les sels nutritifs (NH<sub>4</sub> et NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>), aux stations du large, hormis certaines valeurs de concentrations ponctuelles, aucune tendance dans la colonne d'eau, voire dans le temps, ne semble se dessiner. Les quelques variations temporelles modérées observées à la station St05, située à proximité du récif barrière, et à la station St09, située dans le Canal de la Havannah, sont en lien avec l'activité de la production primaire et/ou accompagnées de remontées d'eaux profondes riches en nutriments (upwelling) déjà mentionnées dans les rapports précédents. La moins grande variabilité temporelle et verticale que l'on enregistre à ces stations du large sont, en grande partie, explicables par l'éloignement à la côte et les mécanismes de brassage qui tendent à homogénéiser les eaux. Toutefois, et en dépit des conditions hydrodynamiques à la station St09, l'étude chronologique met en évidence un léger gradient « surface-fond » croissant en lien avec la stratification des eaux.

En revanche, les concentrations en NH<sub>4</sub> et NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, sont plus variables aux stations de baies, St06 et St15, ce qui reflète les différentes contributions terrigènes qu'elles subissent temporairement.

En ce qui concernent les métaux dissous (Co, Cr<sup>VI</sup>, Mn et Ni), un enrichissement des eaux de surface des stations de baies, notamment en St15 a été mis en évidence, depuis 2009. Toutefois, hormis des conditions particulières de 2013 dues aux précipitations intenses (voire 2011 pour une raison non explicitée), les concentrations se sont maintenues stables.

Aux stations du Canal, les concentrations demeurent faibles en Cr<sup>VI</sup> voire en dessous de la LQ pour le Co et sont particulièrement stables dans la colonne d'eau depuis la mise en place du début du suivi marin. Les valeurs mesurées en Mn et Ni varient légèrement d'une campagne à une autre et au sein de la colonne d'eau mais elles restent globalement dans le même ordre de grandeur.

Enfin, les concentrations obtenues aux différentes stations lors de la campagne de 2017 sont globalement dans le même ordre de grandeur que celles recueillies lors des précédentes campagnes de « saison chaude » depuis 2007. La station St07 qui montre la variabilité la plus importante correspond à une aire de mélanges des eaux d'influences océanique et terrigène. En raison de l'influence nettement océanique qu'elle subit, la station St05, (en particulier) ne montre aucune variation des concentrations en métaux dissous.

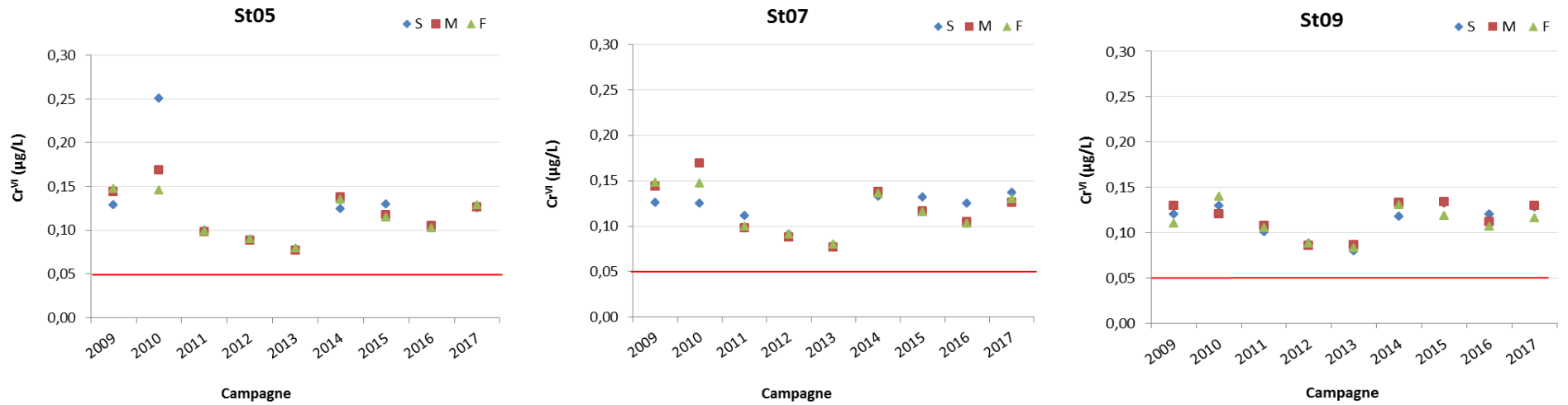


Figure 35 : Concentrations de chrome hexavalent ( $Cr^{VI}$ ) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations du Canal de la Havannah St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,050 µg/L).

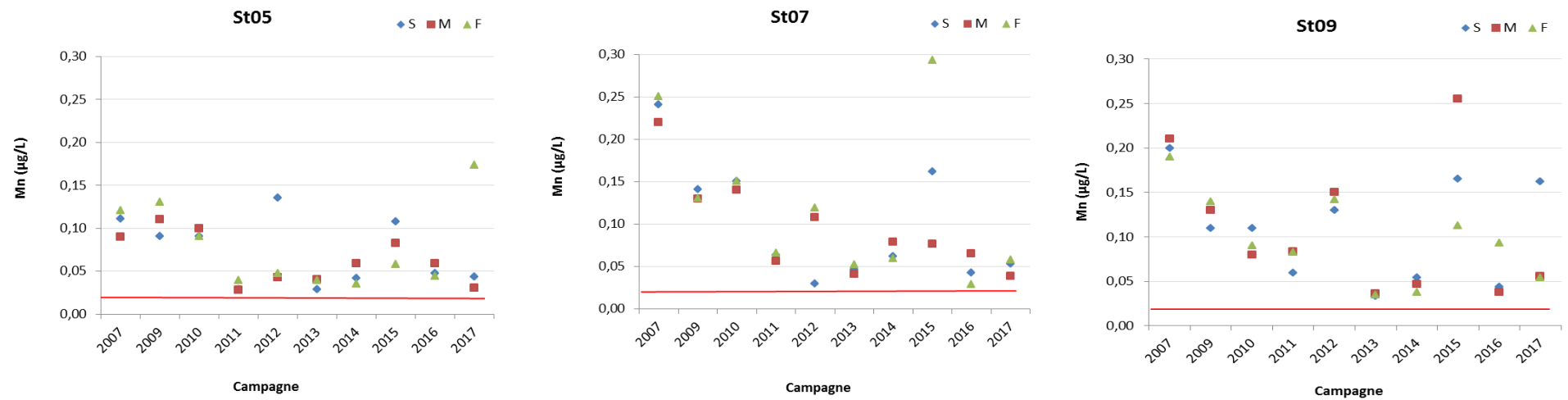


Figure 36 : Concentrations de manganèse (Mn) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations du Canal de la Havannah St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,028 µg/L).

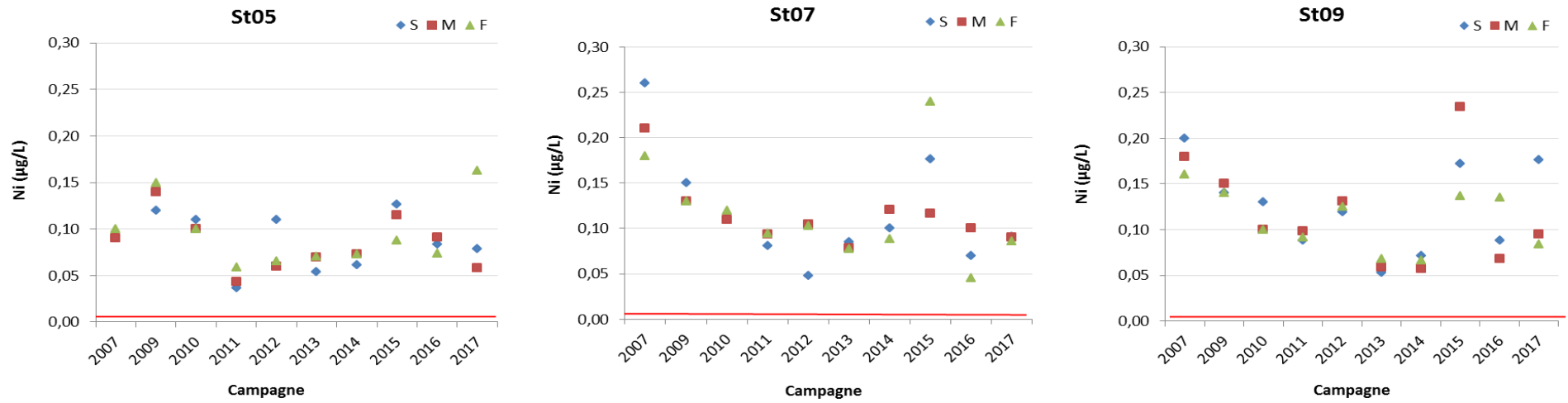


Figure 37 : Concentrations de nickel (Ni) dissous mesurées en sub-surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations du Canal de la Havannah St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison chaude » (2007 à 2017) ; la ligne rouge représente la limite de quantification (0,022 µg/L).



## V. CONCLUSION

Comme relaté lors des précédentes campagnes semestrielles « saison chaudes », les principales variations des paramètres physico-chimiques (ex : salinité, turbidité et fluorescence), des concentrations en sels nutritifs tels que les  $\text{SiO}_4$  ou en métaux latéritiques dissous (ex. : Co,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , Cr-total, Mn et Ni) observées en 2017, mettent en évidence les différentes influences agissant dans la zone étudiée du lagon du sud de la Nouvelle-Calédonie.

Ainsi, en fonction de la distance des émissaires et des conditions hydrodynamiques, les concentrations de ces paramètres chimiques se distribuent selon un même gradient « côte-large » de manière évidente. Les concentrations en Chl  $a$ , Co,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , Cr-total, Mn et Ni dissous sont plus élevées près des côtes (Baie de Port Boisé, de la Kwé et du Prony) et plus faibles dans le Canal de la Havannah. Pour ces stations de côte, les concentrations se distribuent également selon un gradient « surface-fond »; les eaux de surface étant plus riches, exception faite de la Chl  $a$ . Les concentrations de Co,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , Cr-total, Mn et Ni dissous, élevées dans les eaux de surface, sont corrélées avec les profils de salinité; une couche dessalée ayant été observée dans les eaux de surface dans ces baies à l'issue des fortes précipitations observées les 20 et 21 avril.

Pour ce qui est des profils de turbidité et de fluorescence, c'est plutôt par leur degré d'homogénéité qu'ils permettent de distinguer les stations sous influence océanique, des stations sous influence terrigène. En effet, contrairement aux stations de la côte où les profils de turbidité (Baie de la Kwé) et de fluorescence (Baie du Prony) montrent des gradients croissants avec la profondeur, ceux du Canal sont très constants en raison de la proximité de la passe de la Havannah par laquelle les apports océaniques s'effectuent.

Les profils de fluorescence croissants dans les baies du Canal et dans une moindre mesure dans la Baie de Prony se corrèlent avec les concentrations des eaux de fond plus riches en  $\text{NH}_4$  et POD.

Pour les sels nutritifs et les matières organiques, plusieurs termes sources peuvent agir simultanément dans une zone d'étude donnée: le ruissellement naturel et forcé des sols, les activités biologiques (l'absorption d'azote et phosphore minérales, la production d'azote et de phosphore *via* la fixation du  $\text{N}_2$  et par la dégradation des formes organiques) et enfin la remontée d'eaux profondes riches en minéraux (upwelling) ; à cette énumération peuvent s'ajouter les diverses activités anthropiques (base vie,...).

En raison de leurs multiples termes sources, en plus de la labilité chimique de certains éléments (par exemple, la réduction et l'oxydation rapide de  $\text{NH}_4$  et  $\text{NO}_2$ ) et le court temps de résidence dans l'environnement (par exemple, absorption de  $\text{NO}_3$  par les organismes), la répartition spatio-temporelle de ces éléments au débouché d'un bassin versant peut fortement diverger au sein et au fil des campagnes.

En ce qui concernent les concentrations en métaux dissous, celles-ci sont plus importantes en Co,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , Mn, Ni dans les eaux superficielles et en particulier les baies du Canal (Kwé et Port Boisé) en lien avec leur profil de salinité, température et turbidité.

Pour d'autres paramètres tels que les éléments majeurs et l'As, les concentrations sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude et ne montrent pas, ni de gradient horizontal, ni de gradient vertical (distribution ubiquiste).

L'étude des variations inter-campagnes des sels nutritifs ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  et  $\text{NH}_4$ ) aux stations sentinelles (St05, St09, St06 et St15) ne met pas en évidence d'évolution temporelle depuis le début des campagnes, sauf pour la station St09 dont la concentration de  $\text{NH}_4$  dans les eaux de fond montre une légère augmentation depuis 2013, sans toutefois, atteindre des seuils préoccupants.

Pour les métaux dissous (Co, Cr<sup>VI</sup>, Mn et Ni), cette étude n'a pas non plus montré d'évolution temporelle pour les stations de baies (St03, St06 et St15) ni pour les stations du Canal (St05, St07 et St09).

Enfin, les variations observées dans les concentrations de NH<sub>4</sub>, Mn et Ni entre les campagnes aux stations sentinelles n'ont pu être corrélées formellement avec les précipitations uniquement. En effet, ces niveaux de concentrations doivent probablement être le résultat de la combinaison des plusieurs facteurs d'ordre météorologiques (vitesse et direction des vents), mais aussi hydrodynamiques (courants, marées, horaire de prélèvement), biologiques (efflorescence) et anthropiques (activité minière, portuaire, hôtelière,...).

## 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, Belhandouz A, Fichez R (2006). Etat de référence : Qualité physico-chimiques des eaux et niveaux de concentration des métaux dans les sédiments. Convention n° 9135 AO.
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007). Etat de référence : Qualité physico-chimiques des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (Saison humide). Convention n° 1312.
- 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, Thébault J (2005). A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems. *Aquatic Living Resources*, 18: 125-147.
- Holmes RM, Aminot A, Kérouel R, Bethanie A, Hooher A, Peterson BJ (1999).. A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 56: 1801-1808.
- Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n°C2445.
- 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, Rouspard F, Creuzil J, Moreton B, 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 humide (mars 2012). Convention n°C2445.
- Le Grand H, Kaplan H, Haddad L, Goyaud A, Moreton B, Kumar-Roiné S, Fernandez JM (2013). 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). Contrat AEL/Vale-NC n°1368. 80p.
- Le Grand H, Kaplan H, Haddad L, Raynal A, Moreton B, Fernandez JM (2014). 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 2014). Contrat AEL/Vale-NC n°1368. 66p.
- Le Grand H, Kaplan H, Haddad L, Achard R, Laurent A, Fernandez JM (2015). 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 2015. Contrat AEL/Vale-NC n° T1368, 85p.
- Kaplan H, Laurent A, Hubert M, Moreton, Kumar-Roiné, Fernandez JM (2016). 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 2016. Contrat AEL/Vale-NC n°3052, 90p.
- Lorenzen CJ (1966). A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Research*, 13: 223-227.
- Moreton B, Fernandez JM, Dolbecq M (2009). Development of a field preconcentration/elution unit for routine determination of dissolved metal concentrations by ICP-OES in marine waters: Application for monitoring of the New Caledonia lagoon. *Geostandards and Geoanalytical Research* 33 (2) : 205-218.
- 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.

NF EN ISO 17294-2 : Qualité de l'eau - Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Partie 2 : dosage de 62 élément.

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.

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

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

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS DE PRELEVEMENT DU SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE.....	10
FIGURE 2: HAUTEURS DES PRECIPITATIONS ENREGISTREES 5 JOURS PRECEDANT LA CAMPAGNE (14 AU 18/04/2017; EN BLEU) ET PENDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE (19 AU 21/04/17 ; EN ROUGE). DONNEES METEOROLOGIQUES MESUREES A LA STATION METEO FRANCE D'OBSERVATION "GORO USINE".....	12
FIGURE 3: CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017 REPORTEE SUR LE MAREGRAMME DU 19 AU 21 AVRIL 2017. ....	12
FIGURE 4: PROFILS DE TEMPERATURE DES 14 STATIONS ECHANTILLONNEES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	14
FIGURE 5: PROFILS DE SALINITE DES 14 STATIONS ECHANTILLONNEES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	15
FIGURE 6: PROFILS DE FLUORESCENCE DES 14 STATIONS ECHANTILLONNEES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	16
FIGURE 7: PROFILS DE TURBIDITE DES 14 STATIONS ECHANTILLONNEES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	17
FIGURE 8 : CONCENTRATIONS DE MATIERES EN SUSPENSION (MES) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	20
FIGURE 9: CONCENTRATIONS EN NITRATES ET NITRITES (NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> ) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	23
FIGURE 10: CONCENTRATIONS EN AMMONIUM (NH <sub>4</sub> ) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	24
FIGURE 11: CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES (PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	25
FIGURE 12: CONCENTRATIONS EN SILICATES (SiO <sub>4</sub> ) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	26
FIGURE 13 : CONCENTRATIONS EN AZOTE ORGANIQUE DISSOUS (NOD) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	28
FIGURE 14 : CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE ORGANIQUE DISSOUS (POD) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	29
FIGURE 15 : CONCENTRATIONS EN AZOTE ORGANIQUE PARTICULAIRE (NOP) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	30
FIGURE 16 : CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE ORGANIQUE PARTICULAIRE (POP) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	31
FIGURE 17 : CONCENTRATIONS EN CARBONE ORGANIQUE PARTICULAIRE (COP) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	31
FIGURE 18 : CONCENTRATIONS EN CHLOROPHYLLE A DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	33
FIGURE 19 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC (As) DISSOUS DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	37
FIGURE 20: CONCENTRATIONS EN COBALT (Co) DISSOUS DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	38
FIGURE 21 : CONCENTRATIONS EN CHROME (CrVI) DISSOUS DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	38
FIGURE 22: CONCENTRATIONS EN CHROME TOTAL (Cr-TOT) DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	39
FIGURE 23 : CONCENTRATIONS EN MANGANESE (Mn) DISSOUS DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	40
FIGURE 24 : CONCENTRATIONS EN NICKEL (Ni) DISSOUS DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	40
FIGURE 25 : CUMULS DES PRECIPITATIONS, 5 JOURS AVANT (BLEU) ET PENDANT (ROUGE) LES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT « SAISON CHAUDE » DE 2007 A 2017 ; DONNEES METEOROLOGIQUES ENREGISTREES A LA STATION D'OBSERVATION « PRONY PILOT STATION ». ....	42
FIGURE 26 : CONCENTRATIONS D'AMMONIUM (NH <sub>4</sub> ) MESUREES EN SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS ST05 ET ST09 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTA LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,002 µMOL/L).....	44
FIGURE 27 : CONCENTRATIONS D'AMMONIUM (NH <sub>4</sub> ) MESUREES EN SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS ST06 ET ST15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTA LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,002 µMOL/L).....	44



FIGURE 28 : CONCENTRATIONS DE NITRATES+NITRITES ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) MESUREES EN SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS St05 ET St09 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017); LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,050 $\mu\text{MOL/L}$ ). .....	45
FIGURE 29 : CONCENTRATIONS DE NITRATES+NITRITES ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ) MESUREES EN SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS St06 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017); LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,050 $\mu\text{MOL/L}$ ). .....	45
FIGURE 30 : CONCENTRATIONS DE COBALT (Co) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DE BAIES St03, St06 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,027 $\mu\text{G/L}$ ). .....	47
FIGURE 31 : CONCENTRATIONS DE CHROME HEXVALENT ( $\text{Cr}^{\text{VI}}$ ) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DE BAIES St03, St06 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,050 $\mu\text{G/L}$ ). .....	47
FIGURE 32 : CONCENTRATIONS DE MANGANESE (Mn) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DE BAIES St03, St06 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,028 $\mu\text{G/L}$ ). .....	48
FIGURE 33 : CONCENTRATIONS DE NICKEL (Ni) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DE BAIES St03, St06 ET St15 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,022 $\mu\text{G/L}$ ). .....	48
FIGURE 34 : CONCENTRATIONS DE CHROME HEXVALENT ( $\text{Cr}^{\text{VI}}$ ) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DU CANAL DE LA HAVANNAH St05, St07 ET St09 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,050 $\mu\text{G/L}$ ). .....	51
FIGURE 35 : CONCENTRATIONS DE MANGANESE (Mn) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DU CANAL DE LA HAVANNAH St05, St07 ET St09 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,028 $\mu\text{G/L}$ ). .....	51
FIGURE 36 : CONCENTRATIONS DE NICKEL (Ni) DISSOUS MESUREES EN SUB-SURFACE (S), MI-PROFONDEUR (M) ET FOND (F) AUX STATIONS DU CANAL DE LA HAVANNAH St05, St07 ET St09 LORS DES CAMPAGNES « SAISON CHAUDE » (2007 A 2017) ; LA LIGNE ROUGE REPRESENTE LA LIMITE DE QUANTIFICATION (0,022 $\mu\text{G/L}$ ). .....	52

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: LISTE ET POSITION DES STATIONS DE PRELEVEMENT DU SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE. ....	9
TABLEAU 2: VALEURS DE LA TEMPERATURE, SALINITE, FLUORESCENCE ET TURBIDITE ENREGISTREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	13
TABLEAU 3 : CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS ET VALEURS DU PH MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	18
TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS DE MES MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	20
TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	26
TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS DE MATIERES ORGANIQUES DISSOUTES ET PARTICULAIRES MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE- CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	32
TABLEAU 7: CONCENTRATIONS DE CHLOROPHYLLE A MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	34
TABLEAU 8 : CONCENTRATIONS DE METAUX DISSOUS (AS, CR(VI), CR-TOTAL, CO ET CU) MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE- CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017. ....	36
TABLEAU 9 : CONCENTRATIONS DE METAUX DISSOUS (FE, MN, NI, PB ET ZN) MESUREES DANS LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2017.....	36

# ANNEXES

ANNEXE 1.....	61
ANNEXE 2.....	66
ANNEXE 3.....	68
ANNEXE 4.....	70
ANNEXE 5.....	72
ANNEXE 6.....	74
ANNEXE 7.....	76
ANNEXE 8.....	80
ANNEXE 9.....	85
ANNEXE 10.....	86

# 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 néphélométrie, exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- la fluorescence *in-vivo*, exprimée en mg/m<sup>3</sup>, qui 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

### ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS, PH ET MATIERE EN SUSPENSION (MES)

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

- le dosage des ions calcium (Ca<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) qui ont été déterminés par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'Emission Optique couplée à une torche plasma, marque Varian, modèle 730 ES) ;
- le dosage des ions chlorures (Cl<sup>-</sup>) a été réalisé par titration au nitrate d'argent par la méthode de Mohr ;
- le dosage des ions sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a été réalisé par spectrophotométrie en présence de réactifs de chlorure de baryum et d'acide citrique (Modèle HACH DR1900) ;
- la mesure du pH (pHmètre WTW) ;

- la détermination de la concentration en MES (Matière En Suspension) obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon puis pesée du filtre (Nucleopore<sup>®</sup> de 0,45 µm de porosité).

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

## ANALYSE DES 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>) ;
- PEHD et stockés en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL. Les échantillons destinés aux dosages de nitrates + nitrites (NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>) et de phosphates (PO<sub>4</sub>) 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 du phosphore organique dissous (POD) sont congelés à -20°C ;
- PEHD ambrés et filtrés sur des filtres Whatma<sup>n°</sup> GF/F (porosité 0,7 µm) le jour même du prélèvement. La conservation de ces filtres a été assurée par congélation à -20 °C jusqu'à dosage ultérieur au laboratoire de AEL. Ces dosages concernent l'azote organique particulaire (NOP) et le phosphore organique particulaire (POP).

### a) Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate (NO<sub>3</sub>) 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 NO<sub>3</sub> est celle fondée sur le dosage des ions nitrites (NO<sub>2</sub>) obtenus par réduction des ions NO<sub>3</sub>. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub> par photométrie (Oudot et Montel, 1988). Cependant, les concentrations en NO<sub>2</sub> 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 et 1 µM avec des limites de quantification d'environ 0,05 µmol/L.

### b) Ammonium

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et d'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 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 infimes de NH<sub>4</sub>. Les proportions de réactifs ont été déterminées pour des concentrations maximales d'ammonium de 3 µmol/L, la limite de quantification de la méthode est de 1,5 nmol/L.

### c) Phosphates

Le dosage des PO<sub>4</sub> a été effectué selon la méthode de Murphy et Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide (pH<1) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran &

Luegbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0 et 0,75 µmol/L avec des limites de quantification d'environ 0,05 µmol/L.

#### e) Silicates

La méthode qui sert de référence est celle de [Mullin et Riley, 1955](#), modifiée par [Fanning et Pilson \(1973\)](#). Le dosage colorimétrique est fondé sur la formation d'un complexe silicomolybdique qui, après réduction donne une coloration bleue intense. Le domaine de concentrations mesurables s'étend de 0 à 140 µmol/L, la limite de quantification est de 0,05 µmol/L et l'intervalle de confiance de 98,5 % sur une gamme de 0 à 10 µmol/L de SiO<sub>4</sub>.

### ANALYSE DE MATIERE ORGANIQUE

#### a) Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique dissous ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation ([Raimbault et al., 1990](#)) et les composés inorganiques produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub> et les PO<sub>4</sub>. Ceci par la méthode d'oxydation par voie humide utilisée, simple et rapide à mettre en œuvre. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, 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.

Pour l'azote organique dissous (NOD), le domaine de concentrations mesurées est inférieur à 40 µmol/L et la limite de quantification est de 0,130 µmol/L. Pour le phosphore organique dissous (POD), le domaine de concentrations mesurées est inférieur à 7 µmol/L et la limite de quantification est de 0,050 µmol/L.

#### b) Azote et phosphore organiques particulaires

Le dosage de la matière organique particulaire ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation ([Raimbault et al., 1990](#)) et les composés inorganiques qui sont produits peuvent alors être dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub> et les PO<sub>4</sub>. La méthode d'oxydation par voie humide utilisée est simple et rapide à mettre en œuvre. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, modèle Autoanalyseur III.

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 organiques particulaires ;
- [NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>]<sub>t</sub> et [PO<sub>4</sub>]<sub>t</sub> = les concentrations respectives en nitrates+nitrites et phosphates mesurées après oxydation au persulfate ;
- V<sub>1</sub> = le volume d'eau milli-Q utilisé lors de l'oxydation au persulfate (mL) ; V<sub>2</sub> le volume d'eau de mer filtré (mL).



Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 1 et 40 µmol/L avec des limites de quantification de 0,130 µmol/L pour le NOP et entre 0,75 et 7 µmol/L avec des limites de quantification de 0,050 µmol/L pour POP.

### c) Carbone organique particulaire

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN (Carbone, Hydrogène, Azote) 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. L'analyse de carbone organique particulaire (COP) a été effectuée par le laboratoire des moyens analytiques de l'IRD de Dakar.

## ANALYSE DES 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. 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 0,01 µg/L.

## ANALYSE DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

### A) PRETRAITEMENT ET ANALYSE

Pour chacune des 14 stations de la campagne semestrielle, les trois profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) sont prélevées en trois lots destinés à différents type d'analyse :

- Les échantillons du premier lot sont filtrés en ligne à 0,45 µm (pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont destinés aux analyses des éléments dissous **Cr<sup>VI</sup>/Cr-total** effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire AEL.
- les échantillons du deuxième lot sont filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont envoyés, après acidification, au laboratoire de Rouen pour l'analyse de l'**As** dissous par spectrométrie de masse par torche plasma (ICP-MS) (NF EN ISO 17294-2).
- les échantillons du troisième lot sont 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 pré-concentrations terminées, chaque colonne de résine est bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer<sup>®</sup>) puis stockée dans un portoir fermé

hermétiquement. De retour au laboratoire, les métaux sont élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2 mol/L). L'analyse des éléments dissous **Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn** est ensuite effectuée par spectrométrie d'émission optique par torche à plasma (ICP-OES ; Marque Varian, modèle Vista). Cette méthode a été développée par [Moreton et al., \(2009\)](#).

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

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

Element	LQ (µg/L)
As	1,000
Cd	0,025
Co	0,027
Cr <sup>VI</sup>	0,050
Cr-total	0,050
Cu	0,025
Fe	0,068
Mn	0,028
Ni	0,022
Pb	0,100
Zn	1,000

## B) TRAITEMENTS STATISTIQUES

L'usage des LQ permet de s'assurer du niveau de sensibilité des analyses mais a pour conséquence d'éliminer des données lors des traitements statistiques lorsque les métaux sont en très faibles concentrations. Avec des jeux de données peu denses, les concentrations moyennes sont alors artificiellement majorées. Afin de se rapprocher de la réalité, les limites instrumentales de détection (LD), plus basses que les LQ, sont incluses dans le traitement statistique. Dans cette étude, la relation qui peut être admise entre ces deux grandeurs correspondant à un facteur 3, les valeurs prises en compte ont été diminuées d'autant. Les valeurs inférieures à cette LD sont considérées comme nulles.

## ANNEXE 2

### Variables physico-chimiques

Minimums, maximums, moyennes et écart-types des données physico-chimiques mesurées dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017.

Station	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )	Turbidité (NTU)
St02	Minimum	25,24	35,41	0,23	0,19
	Maximum	25,46	35,55	0,81	0,38
	Moyenne	25,41	35,46	0,29	0,31
	Ecart-type	0,05	0,04	0,06	0,03
St05	Minimum	25,25	35,49	0,12	0,00
	Maximum	25,37	35,54	0,47	0,38
	Moyenne	25,31	35,51	0,28	0,26
	Ecart-type	0,04	0,02	0,03	0,06
St07	Minimum	25,30	35,47	0,22	ND
	Maximum	25,41	35,53	0,61	ND
	Moyenne	25,36	35,49	0,33	ND
	Ecart-type	0,03	0,02	0,08	ND
St09	Minimum	25,31	35,33	0,21	0,15
	Maximum	25,43	35,54	0,42	0,58
	Moyenne	25,39	35,47	0,26	0,32
	Ecart-type	0,03	0,04	0,02	0,05
St21	Minimum	25,12	35,51	0,32	0,01
	Maximum	25,30	35,54	9,93	0,46
	Moyenne	25,24	35,53	1,11	0,16
	Ecart-type	0,04	0,00	2,07	0,07
St03	Minimum	24,03	27,79	0,46	ND
	Maximum	25,46	35,50	2,13	ND
	Moyenne	25,29	35,01	0,81	ND
	Ecart-type	0,32	1,14	0,36	ND
St06	Minimum	24,21	31,22	0,85	ND
	Maximum	25,30	35,29	4,58	ND
	Moyenne	24,85	34,16	1,29	ND
	Ecart-type	0,32	1,19	0,71	ND
St14	Minimum	24,90	34,97	0,33	0,19
	Maximum	25,28	35,45	0,67	0,49
	Moyenne	25,16	35,31	0,43	0,31
	Ecart-type	0,14	0,18	0,05	0,06

Station	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Fluorescence (mg/m <sup>3</sup> )	Turbidité (NTU)
St15	Minimum	25,35	34,31	0,40	0,00
	Maximum	26,55	35,54	11,34	0,87
	Moyenne	25,81	35,02	1,37	0,25
	Ecart-type	0,30	0,53	1,61	0,21
St16	Minimum	24,98	35,40	0,30	0,00
	Maximum	25,73	35,58	6,31	0,32
	Moyenne	25,33	35,51	0,82	0,09
	Ecart-type	0,25	0,05	0,62	0,05
St18	Minimum	25,43	34,61	0,32	0,00
	Maximum	26,19	35,51	0,76	0,68
	Moyenne	25,89	35,10	0,45	0,19
	Ecart-type	0,26	0,35	0,11	0,15
St19	Minimum	24,21	31,19	0,85	ND
	Maximum	25,30	35,29	4,58	ND
	Moyenne	24,84	34,13	1,33	ND
	Ecart-type	0,32	1,22	0,78	ND
St13	Minimum	25,24	35,39	0,32	0,08
	Maximum	25,54	35,54	0,69	0,53
	Moyenne	25,40	35,45	0,43	0,32
	Ecart-type	0,11	0,05	0,07	0,06
St20	Minimum	25,51	35,37	0,28	0,13
	Maximum	25,56	35,44	2,00	1,22
	Moyenne	25,54	35,40	0,49	0,28
	Ecart-type	0,02	0,02	0,24	0,11

## ANNEXE 3

### Concentrations des éléments majeurs, valeurs du pH et concentrations des matières en suspension (MES)

Concentrations des éléments majeurs, valeurs du pH et concentrations de MES du lagon sud de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F).

Station	Niveau	Éléments majeurs et MES (mg/L)							pH
		Ca	K	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	MES	
ST02	S	409	471	1368	11073	20261	2765	0,254	8,20
	M	405	462	1350	10901	19562	2940	0,456	8,20
	F	406	470	1365	11090	20261	2710	0,176	8,20
ST03	S	360	410	1204	9585	20261	2480	0,436	8,20
	M	419	485	1415	11358	23754	2975	0,399	8,20
	F	425	487	1417	11500	21658	2905	0,434	8,20
ST05	S	416	475	1378	11229	18864	2220	0,377	8,20
	M	416	477	1377	11123	16069	2790	0,531	8,20
	F	426	484	1413	11497	16768	2800	0,442	8,20
ST06	S	391	453	1322	10578	20960	2560	0,433	8,20
	M	430	492	1426	11574	22357	3200	0,188	8,20
	F	423	488	1417	11456	22357	2720	0,359	8,20
ST07	S	431	493	1433	11571	20261	2810	0,392	8,20
	M	426	486	1420	11430	21658	2865	0,307	8,20
	F	420	479	1399	11282	20261	2985	0,282	8,20
ST09	S	416	477	1383	11234	20261	2815	0,11	8,20
	M	403	480	1385	11296	21658	2835	0,207	8,20
	F	423	482	1406	11428	20960	2905	0,385	8,20
ST13	S	419	485	1419	11416	22357	2835	0,249	8,20
	M	423	484	1410	11374	22357	2830	0,366	8,20
	F	430	490	1435	11543	22357	2350	0,451	8,20
ST14	S	406	463	1341	10924	24453	2725	1,291	8,20
	M	417	478	1382	11297	18864	2025	0,405	8,20
	F	414	474	1373	11122	20261	1490	0,155	8,20
ST15	S	407	469	1368	11052	23754	2905	0,348	8,15
	M	432	493	1437	11599	23055	2955	0,19	8,10
	F	425	487	1414	11494	23754	2935	1,231	8,10
ST16	S	423	483	1407	11334	23055	2905	0,299	8,20
	M	429	491	1428	11498	22357	2775	0,179	8,20
	F	429	490	1434	11496	21658	2850	1,007	8,20

Station	Niveau	Éléments majeurs et MES (mg/L)							pH
		Ca	K	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	MES	
ST18	S	413	472	1376	11087	21658	2825	0,387	8,20
	M	431	492	1437	11513	22357	2820	<0,1	8,20
	F	420	485	1409	11402	23754	2890	0,304	8,20
ST19	S	427	490	1418	11452	24453	2800	0,304	8,20
	M	425	490	1430	11502	23754	2995	0,281	8,20
	F	431	492	1433	11555	22357	2925	1,156	8,20
ST20	S	427	488	1424	11483	20960	2870	0,233	8,20
	M	433	497	1446	11655	22357	2970	0,247	8,20
	F	429	490	1429	11493	23754	3015	0,246	8,20
ST21	S	431	490	1436	11604	19562	2770	0,718	8,20
	M	426	482	1411	11418	20261	2905	0,206	8,20
	F	426	483	1421	11457	20960	2840	0,184	8,20



## ANNEXE 4

### Concentrations des sels nutritifs

Concentrations des sels nutritifs du lagon sud de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F).

Station	Niveau	Sels nutritifs (µmol/L)			
		NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>4</sub>
ST02	S	<0,017	0,115	<0,017	2,10
	M	0,043	0,127	<0,017	1,80
	F	0,039	0,131	<0,017	2,63
ST03	S	<0,017	0,633	<0,017	18,43
	M	0,307	0,308	<0,017	3,05
	F	0,439	0,896	0,037	3,87
ST05	S	0,111	0,121	<0,017	2,48
	M	0,135	0,170	0,019	2,64
	F	0,145	0,172	0,044	2,49
ST06	S	1,205	1,106	<0,017	13,20
	M	0,446	0,572	<0,017	4,69
	F	0,44	0,346	0,024	3,22
ST07	S	0,077	0,152	<0,017	1,79
	M	0,126	0,171	0,039	1,74
	F	0,291	0,260	0,039	2,64
ST09	S	0,179	0,135	0,202	3,15
	M	0,048	0,115	<0,017	1,73
	F	0,178	0,181	0,023	1,94
ST13	S	<0,017	0,195	0,295	2,63
	M	0,107	0,240	<0,017	3,28
	F	0,083	0,321	0,024	1,92
ST14	S	0,27	0,207	0,033	4,25
	M	0,178	0,215	0,032	2,30
	F	0,229	0,220	0,038	2,53
ST15	S	<0,017	0,464	<0,017	8,18
	M	1,383	0,105	0,143	3,95
	F	1,806	0,113	0,131	3,90
ST16	S	0,413	0,107	0,031	3,64
	M	0,688	0,237	0,046	3,98
	F	1,782	0,247	0,148	3,83

Station	Niveau	Sels nutritifs (µmol/L)			
		NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>4</sub>
ST18	S	<0,017	0,129	<0,017	6,41
	M	0,618	0,230	0,074	3,01
	F	0,63	1,721	0,053	3,55
ST19	S	0,141	0,118	0,030	4,06
	M	1,459	0,243	0,072	3,27
	F	1,678	0,344	0,099	3,61
ST20	S	0,079	0,606	0,046	2,80
	M	0,067	0,227	0,027	3,74
	F	0,226	0,250	0,048	4,45
ST21	S	0,102	0,220	0,033	2,12
	M	0,142	0,193	0,067	1,78
	F	0,187	0,236	0,035	2,08

Surlignée en jaune : donnée entre <LQ (0,050 µmol/L) et >LD (0,017 µmol/L).

## ANNEXE 5

### Concentrations de la matière organique et de la chlorophylle $\alpha$

Concentrations de la matière organique dissoute, particulaire et totale ainsi que de la chlorophylle  $\alpha$  du lagon sud de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F).

Station	Niveau	Matière organique ( $\mu\text{mol/L}$ )						Chlorophylle $\alpha$ ( $\mu\text{g/L}$ )	
		NOD	NOP	POD	POP	COP	NT	PT	
ST02	S	6,05	1,266	0,252	0,067	18,3	4,67	0,187	0,176
	M	6,48	1,807	0,233	0,085	8,3	4,59	0,191	0,188
	F	5,76	1,223	0,213	0,067	3,3	4,45	0,186	0,118
ST03	S	6,04	1,252	0,182	0,067	15,0	4,16	0,120	0,293
	M	5,71	0,853	0,000	0,069	19,1	4,86	0,197	0,310
	F	6,78	1,336	0,000	0,059	12,5	4,99	0,228	0,330
ST05	S	6,62	1,950	0,164	0,083	8,3	4,66	0,191	0,209
	M	7,89	2,732	0,133	0,097	11,7	5,12	0,171	0,136
	F	6,50	1,756	0,109	0,061	8,3	4,71	0,194	0,178
ST06	S	6,10	0,898	0,000	0,047	6,7	5,30	0,151	0,248
	M	5,40	0,869	0,000	0,074	6,7	4,40	0,191	0,286
	F	5,56	0,798	0,000	0,092	5,8	4,85	0,208	0,154
ST07	S	6,55	1,634	0,204	0,083	9,2	4,84	0,198	0,228
	M	6,15	1,365	0,179	0,106	7,5	4,74	0,199	0,196
	F	5,63	0,902	0,015	0,092	5,8	4,76	0,214	0,173
ST09	S	6,55	1,338	0,123	0,120	7,5	5,25	0,182	0,115
	M	7,04	1,667	0,225	0,083	5,8	5,31	0,190	0,195
	F	5,98	0,926	0,073	0,068	5,0	5,05	0,182	0,087
ST13	S	6,80	1,092	0,324	0,109	5,8	5,51	0,216	0,256
	M	5,85	1,120	0,171	0,092	6,7	4,60	0,186	0,216
	F	6,30	0,986	0,206	0,080	5,0	5,08	0,209	0,226
ST14	S	7,00	1,930	0,037	0,117	6,7	5,14	0,190	0,209
	M	5,06	1,169	0,063	0,107	9,2	3,86	0,134	0,169
	F	6,00	0,615	0,060	0,092	9,2	5,39	0,197	0,145
ST15	S	6,80	1,311	0,253	0,100	9,2	4,90	0,153	0,314
	M	6,25	1,648	0,000	0,091	6,7	5,88	0,288	0,551
	F	4,84	0,802	0,000	0,060	10,0	5,73	0,316	0,168
ST16	S	6,01	1,369	0,000	0,071	7,5	4,94	0,241	0,459
	M	5,45	0,820	0,000	0,062	7,5	5,09	0,241	0,421
	F	5,37	0,932	0,000	0,057	5,8	5,98	0,340	0,165

Station	Niveau	Matière organique (µmol/L)						Chlorophylle a (µg/L)	
		NOD	NOP	POD	POP	COP	NT	PT	
ST18	S	5,72	1,010	0,221	0,071	7,5	4,42	0,150	0,205
	M	5,88	0,865	0,000	0,054	5,8	5,40	0,235	0,302
	F	8,00	1,083	0,000	0,039	5,8	5,83	0,272	0,260
ST19	S	6,11	1,212	0,148	0,067	5,8	4,92	0,223	0,533
	M	5,61	0,858	0,000	0,075	4,2	5,96	0,275	0,392
	F	6,66	0,666	0,000	0,041	3,3	7,33	0,362	0,231
ST20	S	5,35	1,428	0,162	0,086	7,5	3,39	0,155	0,323
	M	5,81	0,948	0,204	0,073	5,0	4,71	0,198	0,261
	F	5,86	1,084	0,075	0,076	5,0	4,75	0,225	0,193
ST21	S	6,04	0,997	0,164	0,097	9,2	4,93	0,170	0,112
	M	6,11	0,951	0,144	0,100	6,7	5,11	0,186	0,213
	F	5,25	0,697	0,130	0,118	7,5	4,50	0,199	0,151

## ANNEXE 6

### Concentrations des métaux dissous

Concentrations des métaux dissous du lagon sud de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'avril 2017 en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F).

Station	Niveau	Métaux dissous (µg/L)										
		As*	Cd	Cr <sup>VI</sup>	Cr <sub>total</sub>	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
ST02	S	1,2	<0,008	0,145	0,169	0,017	0,043	0,170	0,239	0,262	0,068	0,765
	M	1,4	<0,008	0,126	0,249	<0,009	0,017	0,045	0,042	0,086	<0,033	0,427
	F	1,9	<0,008	0,136	0,142	<0,009	0,009	1,203	0,039	0,080	0,051	0,604
ST03	S	1,6	<0,008	0,934	1,058	0,057	<0,008	0,068	0,150	0,699	0,039	<0,333
	M	2,8	<0,008	0,186	0,201	0,023	0,019	0,185	0,095	0,156	<0,033	<0,333
	F	2,2	<0,008	0,163	0,202	0,034	<0,008	<0,023	0,120	0,171	<0,033	0,344
ST05	S	1,2	<0,008	0,125	0,170	<0,009	0,010	0,033	0,043	0,079	0,131	0,659
	M	2,3	<0,008	0,126	0,144	<0,009	<0,008	0,036	0,031	0,058	<0,033	0,349
	F	1,6	<0,008	0,129	0,165	<0,009	0,079	0,221	0,173	0,163	0,058	1,090
ST06	S	1,7	<0,008	0,608	0,665	0,067	0,015	0,078	0,353	0,726	0,072	0,552
	M	1,8	<0,008	0,112	0,178	0,029	0,014	0,041	0,124	0,155	0,044	<0,333
	F	1,8	<0,008	0,152	0,176	0,020	0,016	0,045	0,103	0,145	0,045	0,356
ST07	S	2,2	<0,008	0,136	0,145	0,009	0,075	0,063	0,052	0,091	0,307	0,647
	M	<1,0	<0,008	0,127	0,147	0,011	0,011	0,158	0,039	0,090	0,047	1,448
	F	1,5	<0,008	0,129	0,155	0,010	<0,008	0,052	0,057	0,086	<0,033	<0,333
ST09	S	<1,0	<0,008	0,128	0,143	0,013	0,053	0,118	0,162	0,177	0,087	0,346
	M	2,4	<0,008	0,130	0,155	0,011	0,016	0,039	0,056	0,095	0,126	0,533
	F	1,8	<0,008	0,116	0,150	<0,009	0,014	0,063	0,054	0,084	0,039	0,472
ST13	S	<1,0	<0,008	0,214	0,238	0,024	0,111	0,055	0,139	0,207	0,052	0,456
	M	<1,0	<0,008	0,178	0,221	0,024	0,017	0,087	0,268	0,257	0,068	<0,333
	F	1,5	<0,008	0,136	0,188	0,016	0,069	0,120	0,075	0,099	<0,033	0,384
ST14	S	<1,0	<0,008	0,224	0,448	0,044	0,018	0,085	0,287	0,399	0,688	4,838
	M	1,6	<0,008	0,166	0,352	0,023	0,674	0,163	0,318	0,258	0,097	1,308
	F	1,9	<0,008	0,148	0,162	0,020	1,318	0,144	0,298	0,220	0,055	0,489
ST15	S	1,7	<0,008	0,524	0,599	0,102	0,014	0,032	0,253	0,670	0,059	0,409
	M	1,8	<0,008	0,162	0,622	0,071	0,017	<0,023	0,253	0,340	0,042	<0,333
	F	2	<0,008	0,144	0,184	0,029	<0,008	<0,023	0,057	0,147	<0,033	0,341
ST16	S	2,1	<0,008	0,246	0,272	0,032	0,019	0,046	0,219	0,180	0,034	<0,333
	M	1,4	<0,008	0,135	0,300	0,015	<0,008	0,037	0,077	0,108	0,034	<0,333
	F	1,9	<0,008	0,122	0,178	0,022	0,022	<0,023	0,101	0,117	<0,033	<0,333

Station	Niveau	Métaux dissous (µg/L)										
		As*	Cd	Cr <sup>VI</sup>	Cr <sub>total</sub>	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
ST18	S	1,8	<0,008	0,490	0,513	0,045	<0,008	0,045	0,108	0,376	0,097	<0,333
	M	<1,0	<0,008	0,173	0,488	0,029	0,012	0,041	0,164	0,216	<0,033	0,391
	F	1,2	<0,008	0,172	0,202	0,022	<0,008	0,031	0,095	0,138	0,056	<0,333
ST19	S	<1,0	<0,008	0,202	0,248	0,031	0,027	0,033	0,151	0,209	0,039	0,469
	M	1,6	<0,008	0,135	0,174	0,025	0,022	0,163	0,183	0,199	0,065	0,479
	F	<1,0	<0,008	0,107	0,142	0,020	<0,008	0,037	0,106	0,127	<0,033	<0,333
ST20	S	1,1	<0,008	0,208	0,231	0,040	0,017	0,102	0,156	0,264	0,140	0,594
	M	1,5	<0,008	0,211	0,257	0,015	<0,008	<0,023	0,033	0,095	<0,033	<0,333
	F	1,5	<0,008	0,197	0,212	<0,009	0,019	0,197	<0,009	<0,007	0,079	1,166
ST21	S	2,1	<0,008	0,136	0,170	<0,009	0,009	0,090	0,043	0,083	0,098	<0,333
	M	2,2	<0,008	0,133	0,176	<0,009	<0,008	0,038	0,018	0,060	<0,033	<0,333
	F	1,9	<0,008	0,140	0,167	0,012	<0,008	0,103	0,074	0,108	0,067	0,576

Surlignée en jaune : donnée entre <LQ (0,027, 0,025, 0,068, 0,028, 0,100 et 1,00 µg/L µg/L, respectivement pour Co, Cu, Fe, Mn, Pb et Zn) et >LD (0,009, 0,008, 0,023, 0,009, 0,033 et 0,333 µg/L, respectivement, pour Co, Cu, Fe, Mn, Pb et Zn). \* : les analyses effectuées par un laboratoire prestataire dont les données en dessous de la LQ n'étant pas fournies sont minorées à LQ/3.



## ANNEXE 7

### Compilation des concentrations des sels nutritifs des campagnes « saison chaude »

Statistiques descriptives des concentrations moyennes des nitrates+nitrites ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ), ammonium ( $\text{NH}_4$ ), phosphates ( $\text{PO}_4$ ) et silicates ( $\text{SiO}_4$ ) mesurées dans la zone d'étude entre 2007 et 2017 lors des campagnes semestrielle « saison chaude ».

Zone d'étude	Statistique	$\text{NO}_2+\text{NO}_3$ ( $\mu\text{mol/L}$ )									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	<0,050	0,103	0,086	0,170	0,117	<0,050	<0,050	0,060	0,055	<0,017
	Maximum	4,921	1,050	0,309	1,040	0,318	0,263	0,469	0,406	0,312	0,291
	Moyenne	0,422	0,395	0,212	0,473	0,184	0,084	0,251	0,189	0,239	0,120
	Ecart-type	0,853	0,318	0,073	0,242	0,116	0,073	0,119	0,118	0,075	0,074
Baies du Canal	Minimum	<0,050	0,233	0,194	0,060	0,146	<0,050	0,123	0,065	0,053	<0,017
	Maximum	0,445	0,735	0,717	0,720	0,146	1,393	0,596	0,522	0,268	1,205
	Moyenne	0,205	0,491	0,355	0,374	0,146 (n=1)	0,233	0,253	0,313	0,158	0,391
	Ecart-type	0,165	0,187	0,167	0,196		0,439	0,158	0,203	0,075	0,338
Baie du Prony	Minimum	<0,050	<0,050	<0,050	0,060	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,022	<0,017
	Maximum	1,212	1,740	0,700	1,860	0,270	0,148	0,818	0,258	0,224	1,806
	Moyenne	0,259	0,378	0,108	0,402	0,129	0,070	0,252	0,077	0,090	0,883
	Ecart-type	0,439	0,532	0,194	0,526	0,098	0,042	0,242	0,067	0,072	0,699
Ile Ouen	Minimum	<0,050	0,349	0,056	0,100	<0,050	<0,050	0,055	<0,050	0,023	<0,017
	Maximum	0,252	1,470	0,286	0,770	0,080	0,465	0,727	0,257	0,257	0,226
	Moyenne	0,124	0,719	0,131	0,322	0,060	0,160	0,273	0,077	0,102	0,094
	Ecart-type	0,113	0,389	0,085	0,251	0,028	0,176	0,261	0,100	0,085	0,074

Zone d'étude	Statistique	NH <sub>4</sub> (μmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,009	0,026	0,034	0,010	0,018	0,019	0,044	0,039	0,034	0,115
	Maximum	0,413	0,125	0,292	0,262	0,088	0,135	0,114	0,610	0,211	0,260
	Moyenne	0,396	0,059	0,135	0,071	0,050	0,047	0,069	0,132	0,122	0,167
	Ecart-type	0,100	0,029	0,092	0,062	0,020	0,032	0,020	0,136	0,046	0,045
Baies du Canal	Minimum	0,054	0,009	0,064	0,014	0,025	0,022	0,043	0,065	0,050	0,207
	Maximum	0,157	0,136	0,266	0,230	0,237	0,135	0,166	0,323	0,267	1,106
	Moyenne	0,094	0,045	0,169	0,102	0,112	0,079	0,096	0,160	0,126	0,500
	Ecart-type	0,036	0,038	0,074	0,065	0,058	0,032	0,040	0,080	0,070	0,327
Baie du Prony	Minimum	0,012	0,004	0,018	0,012	0,016	0,014	0,014	0,066	0,029	0,105
	Maximum	0,168	0,114	0,249	0,287	0,199	0,073	0,595	0,276	0,279	1,721
	Moyenne	0,044	0,042	0,111	0,079	0,058	0,036	0,139	0,136	0,085	0,338
	Ecart-type	0,046	0,028	0,078	0,094	0,057	0,021	0,181	0,073	0,073	0,449
Ile Ouen	Minimum	0,029	0,005	0,043	0,018	0,061	0,022	0,064	0,059	0,042	0,195
	Maximum	0,113	0,163	0,389	0,216	0,162	0,246	0,137	0,339	0,141	0,606
	Moyenne	0,066	0,063	0,155	0,066	0,104	0,118	0,098	0,155	0,082	0,307
	Ecart-type	0,043	0,070	0,128	0,075	0,039	0,103	0,030	0,100	0,041	0,152

Zone d'étude	Statistique	PO <sub>4</sub> (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	<0,010	0,020	0,031	<0,010	<0,010	0,012	0,055	0,127	0,070	<0,017
	Maximum	0,125	0,061	0,074	0,102	0,093	0,051	0,091	0,127	0,139	0,291
	Moyenne	0,038	0,041	0,050	0,038	0,042	0,032	0,066	0,127 (n=1)	0,100	0,120
	Ecart-type	0,028	0,015	0,011	0,027	0,028	0,014	0,011		0,017	0,074
Baies du Canal	Minimum	0,018	0,013	0,052	0,019	<0,010	0,012	0,064	0,014	0,047	<0,017
	Maximum	0,048	0,060	0,072	0,120	0,096	0,038	0,072	0,014	0,113	1,205
	Moyenne	0,035	0,040	0,062	0,047	0,038	0,024	0,069	0,014 (n=1)	0,075	0,391
	Ecart-type	0,011	0,016	0,008	0,036	0,028	0,009	0,004		0,021	0,338
Baie du Prony	Minimum	<0,010	0,023	0,039	0,015	0,034	0,026	0,068	<0,010	0,024	<0,017
	Maximum	0,058	0,171	0,202	0,185	0,094	0,063	0,273	<0,010	0,112	1,806
	Moyenne	0,037	0,055	0,071	0,058	0,068	0,041	0,126	<0,010	0,060	0,883
	Ecart-type	0,017	0,045	0,043	0,054	0,019	0,012	0,066		0,026	0,699
Ile Ouen	Minimum	0,026	0,044	0,026	0,019	0,048	0,022	0,056	<0,010	0,030	<0,017
	Maximum	0,062	0,082	0,073	0,070	0,115	0,038	0,088	<0,010	0,072	0,226
	Moyenne	0,043	0,062	0,045	0,041	0,080	0,030	0,072	<0,010	0,052	0,094
	Ecart-type	0,018	0,015	0,015	0,018	0,027	0,006	0,016		0,016	0,074

Zone d'étude	Statistique	SiO <sub>4</sub> (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,43	0,97	0,02	<0,050	1,12	0,74	0,60	0,99	0,80	1,73
	Maximum	1,80	1,58	0,94	1,62	2,53	1,16	1,06	1,38	2,91	3,15
	Moyenne	0,96	1,21	0,34	0,41	1,86	0,94	0,81	1,13	1,45	2,21
	Ecart-type	0,36	0,17	0,26	0,40	0,55	0,15	0,15	0,13	0,64	0,44
Baies du Canal	Minimum	0,79	1,34	0,52	0,14	1,50	1,14	1,03	1,24	1,27	2,30
	Maximum	1,89	4,79	4,69	2,84	4,15	12,34	8,14	4,22	3,98	18,43
	Moyenne	1,20	2,13	1,81	1,07	2,57	3,12	2,58	1,88	1,82	6,17
	Ecart-type	0,33	1,13	1,28	1,12	0,82	3,67	2,68	0,93	0,89	5,68
Baie du Prony	Minimum	1,25	1,55	1,32	<0,050	1,47	1,19	1,81	1,36	0,49	3,01
	Maximum	4,07	4,21	6,64	9,95	3,25	12,96	6,62	4,48	3,99	8,18
	Moyenne	2,38	2,63	2,43	4,78	2,16	2,68	2,68	2,16	1,57	4,28
	Ecart-type	0,89	1,01	1,45	4,21	0,55	3,32	1,43	1,07	0,91	1,49
Ile Ouen	Minimum	1,56	1,31	0,54	0,21	1,64	1,21	1,05	1,25	0,63	1,92
	Maximum	1,97	1,67	1,34	0,40	2,24	1,47	1,75	2,01	2,72	4,45
	Moyenne	1,79	1,50	0,98	0,32	1,93	1,36	1,47	1,59	1,44	3,14
	Ecart-type	0,21	0,14	0,28	0,08	0,23	0,09	0,28	0,26	0,76	0,89

## ANNEXE 8

### Compilation des concentrations de la matière organique des campagnes « saison chaude »

Statistiques descriptives des concentrations moyennes de l'azote et du phosphore organiques dissous (NOD et POD) et du carbone, de l'azote et du phosphore organiques particulaires mesurées dans la zone d'étude entre 2007 et 2017 lors des campagnes semestrielle « saison chaude ».

Zone d'étude	Statistique	NOD (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	4,50	0,68	0,38	2,92	2,81	0,96	3,62	3,03	2,24	5,25
	Maximum	9,89	3,51	6,83	5,48	4,72	4,72	5,24	6,02	8,30	7,89
	Moyenne	5,19	2,52	2,30	4,40	3,52	3,42	4,59	4,06	3,33	6,31
	Ecart-type	0,91	0,90	1,94	0,72	0,56	1,03	0,52	0,83	1,48	0,63
Baies du Canal	Minimum	3,97	0,95	0,87	4,23	1,09	3,26	4,11	3,55	3,84	5,06
	Maximum	5,61	3,79	3,32	5,55	3,80	4,27	5,83	5,58	7,49	7,00
	Moyenne	4,84	2,56	2,13	4,99	3,24	3,72	4,89	4,21	4,86	5,96
	Ecart-type	0,47	0,86	0,76	0,41	0,99	0,31	0,46	0,61	1,19	0,63
Baie du Prony	Minimum	4,48	1,51	1,07	3,79	1,78	2,98	4,31	3,36	2,92	4,84
	Maximum	6,32	4,46	2,90	5,78	4,45	4,05	6,39	5,61	5,74	8,00
	Moyenne	5,11	2,68	2,07	4,82	3,54	3,66	5,36	4,57	4,02	6,03
	Ecart-type	0,54	0,80	0,67	0,65	0,69	0,32	0,65	0,80	0,79	0,82
Ile Ouen	Minimum	5,05	2,03	0,83	2,85	3,31	2,39	5,33	3,15	3,64	5,35
	Maximum	5,19	3,73	3,08	5,39	4,94	3,87	6,69	5,07	6,08	6,80
	Moyenne	5,12	3,09	1,73	4,24	4,01	3,32	5,81	4,33	4,39	6,00
	Ecart-type	0,07	0,63	0,97	0,85	0,57	0,50	0,48	0,75	3,64	0,50

Zone d'étude	Statistique	POD (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,159	0,132	0,671	0,470	0,107	0,165	0,121	0,049	0,000	0,01
	Maximum	0,279	0,322	0,953	0,710	0,294	0,327	0,273	0,178	0,531	0,25
	Moyenne	0,346	0,195	0,837	0,604	0,196	0,230	0,195	0,116	0,092	0,16
	Ecart-type	0,027	0,077	0,100	0,071	0,056	0,051	0,051	0,043	0,132	0,06
Baies du Canal	Minimum	0,155	0,064	0,708	0,440	0,164	0,130	0,093	0,009	0,040	0,00
	Maximum	0,238	0,220	0,920	0,700	0,253	0,251	0,216	0,269	0,224	0,18
	Moyenne	0,204	0,127	0,847	0,607	0,228	0,162	0,158	0,109	0,131	0,04
	Ecart-type	0,025	0,048	0,064	0,081	0,030	0,041	0,042	0,077	0,056	0,06
Baie du Prony	Minimum	0,172	0,124	0,596	0,550	0,079	0,128	0,139	0,023	0,000	0,00
	Maximum	0,230	0,374	0,942	0,720	0,240	0,238	0,253	0,176	0,241	0,25
	Moyenne	0,201	0,228	0,776	0,624	0,163	0,167	0,218	0,080	0,087	0,05
	Ecart-type	0,017	0,085	0,105	0,048	0,053	0,037	0,032	0,053	0,070	0,10
Ile Ouen	Minimum	0,211	0,105	0,792	0,550	0,067	0,174	0,207	0,033	0,000	0,08
	Maximum	0,228	0,329	1,050	0,710	0,161	0,203	0,303	0,159	0,180	0,32
	Moyenne	0,218	0,211	0,875	0,620	0,120	0,191	0,249	0,128	0,064	0,19
	Ecart-type	0,009	0,104	0,092	0,068	0,036	0,011	0,035	0,047	0,000	0,08



Zone d'étude	Statistique	COP (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	4,1	10,8	6,4	8,5	ND	6,2	9,5	6,9	1,3	3,3
	Maximum	12,5	28,1	12,1	18,3	ND	15,1	21,5	11,4	13,7	18,3
	Moyenne	6,8	17,6	8,0	11,9	ND	11,3	14,1	8,2	6,4	8,2
	Ecart-type	2,0	5,1	1,5	3,1	ND	2,9	4,1	1,1	3,4	3,4
Baies Canal	Minimum	4,7	8,9	5,2	10,8	ND	9,5	11,4	7,8	7,7	5,8
	Maximum	13,4	26,0	11,5	16,0	ND	61,8	22,2	13,8	16,0	19,1
	Moyenne	8,4	17,2	6,9	12,7	ND	17,2	16,2	9,3	10,5	10,1
	Ecart-type	2,8	5,6	2,2	1,9	ND	16,9	4,3	1,8	2,9	4,6
Baie du Prony	Minimum	4,5	8,4	5,7	7,9	ND	9,8	8,6	5,6	5,5	3,3
	Maximum	10,6	18,6	10,9	27,1	ND	21,4	18,9	10,5	8,9	10,0
	Moyenne	7,1	12,4	8,4	12,4	ND	12,4	13,3	7,8	7,5	6,6
	Ecart-type	2,2	2,9	1,5	4,9	ND	3,1	3,0	1,6	1,1	1,9
Ile Ouen	Minimum	8,0	11,8	6,7	9,4	ND	11,9	12,8	10,0	8,1	5,0
	Maximum	8,9	17,8	27,9	20,1	ND	16,8	34,7	22,6	14,4	7,5
	Moyenne	8,4	14,3	13,6	13,6	ND	13,7	18,6	15,4	10,7	5,8
	Ecart-type	0,5	2,5	7,9	4,3	ND	1,7	8,1	5,5	2,3	1,1

ND : Concentration non déterminée suite à un problème d'analyse.

Zone d'étude	Statistique	NOP (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	<0,13	1,12	0,92	0,78	0,75	0,54	0,82	0,70	0,56	0,70
	Maximum	1,70	3,54	3,11	1,35	1,23	0,93	1,90	1,14	1,15	2,73
	Moyenne	0,66	1,75	1,85	1,03	0,91	0,72	1,19	0,86	0,80	1,41
	Ecart-type	0,41	0,79	0,77	0,17	0,13	0,12	0,36	0,14	0,16	0,53
Baies du Canal	Minimum	<0,13	0,96	0,78	0,95	0,85	0,59	0,74	0,71	0,88	0,61
	Maximum	1,75	5,01	3,01	1,69	1,32	1,33	1,82	1,18	1,61	1,93
	Moyenne	0,69	2,12	1,35	1,22	1,08	0,90	1,20	0,86	1,17	1,08
	Ecart-type	0,64	1,24	0,68	0,24	0,17	0,25	0,31	0,14	0,26	0,40
Baie du Prony	Minimum	<0,13	1,02	0,83	0,83	0,87	0,82	0,91	0,86	0,49	0,67
	Maximum	<0,13	3,82	2,53	1,52	1,35	1,25	2,24	1,38	1,82	1,65
	Moyenne		1,65	1,49	1,08	1,05	0,99	1,37	1,08	1,26	1,05
	Ecart-type		0,78	0,49	0,21	0,16	0,12	0,44	0,16	0,33	0,29
Ile Ouen	Minimum	<0,13	1,17	1,37	0,80	1,00	0,73	1,02	0,93	1,00	0,95
	Maximum	<0,13	1,57	6,25	3,53	1,33	1,05	2,69	1,58	1,32	1,43
	Moyenne		1,42	3,40	1,51	1,19	0,93	1,37	1,28	1,18	1,11
	Ecart-type		0,15	2,30	1,02	0,12	0,13	0,65	0,22	0,12	0,17

Zone d'étude	Statistique	POP (µmol/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,013	0,051	<0,010	<0,010	0,038	0,053	0,038	0,029	0,049	0,061
	Maximum	0,099	0,080	0,107	0,083	0,091	0,094	0,089	0,100	0,119	0,120
	Moyenne	0,053	0,061	0,056	0,025	0,059	0,065	0,053	0,052	0,070	0,088
	Ecart-type	0,015	0,010	0,029	0,024	0,019	0,010	0,014	0,019	0,017	0,018
Baies du Canal	Minimum	0,041	0,069	0,034	0,012	0,052	0,060	0,051	0,030	0,077	0,047
	Maximum	0,107	0,119	0,141	0,045	0,087	0,123	0,087	0,115	0,140	0,117
	Moyenne	0,065	0,089	0,080	0,025	0,066	0,091	0,068	0,047	0,107	0,080
	Ecart-type	0,022	0,019	0,033	0,012	0,014	0,022	0,013	0,026	0,023	0,023
Baie du Prony	Minimum	<0,010	0,056	0,021	<0,010	0,047	0,064	0,051	0,094	0,046	0,039
	Maximum	0,058	0,111	0,090	0,039	0,068	0,107	0,096	0,143	0,145	0,100
	Moyenne	0,037	0,080	0,054	0,026	0,060	0,087	0,070	0,111	0,103	0,066
	Ecart-type	0,017	0,017	0,022	0,011	0,007	0,014	0,015	0,015	0,028	0,018
Ile Ouen	Minimum	0,026	0,062	0,020	0,015	0,059	0,063	0,054	0,051	0,108	0,073
	Maximum	0,062	0,105	0,072	0,106	0,084	0,101	0,076	0,112	0,151	0,109
	Moyenne	0,043	0,081	0,054	0,053	0,073	0,079	0,065	0,075	0,128	0,086
	Ecart-type	0,018	0,020	0,018	0,043	0,011	0,014	0,009	0,024	0,015	0,013

## ANNEXE 9

### Compilation des concentrations de chlorophylle a des campagnes « saison chaude »

Statistiques descriptives des concentrations moyennes de la chlorophylle a mesurées dans la zone d'étude entre 2007 et 2017 lors des campagnes semestrielle « saison chaude ».

Zone d'étude	Statistique	Chlorophylle a (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,20	0,38	0,50	0,26	0,01	0,39	0,25	0,33	0,02	0,09
	Maximum	0,59	0,77	1,12	1,17	0,43	0,60	0,64	0,65	0,49	0,23
	Moyenne	0,40	0,53	0,89	0,64	0,26	0,49	0,43	0,45	0,27	0,17
	Ecart-type	0,10	0,12	0,18	0,25	0,13	0,07	0,14	0,09	0,13	0,04
Baies du canal	Minimum	0,30	0,36	0,32	0,24	0,02	0,31	0,07	0,28	0,26	0,14
	Maximum	0,56	0,80	0,95	1,21	0,41	0,69	0,45	0,54	0,87	0,33
	Moyenne	0,44	0,56	0,61	0,64	0,28	0,54	0,31	0,43	0,57	0,24
	Ecart-type	0,08	0,15	0,25	0,28	0,14	0,11	0,12	0,09	0,16	0,07
Baie du Prony	Minimum	0,27	0,27	0,52	0,24	0,17	0,28	0,10	0,28	0,03	0,17
	Maximum	0,59	1,20	1,05	3,34	0,66	0,88	1,34	0,64	1,13	0,55
	Moyenne	0,43	0,61	0,76	0,82	0,35	0,55	0,63	0,41	0,30	0,33
	Ecart-type	0,11	0,34	0,14	0,97	0,17	0,19	0,37	0,11	0,29	0,14
Ile Ouen	Minimum	0,50	0,33	0,63	0,26	0,14	0,48	0,22	0,25	0,14	0,19
	Maximum	0,97	1,01	0,92	0,95	0,36	0,77	0,61	0,54	0,64	0,32
	Moyenne	0,76	0,76	0,77	0,56	0,26	0,67	0,32	0,34	0,45	0,25
	Ecart-type	0,24	0,26	0,10	0,26	0,07	0,10	0,15	0,11	0,21	0,05

## ANNEXE 10

### Compilation des concentrations des métaux dissous des campagnes « saison chaude »

Statistiques descriptives des concentrations moyennes des métaux dissous (As, Co, Cr(VI), Cr-total, Fe, Mn et Ni) mesurées dans la zone d'étude entre 2007 et 2017 lors des campagnes semestrielle « saison chaude ».

Zone d'étude	Statistique	As (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	1,20	0,15	ND	ND	ND	1,70	1,00	1,40	1,20	1,20
	Maximum	1,47	0,47	ND	ND	ND	1,90	2,00	2,50	2,60	2,40
	Moyenne	1,29	0,32	ND	ND	ND	1,79	1,50	1,84	1,90	1,82
	Ecart-type	0,06	0,09	ND	ND	ND	0,07	0,52	0,33	0,45	0,41
Baies du Canal	Minimum	1,20	0,16	ND	ND	ND	1,60	2,00	1,50	1,20	1,60
	Maximum	1,41	0,48	ND	ND	ND	2,00	2,00	2,40	3,10	2,80
	Moyenne	1,31	0,35	ND	ND	ND	1,79	2,00	1,95	1,81	1,93
	Ecart-type	0,06	0,10	ND	ND	ND	0,15	0,00	0,31	0,60	0,40
Baie du Prony	Minimum	1,07	0,17	ND	ND	ND	1,50	1,00	1,50	1,10	1,20
	Maximum	1,32	0,62	ND	ND	ND	1,90	2,00	2,40	2,50	2,10
	Moyenne	1,20	0,39	ND	ND	ND	1,70	1,80	1,80	1,65	1,72
	Ecart-type	0,07	0,13	ND	ND	ND	0,13	0,42	0,30	0,44	0,29
Ile Ouen	Minimum	1,29	0,33	ND	ND	ND	1,70	1,00	1,30	1,20	1,10
	Maximum	1,31	0,50	ND	ND	ND	1,80	3,00	1,70	2,30	1,50
	Moyenne	1,30	0,40	ND	ND	ND	1,77	2,00	1,47	1,85	1,40
	Ecart-type	0,01	0,06	ND	ND	ND	0,05	0,71	0,14	0,47	0,20

\* : analyse effectuée par différentes techniques (ICP-MS et voltamétrie) et par différents laboratoires expliquant les différent seuil de LQ ; ND : Concentration non déterminée suite à un problème d'analyse.

Zone d'étude	Statistique	Co (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027
	Maximum	0,046	<0,027	0,044	0,042	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027
	Moyenne	0,019		0,025	0,023					<0,027	<0,027
	Ecart-type	0,010		0,011	0,011						
Baies du Canal	Minimum	<0,027	<0,027	0,029	<0,027	<0,027	<0,027	0,032	0,050	<0,027	<0,027
	Maximum	0,046	0,102	0,102	0,082	0,058	0,046	0,109	0,086	0,069	0,067
	Moyenne	0,028	0,034	0,057	0,036	0,030	0,032	0,063	0,071	0,039	0,035
	Ecart-type	0,011	0,027	0,027	0,020	0,015	0,014	0,035	0,019	0,037	0,017
Baie du Prony	Minimum	<0,027	0,031	0,055	<0,027	0,032	<0,027	<0,027	0,027	<0,027	<0,027
	Maximum	0,082	0,100	0,270	0,252	0,092	0,061	0,075	0,111	0,069	0,102
	Moyenne	0,044	0,053	0,085	0,075	0,048	0,028	0,040	0,052	0,028	0,037
	Ecart-type	0,019	0,023	0,059	0,075	0,017	0,017	0,019	0,026	0,019	0,025
Ile Ouen	Minimum	0,027	<0,027	0,039	<0,027	<0,027	<0,027	<0,027	0,039	<0,027	<0,009
	Maximum	0,036	0,048	0,058	0,054	0,052	<0,027	0,031	0,061	0,032	0,040
	Moyenne	0,031	0,036	0,050	0,027	0,033	0,013	0,026	0,053	0,032 (n=1)	0,021
	Ecart-type	0,005	0,009	0,008	0,015	0,010	0,000	0,003	0,012		0,012

Zone d'étude	Statistique	Cr <sup>VI</sup> (µg/L)								
		mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,113	0,106	0,098	0,086	0,067	0,096	0,115	0,102	0,116
	Maximum	0,147	0,251	0,231	0,116	0,123	0,160	0,144	0,132	0,145
	Moyenne	0,131	0,141	0,113	0,093	0,081	0,126	0,127	0,116	0,131
	Ecart-type	0,012	0,035	0,032	0,011	0,013	0,017	0,009	0,010	0,007
Baies du Canal	Minimum	0,092	0,110	0,107	0,098	0,079	0,119	0,124	0,115	0,112
	Maximum	0,277	0,230	0,232	0,264	0,348	0,546	0,243	0,272	0,934
	Moyenne	0,144	0,153	0,133	0,133	0,130	0,218	0,154	0,157	0,299
	Ecart-type	0,057	0,036	0,039	0,051	0,086	0,161	0,035	0,057	0,281
Baie du Prony	Minimum	0,163	0,182	0,115	0,114	0,095	0,080	0,129	0,122	0,107
	Maximum	0,409	0,776	1,222	0,218	0,380	0,638	0,325	0,295	0,524
	Moyenne	0,216	0,280	0,431	0,148	0,167	0,220	0,201	0,173	0,218
	Ecart-type	0,077	0,168	0,422	0,027	0,087	0,139	0,058	0,046	0,140
Ile Ouen	Minimum	0,089	0,136	0,136	0,088	0,083	0,079	0,134	0,115	0,136
	Maximum	0,219	0,160	0,238	0,138	0,096	0,203	0,190	0,147	0,214
	Moyenne	0,142	0,149	0,162	0,118	0,090	0,147	0,166	0,130	0,191
	Ecart-type	0,047	0,008	0,039	0,021	0,006	0,053	0,021	0,011	0,030

Zone d'étude	Statistique	Cr-total (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,023	0,177	0,150	0,127	ND	0,097	0,135	0,127	0,137	0,142
	Maximum	0,175	0,676	0,270	0,702	ND	0,255	0,176	0,203	0,255	0,249
	Moyenne	0,107	0,372	0,179	0,278	ND	0,142	0,153	0,164	0,154	0,163
	Ecart-type	0,037	0,181	0,037	0,181	ND	0,048	0,013	0,024	0,028	0,026
Baies du Canal	Minimum	0,071	0,187	0,150	0,184	ND	0,103	0,147	0,172	0,153	0,162
	Maximum	0,173	0,730	0,170	0,488	ND	0,425	0,584	0,334	0,329	1,058
	Moyenne	0,128	0,383	0,160	0,320	ND	0,177	0,240	0,207	0,235	0,382
	Ecart-type	0,035	0,177	0,008	0,112	ND	0,102	0,165	0,052	0,072	0,304
Baie du Prony	Minimum	0,049	0,174	0,200	0,200	ND	0,142	0,197	0,196	0,165	0,142
	Maximum	0,136	0,579	0,450	1,857	ND	0,414	1,670	0,344	0,319	0,622
	Moyenne	0,101	0,321	0,258	0,640	ND	0,199	0,375	0,244	0,224	0,327
	Ecart-type	0,027	0,123	0,078	0,534	ND	0,087	0,432	0,048	0,051	0,178
Ile Ouen	Minimum	0,154	0,236	0,170	0,194	ND	0,119	0,133	0,164	0,145	0,188
	Maximum	0,182	0,404	0,250	1,000	ND	0,168	0,239	0,217	0,185	0,257
	Moyenne	0,170	0,302	0,195	0,579	ND	0,138	0,196	0,195	0,163	0,225
	Ecart-type	0,014	0,057	0,028	0,312	ND	0,023	0,037	0,022	0,015	0,024

\* : analyse effectuée par différentes techniques (ICP-MS et voltammétrie) et différents laboratoires expliquant les différents seuils de LQ ; ND : Concentration non déterminée suite à un problème d'analyse.



Zone d'étude	Statistique	Cu (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,030	<0,025	0,030	<0,025	<0,025	<0,025	0,047	<0,025	<0,025	<0,025
	Maximum	0,150	<0,025	0,330	0,182	0,254	0,043	0,049	<0,025	0,026	0,079
	Moyenne	0,090	0,100 (n=1)	0,093	0,055	0,114	0,024	0,047	0,048 (n=1)	0,026 (n=1)	0,023
	Ecart-type	0,025		0,092	0,054	0,107	0,008	0,001			0,026
Baies du Canal	Minimum	0,050	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,038		<0,025	<0,025
	Maximum	0,120	<0,025	0,230	0,093	0,159	0,065	0,176		<0,025	1,318
	Moyenne	0,080	0,100 (n=1)	0,060	0,038	0,125	0,032	0,107		<0,025	0,232
	Ecart-type	0,019		0,069	0,028	0,054	0,016	0,098			0,462
Baie du Prony	Minimum	0,070	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,029	0,027	<0,025
	Maximum	0,090	<0,025	0,130	0,052	0,483	0,075	<0,025	0,266	0,043	0,027
	Moyenne	0,079	<0,025	0,054	0,033	0,179	0,034	0,087 (n=1)	0,118	0,036	0,014
	Ecart-type	0,007		0,043	0,015	0,128	0,021		0,105	0,006	0,007
Ile Ouen	Minimum	0,080	0,070	0,060	<0,025	0,098	<0,025	0,045	0,060	<0,025	<0,025
	Maximum	0,140	0,160	0,860	0,123	0,630	0,047	0,275	0,067	0,203	0,111
	Moyenne	0,103	0,120	0,245	0,074	0,241	0,033	0,160	0,064	0,203 (n=1)	0,039
	Ecart-type	0,032	0,046	0,308	0,056	0,194	0,011	0,163	0,004		0,042

Zone d'étude	Statistique	Fe (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	<0,068	0,070	0,070	<0,068	<0,068	<0,068	<0,068	0,076	<0,068	<0,068
	Maximum	0,410	1,020	0,160	<0,068	0,204	<0,068	<0,068	0,201	<0,068	1,203
	Moyenne	0,132	0,190	0,098	0,017	0,057	0,023	0,030	0,128	<0,068	0,162
	Ecart-type	0,062	0,276	0,032	0,007	0,048	0,010	0,007	0,043		0,294
Baies du Canal	Minimum	0,090	0,100	0,070	<0,068	<0,068	<0,068	<0,068	0,104	<0,068	<0,068
	Maximum	0,140	0,450	0,290	0,178	0,135	<0,068	0,166	0,243	<0,068	0,185
	Moyenne	0,118	0,199	0,166	0,044	0,070	0,037	0,084	0,137	<0,068	0,092
	Ecart-type	0,018	0,108	0,071	0,054	0,030	0,011	0,048	0,048		0,058
Baie du Prony	Minimum	<0,068	0,100	0,070	<0,068	<0,068	<0,068	<0,068	0,071	<0,068	<0,068
	Maximum	0,100	0,140	0,120	<0,068	0,140	<0,068	<0,068	0,112	0,088	0,163
	Moyenne	0,060	0,110	0,090	0,037	0,062	0,027	0,031	0,096	0,088 (n=1)	0,043
	Ecart-type	0,017	0,015	0,017	0,023	0,035	0,014	0,010	0,014		0,039
Ile Ouen	Minimum	0,120	0,100	0,070	<0,068	<0,068	<0,068	<0,068	0,090	<0,068	<0,068
	Maximum	0,220	0,150	0,190	<0,068	0,230	<0,068	0,143	0,443	<0,068	0,197
	Moyenne	0,157	0,125	0,122	0,035	0,097	0,022	0,093	0,243	<0,068	0,097
	Ecart-type	0,055	0,024	0,047	0,010	0,068	0,003	0,036	0,165		0,060

Zone d'étude	Statistique	Mn (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,030	0,090	0,080	<0,028	0,029	<0,028	0,029	0,057	0,030	<0,028
	Maximum	0,250	0,140	0,150	0,134	0,150	0,052	0,082	0,292	0,093	0,239
	Moyenne	0,204	0,126	0,108	0,046	0,086	0,038	0,049	0,162	0,047	0,075
	Ecart-type	0,064	0,015	0,025	0,035	0,045	0,010	0,016	0,073	0,017	0,064
Baies du Canal	Minimum	0,030	0,130	0,180	0,098	0,053	0,039	0,087	0,061	0,034	0,095
	Maximum	0,310	0,660	0,540	0,383	0,496	0,251	0,504	0,992	0,279	0,353
	Moyenne	0,178	0,253	0,291	0,186	0,180	0,116	0,226	0,357	0,140	0,205
	Ecart-type	0,077	0,171	0,114	0,109	0,132	0,080	0,148	0,264	0,060	0,106
Baie du Prony	Minimum	0,170	0,190	0,180	<0,028	0,206	0,072	0,060	0,281	<0,028	0,057
	Maximum	0,430	0,570	1,270	4,157	1,127	0,462	0,692	1,107	0,396	0,253
	Moyenne	0,240	0,341	0,357	0,615	0,439	0,197	0,267	0,481	0,168	0,147
	Ecart-type	0,071	0,135	0,299	1,163	0,252	0,123	0,184	0,255	0,124	0,068
Ile Ouen	Minimum	0,200	0,180	0,210	<0,028	0,234	0,052	0,110	0,173	0,054	<0,028
	Maximum	0,250	0,330	0,330	0,258	0,422	0,136	0,285	0,525	0,143	0,268
	Moyenne	0,227	0,255	0,243	0,129	0,290	0,099	0,197	0,297	0,097	0,110
	Ecart-type	0,025	0,056	0,044	0,078	0,068	0,029	0,075	0,130	0,030	0,099

Zone d'étude	Statistique	Ni (µg/L)									
		mars-07	mars-09	mars-10	mars-11	mars-12	mars-13	mars-14	mars-15	mars-16	avr-17
Canal de la Havannah	Minimum	0,040	0,120	0,090	0,025	0,048	0,041	0,051	0,088	0,045	0,058
	Maximum	0,260	0,160	0,130	0,215	0,131	0,085	0,120	0,239	0,453	0,262
	Moyenne	0,177	0,141	0,106	0,071	0,088	0,066	0,076	0,166	0,101	0,107
	Ecart-type	0,056	0,011	0,010	0,046	0,029	0,014	0,020	0,048	0,096	0,054
Baies du Canal	Minimum	0,140	0,150	0,150	0,116	0,099	0,074	0,096	0,104	0,053	0,145
	Maximum	0,300	0,820	0,650	0,316	0,235	0,726	1,082	0,755	0,571	0,726
	Moyenne	0,206	0,277	0,322	0,175	0,168	0,261	0,306	0,309	0,214	0,325
	Ecart-type	0,055	0,212	0,180	0,076	0,052	0,247	0,337	0,197	0,179	0,233
Baie du Prony	Minimum	0,210	0,230	0,240	0,056	0,215	0,109	0,124	0,260	0,075	0,108
	Maximum	0,540	0,630	1,060	1,435	0,369	0,578	0,702	0,838	0,453	0,670
	Moyenne	0,346	0,350	0,383	0,495	0,261	0,241	0,264	0,410	0,199	0,236
	Ecart-type	0,124	0,134	0,226	0,509	0,042	0,143	0,148	0,171	0,116	0,161
Ile Ouen	Minimum	0,170	0,170	0,170	0,048	0,194	0,073	0,118	0,240	0,102	<0,022
	Maximum	0,270	0,340	0,280	0,287	0,300	0,403	0,247	1,128	0,184	0,264
	Moyenne	0,233	0,268	0,220	0,160	0,230	0,175	0,186	0,510	0,141	0,154
	Ecart-type	0,055	0,061	0,037	0,082	0,037	0,115	0,054	0,360	0,027	0,105