



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

2^{ième} semestre 2013



AEL-LEA

7 février 2014

CONTRAT DE CONSULTANCE

Contrat n° T1368

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

2^{ème} semestre 2013

RAPPORT FINAL

Le Grand H.
Kaplan H.
Senia J.
Pluchino S.
Raynal A.
Kumar-Roiné S.
Fernandez JM.

Nombre de pages : 81

	N/Ref	V/Ref	
Identification	121205-VI-18	T1368	
Titre complet	SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DE MER DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE :		
Auteurs	Le Grand H., Kaplan H., Senia J., Pluchino S., Raynal A, Kumar-Roiné S., Fernandez JM		
Résumé	<p>Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE 2007, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du 2^{ème} semestre 2013 (août 2013) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC. Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC (Canal de la Havannah, Baie du Prony et Canal Woodin). Le programme de surveillance trimestriel du milieu marin est réalisé sur deux stations localisées dans la Baie du Prony.</p> <p>Les fluctuations des paramètres physico-chimiques ainsi que les concentrations de certains paramètres (silicates, POD, NOP, POP, Co, Cr(VI), Cr_{total}, Mn et Ni) mettent en évidence l'impact des apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony, de la Baie Kwé et de Port Boisé consécutivement à l'épisode pluvieux de caractère exceptionnel de la saison fraîche 2013.</p> <p>Les stations de Port Boisé et de la Baie Kwé se démarquent des stations de la Baie du Prony en raison d'une nette stratification des eaux de surface dont la salinité est faible et les concentrations en métaux dissous particulièrement élevées. Ces concentrations de métaux dissous ont été générées par les effets de lessivage des bassins versants suite aux précipitations atmosphériques de forte intensité. Cette augmentation de métaux dissous est néanmoins à surveiller, particulièrement au niveau des stations St03 (Port Boisé) et St06 (Baie Kwé) qui présentent les changements les plus importants au sein de la zone d'étude.</p>		
APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		04/02/14
Vérificateur	Céline Pousse		15/01/14
Approbateur	Jean Michel Fernandez		06/02/14
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE	
V1	Rapport final (2 ^{ème} semestre 2013)	06/02/14	
COPIE - DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement		

Ce rapport doit être cité comme suit :

Le Grand H., Kaplan H., Senia J., Pluchino S., Raynal A., Kumar-Roiné S., Fernandez JM., 2014. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie. 2^{ème} semestre 2013. Contrat AEL/Vale-NC n°1368. 81p.

TABLE DES MATIERES

Table des matières	5
INTRODUCTION	6
OBJECTIFS	7
MATERIELS ET METHODES	8
I. Site d'étude et conditions météorologiques	8
1. Stations de prélèvement	8
2. Conditions météorologiques	9
II. Echantillonnage	10
RESULTATS	11
I. Eléments majeurs et pH	11
II. Matières en suspension	11
III. Structures des masses d'eau	13
1. Température	13
2. Fluorescence	14
3. Turbidité	15
4. Salinité	16
IV. Analyse des sels nutritifs	18
1. Nitrates et nitrites	18
2. Ammonium	19
3. Phosphates	20
4. Silicates	21
V. Matière organique	23
1. Azote et phosphore organiques dissous	23
2. Azote, carbone et phosphore organiques particuliers	23
VI. Pigments chlorophylliens	27
VII. Métaux dissous dans la colonne d'eau	28
SYNTHESE	35
I. Distribution verticale des concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15	36
II. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations de baies (St03, St06 et St15)	38
III. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations du Canal de la Havannah (St05, St07 et St09)	40
CONCLUSION	42
Références	43
Liste des figures	45
Liste des tableaux	47
Annexes	48

INTRODUCTION

Le suivi est une exigence de l'arrêté ICPE 2007¹, complété par la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB 2009). La définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et géochimique des eaux marines a été réalisée entre 2005 et 2007 sur 18 stations (Conventions IRD-Goro-Ni n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007).

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

L'objectif consiste à suivre l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux de mer. A cet effet, il est effectué des mesures et des prélèvements d'eau de mer 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 **2^{ième} semestre 2013** (août 2013) effectuée dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC.

¹ Arrêté ICPE : installations portuaires du 13 juillet 2007

OBJECTIFS

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

- 4 dans la Baie du Prony ;
- 5 dans le système du Canal de la Havannah ;
- 1 dans la Baie de Port Boisé ;
- 1 dans la Baie Kwé ;
- 1 au niveau 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.

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.

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

MATERIELS ET METHODES

I. Site d'étude et conditions météorologiques

1. Stations de prélèvement

Les opérations de terrain ont été réalisées à bord du Slavko (Casy Express) au cours de la campagne semestrielle du 6 au 8 août 2013 sur les 14 stations du suivi physico-chimique (Figure 1 ; Tableau 1).

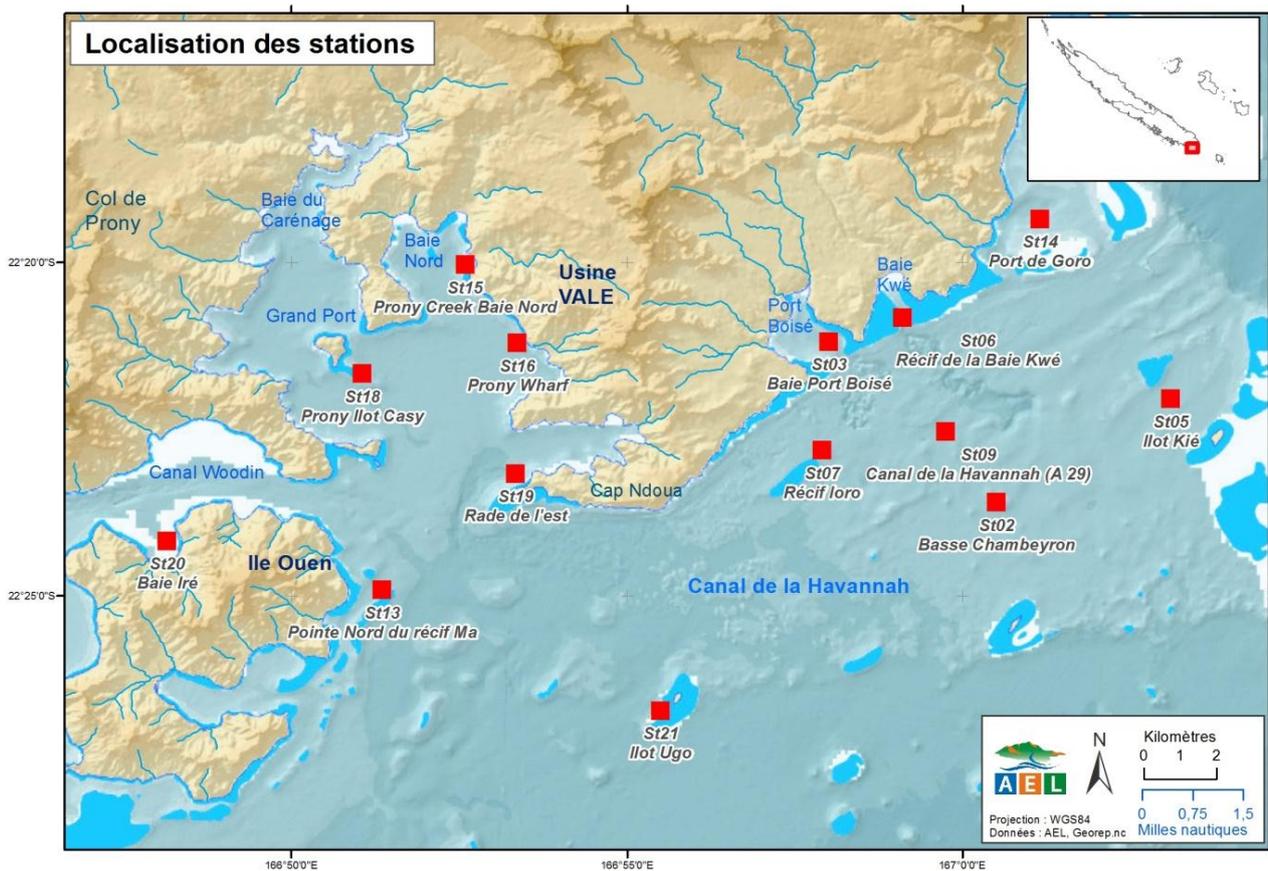


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.

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

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

2. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques et hydro-climatiques ont une influence directe sur la valeur des paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de resituer chaque prélèvement dans son contexte, les principales données météorologiques ont été relevées (*Prony pilot station*, Usine de Vale-NC) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur un marégramme (Figure 2 ; Figure 3).

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PRECEDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE (01-05 août 2013) :

- 3 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédant la campagne ;
- Vent : ~10 Nds.

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE (06-08 août 2013) :

- 06/08/13 : Vent ~10 Nds Vent SE, le vent se lève en milieu de matinée puis retombe, mer calme, temps gris accompagné de précipitations ;
- 07/08/13 : Vent <5 Nds, beau temps, quelques nuages, mer calme ;
- 08/08/13 : Vent <5 Nds, mer calme, temps ensoleillé devant couvert. Fortes pluies (80 mm) enregistrées.
- Au total, 87,2 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne.



Figure 2 : Hauteurs des précipitations enregistrées 5 jours précédant (1-5/8/13) la campagne et pendant la campagne semestrielle (6-8/13).

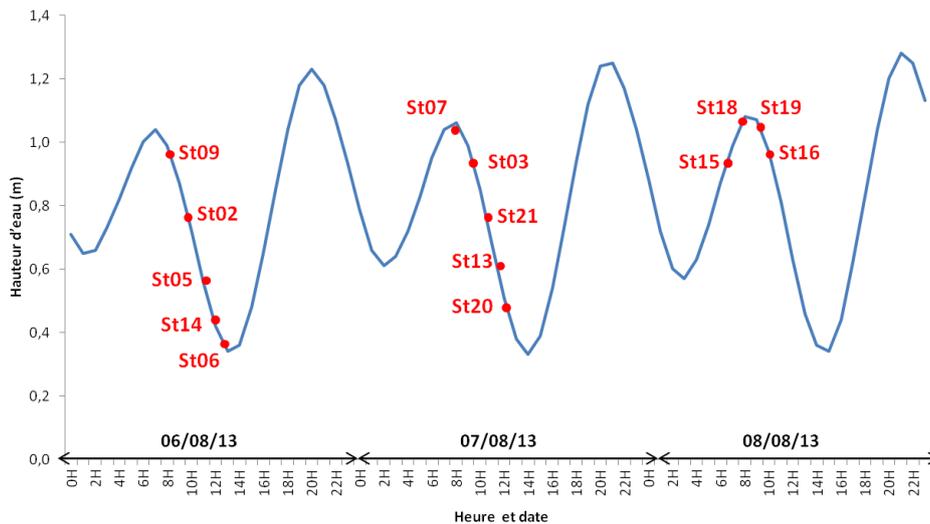


Figure 3 : Chronologie des événements de la campagne semestrielle d'août 2013 reportée sur le marégramme du 06 au 08 août 2013.

II. Echantillonnage

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

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

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

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES (Matières en Suspension) et des concentrations en ions chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{2-}), calcium (Ca^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), magnésium (Mg^{2+}) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates), de la charge organique dissoute et particulaire (azote et phosphore organiques dissous, azote, phosphore et carbone organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par :
 - spectrométrie d'émission optique couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) ;
 - spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS) pour le dosage des éléments métalliques arsenic (As), cadmium (Cd) et plomb (Pb) ;
 - électrochimie (Voltammétrie) pour le dosage du chrome hexavalent (Cr(VI)) et du chrome total (Cr total).

La méthodologie détaillée des différentes analyses est décrite dans l'Annexe 1.

RESULTATS

I. Eléments majeurs et pH

Les valeurs de pH et les concentrations des éléments majeurs sont regroupées dans le Tableau 2 et en Annexe 2.

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

Les valeurs de pH sont relativement homogènes au sein de la zone d'étude. Le pH moyen mesuré dans la Baie du Prony est cependant légèrement plus faible que celui mesuré dans le Canal de la Havannah.

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

		pH	Ca ²⁺ mg/l	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Domaine entier	Minimum	8,13	350	327	1199	10360	12873	1600
	Maximum	8,30	507	461	1693	14071	26152	3269
	Moyenne	8,23 \pm 0,04	461 \pm 29	420 \pm 21	1525 \pm 80	13277 \pm 725	18950 \pm 3231	2410 \pm 406
Canal de la Havannah	Minimum	8,13	424	402	1442	12717	15525	1795
	Maximum	8,30	495	461	1693	14071	22275	2805
	Moyenne	8,25 \pm 0,04	452 \pm 20	421 \pm 16	1523 \pm 67	13099 \pm 437	18049 \pm 2284	2278 \pm 321
Baie du Prony	Minimum	8,18	444	397	1438	13176	17391	2215
	Maximum	8,20	490	436	1577	14011	26152	3269
	Moyenne	8,19 \pm 0,01	471 \pm 16	419 \pm 14	1524 \pm 49	13677 \pm 271	21465 \pm 3636	2753 \pm 364

II. Matières 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 continentaux et la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'importance de la couche euphotique (Aminot et Kérouel 2004). En milieux côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5 mg/L (Aminot et Kérouel 2004).

Les concentrations de matières en suspension (MES) obtenues lors de la campagne semestrielle d'août 2013 sont représentées dans la Figure 4, le Tableau 3 et en Annexe 2.

Les concentrations de MES sont assez dispersées dans l'ensemble de la zone d'étude ; celles-ci sont comprises entre 0,08 (St06-M) et 0,87 (St21-F) mg/L avec une moyenne de $0,39 \pm 0,20$ mg/L. Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière au sein de la colonne d'eau.

Les concentrations mesurées dans la Baie du Prony ($0,54 \pm 0,19$ mg/L) sont globalement deux fois plus élevées que celles du Canal de la Havannah ($0,31 \pm 0,20$ mg/L). Néanmoins la concentration maximale de la zone d'étude a été obtenue en profondeur à la station de l'îlot Ugo (St21-F : 0,87 mg/L).

Dans l'ensemble de la zone d'étude, la concentration moyenne de MES est similaire à celle mesurée lors de la précédente campagne semestrielle conduite en août 2012 ($0,32 \pm 0,13$ mg/L).

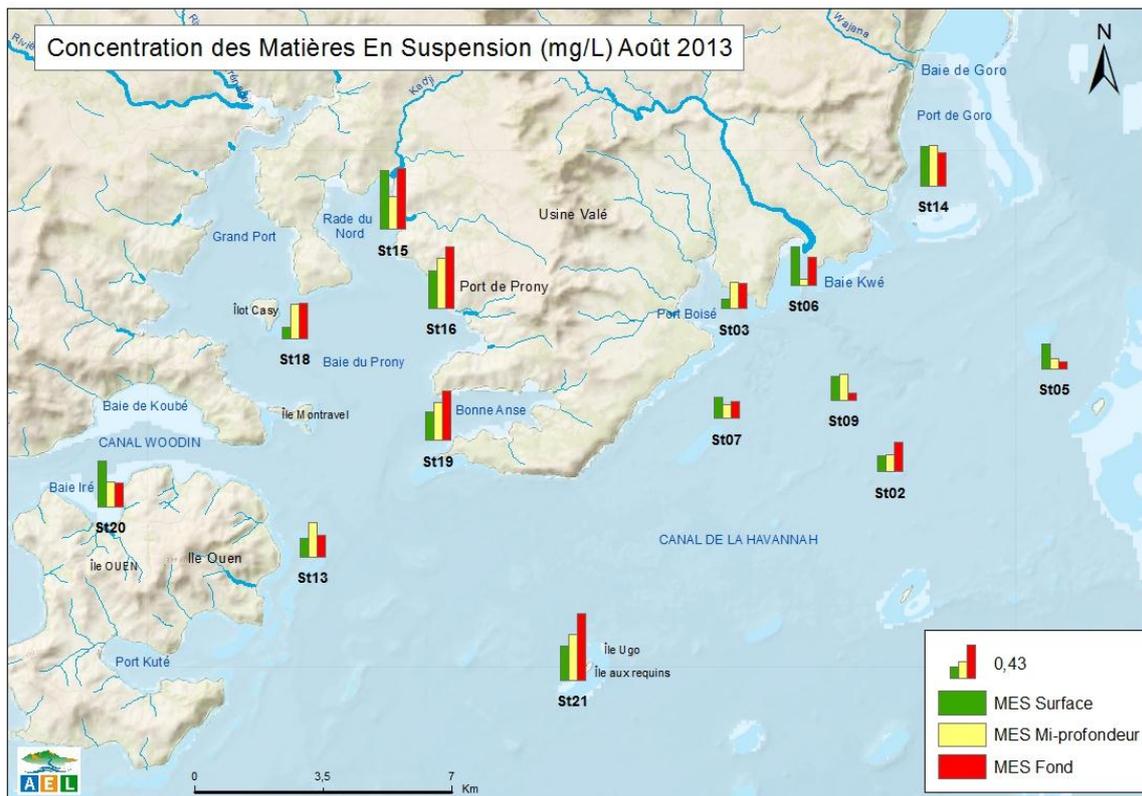


Figure 4 : Concentrations des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Tableau 3 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum, maximum et moyenne \pm écart-type).

		MES (mg/L)
Domaineentier	Minimum	0,08
	Maximum	0,87
	Moyenne	$0,39 \pm 0,20$
Canal de laHavannah	Minimum	0,10
	Maximum	0,87
	Moyenne	$0,31 \pm 0,20$
Baie duProny	Minimum	0,15
	Maximum	0,80
	Moyenne	$0,54 \pm 0,19$

III. Structures des masses d'eau

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

Les valeurs de la température, la fluorescence, la turbidité et la salinité mesurées lors de la campagne semestrielle sont répertoriées dans le Tableau 4 et les Figure 5, Figure 6, Figure 7 et Figure 8.

Les températures mesurées dans la Baie du Prony et le Canal de la Havannah sont relativement similaires. La fluorescence et la turbidité sont plus élevées dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah alors que l'inverse est observé pour la salinité. Ces résultats soulignent la différence entre ces deux zones, la première influencée par les apports terrigènes des creeks adjacents et la seconde influencée par les apports océaniques.

Les valeurs de température et de salinité mesurées lors de cette campagne sont plus dispersées que celles obtenues lors de la campagne d'août 2012 ($T = 21,94 \pm 0,30$ °C ; $S = 35,39 \pm 0,08$ ‰). La fluorescence et la turbidité moyennes sont relativement similaires entre les campagnes d'août 2012 et 2013.

Tableau 4 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum, maximum et moyenne \pm écart-type).

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m ³)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Domaine entier	Minimum	18,36	0,05	0,27	32,41
	Maximum	22,66	0,84	2,31	35,32
	Moyenne	20,32 \pm 1,28	0,39 \pm 0,06	0,61 \pm 0,24	35,10 \pm 0,18
Canal de la Havannah	Minimum	18,69	0,05	0,27	35,18
	Maximum	21,28	0,41	0,83	35,32
	Moyenne	19,66 \pm 0,98	0,32 \pm 0,03	0,41 \pm 0,15	35,28 \pm 0,02
Baie du Prony	Minimum	18,36	0,20	0,43	34,04
	Maximum	20,97	0,84	1,61	35,16
	Moyenne	19,91 \pm 1,10	0,46 \pm 0,04	0,74 \pm 0,17	34,95 \pm 0,14

1. Température

Les profils de température enregistrés sont remarquablement homogènes au sein de la colonne d'eau mais les valeurs moyennes diffèrent de quelques degrés entre les stations (Figure 5).

Les températures les plus faibles du Canal de la Havannah ont été enregistrées dans sa partie centrale (St09), au récif loro (St07) et à la station de Basse Chambeyron (St02) avec des moyennes s'élevant à peine à $18,83 \pm 0,10$, $18,99 \pm 0,06$ et $19,23 \pm 0,03$ °C, respectivement. La température moyenne maximale ($21,23 \pm 0,04$ °C) de cette zone a été mesurée à l'îlot Ugo (St21).

Les températures moyennes mesurées aux stations localisées autour de l'île Ouen sont relativement similaires. En effet, celles-ci s'élevant à $22,34 \pm 0,01$ °C au niveau de la pointe nord du récif Ma (St13) et à $22,61 \pm 0,03$ °C en Baie d'Iré (St20).

Les températures moyennes enregistrées dans la Baie Kwé (St06 : $19,92 \pm 0,02$ °C) et au niveau de la station Port Goro (St14 : $20,13 \pm 0,04$ °C) sont quasiment identiques et légèrement plus fraîches que celle de Port Boisé (St03 : $21,50 \pm 0,03$ °C).

Dans la Baie du Prony, la température moyenne de la station St15, localisée à l'embouchure des creeks, est la plus faible relevée dans la zone d'étude ($18,43 \pm 0,04$ °C). Dans cette même zone, la température moyenne la plus élevée a été enregistrée à Prony Wharf (St16 : $20,92 \pm 0,03$ °C).

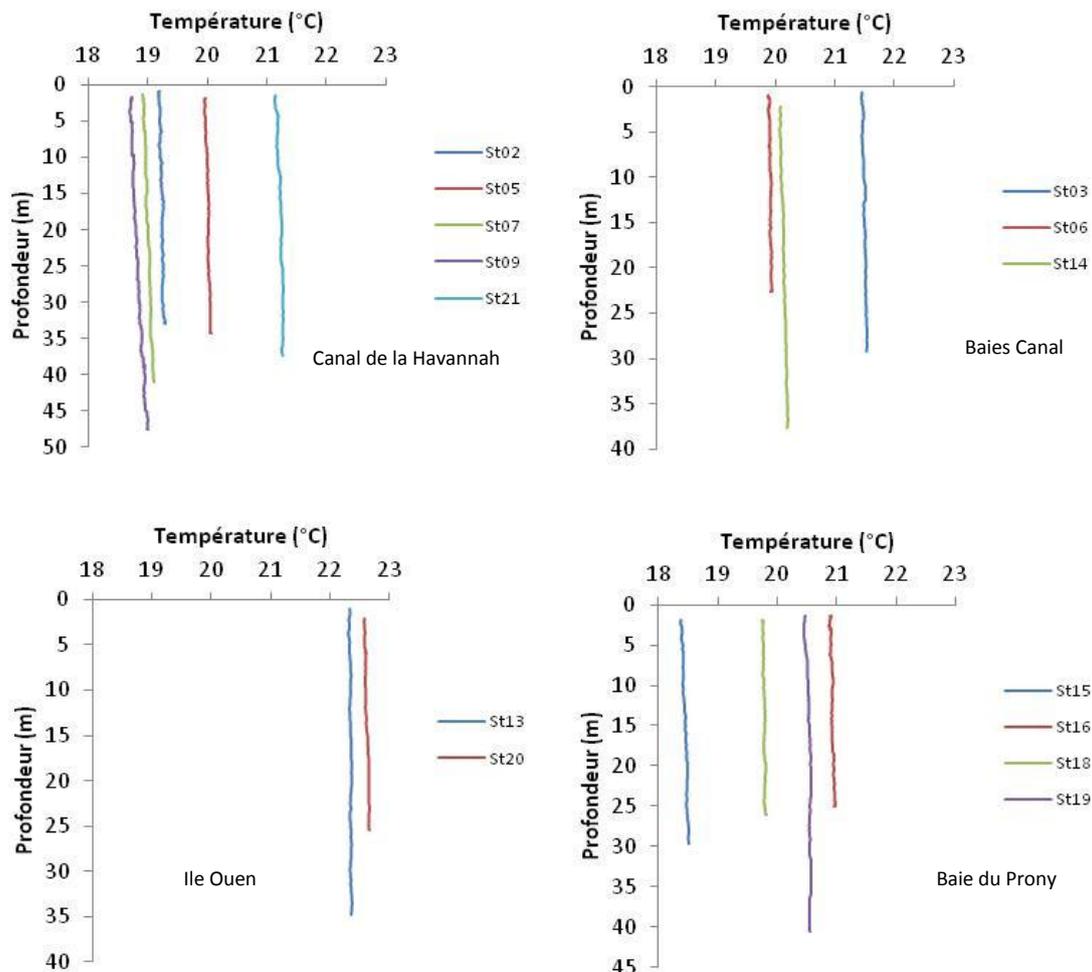


Figure 5 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.

2. Fluorescence

Les profils de fluorescence obtenus dans le Canal de la Havannah sont relativement homogènes dans la colonne d'eau à l'exception du profil de la station de l'îlot Ugo (St21) dont la fluorescence est plus faible en surface. En effet, celle-ci passe de $0,05$ à $0,35$ mg/m^3 dans les 10 premiers mètres sous la surface. La fluorescence reste stable dans le reste de la colonne d'eau et relativement similaire à celle mesurée aux autres stations ($\sim 0,33$ mg/m^3) (Figure 6).

Les fluorescences mesurées aux deux stations localisées autour de l'île Ouen sont similaires. Celles-ci augmentent avec la profondeur, entre la surface (St13 : $0,14$ mg/m^3 ; St20 : $0,23$ mg/m^3) et 15-20 m (St13 : $0,53$ mg/m^3 ; St20 : $0,52$ mg/m^3) puis stagnent à partir de 15-20 m jusqu'en profondeur.

A la station de Port Goro (St14), la fluorescence est légèrement plus élevée dans les 5 premiers mètres de surface alors que celle mesurée dans la Baie de Port Boisé présente des valeurs de fluorescence plus faibles en surface. En Baie Kwé, la fluorescence varie entre 0,37 et 0,62 mg/m³ dans les 5 premiers mètres sous la surface. Les fluorescences mesurées à ces trois stations sont relativement identiques à partir de 5 m jusqu'en profondeur (~0,40 mg/m³).

Dans la Baie du Prony, les profils de fluorescence mettent tous en évidence un pic de fluorescence en profondeur. Ce pic est très prononcé au niveau des stations de Prony Wharf (St16) et Bonne Anse (St19) avec des valeurs maximales atteignant 0,78 et 0,84 mg/m³, respectivement. La couche de fluorescence mesurée aux stations Prony Creek Baie Nord (St15) et Ilot Casy (St18) est plus épaisse que celle mesurée aux stations St16 et St19 mais présente des valeurs maximales moins élevées atteignant 0,69 et 0,63 mg/m³, respectivement. Ces pics mettent en évidence, soit une activité phytoplanctonique plus importante dans la Baie du Prony qu'au niveau des autres zones, soit une lente décantation de débris végétaux, voire une combinaison des deux.

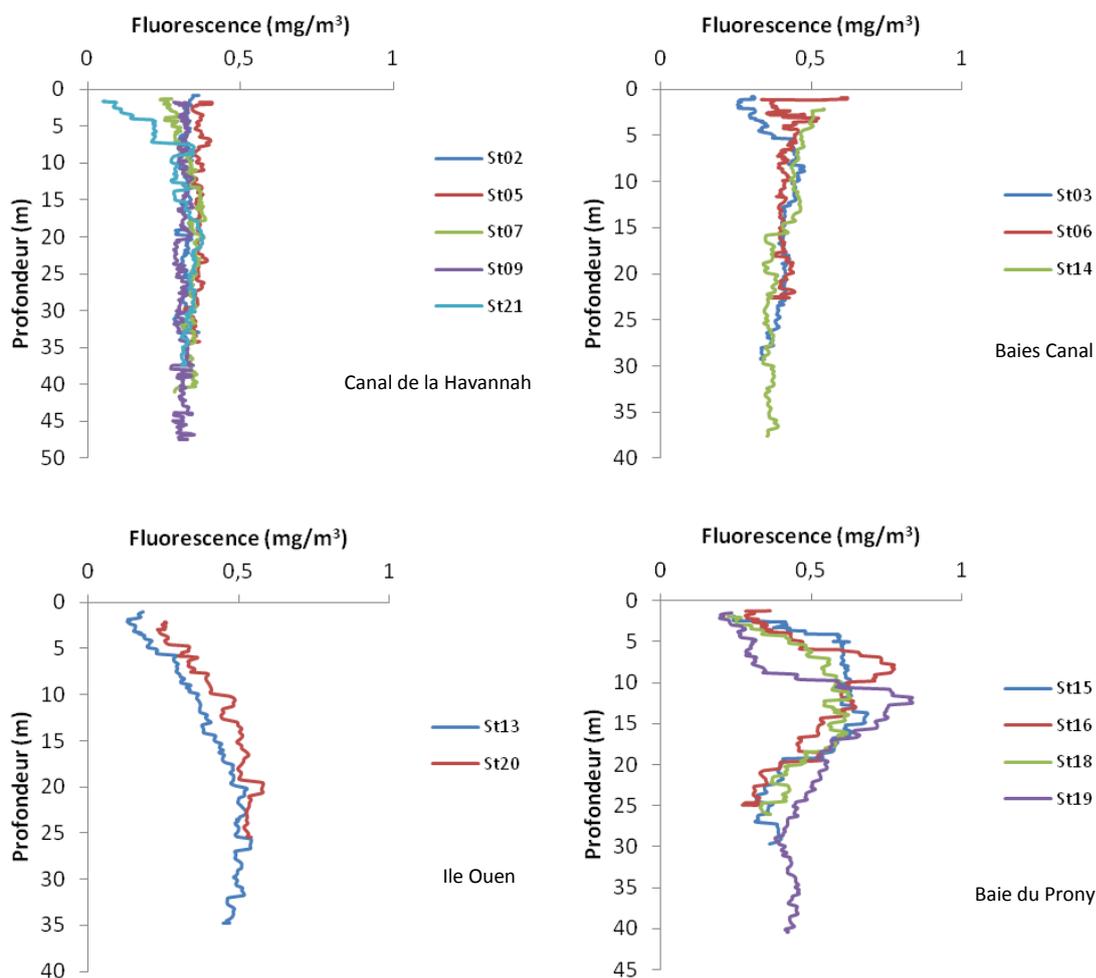


Figure 6 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.

3. Turbidité

Dans le Canal de la Havannah, les profils de turbidité mesurée à l'île Ouen (St13 et St20) sont très constants ($0,52 \pm 0,06$ NTU et $0,56 \pm 0,07$ NTU, respectivement ; Figure 7). Ailleurs, les turbidités enregistrées aux 4 autres stations du Canal présentent une relative similarité, les valeurs étant toutes comprises entre 0,32 et 0,37 NTU. A l'îlot Ugo (St21), la turbidité augmente avec la profondeur en passant de 0,44 à 0,83 NTU.

La turbidité mesurée à la station Port de Goro (St14 : $0,80 \pm 0,08$ NTU) est également relativement homogène, mais elle est néanmoins plus élevée que celle mesurée aux abords de l'île Ouen. Dans les deux baies de Port Boisé et de la Kwé, les enregistrements permettent de mettre en évidence une couche turbide dans les 5 premiers mètres qui atteint 1,17 et 1,58 NTU, respectivement. Une deuxième couche turbide, dont la valeur maximale est de 2,31 NTU, se développe à partir de 15 m de profondeur seulement à la Baie Kwé (St06).

Dans la Baie du Prony, les profils de turbidité diffèrent entre les stations. Les stations St15 et St16 présentent une augmentation de la turbidité à l'approche du fond avec des valeurs maximales de 1,61 et 1,58 NTU, respectivement. A contrario, aux stations St18 et St19 aucune variation particulière en surface ou en profondeur n'est visible, mais les valeurs fluctuent entre 0,43 et 0,92 NTU et 0,43 et 0,84 NTU, respectivement

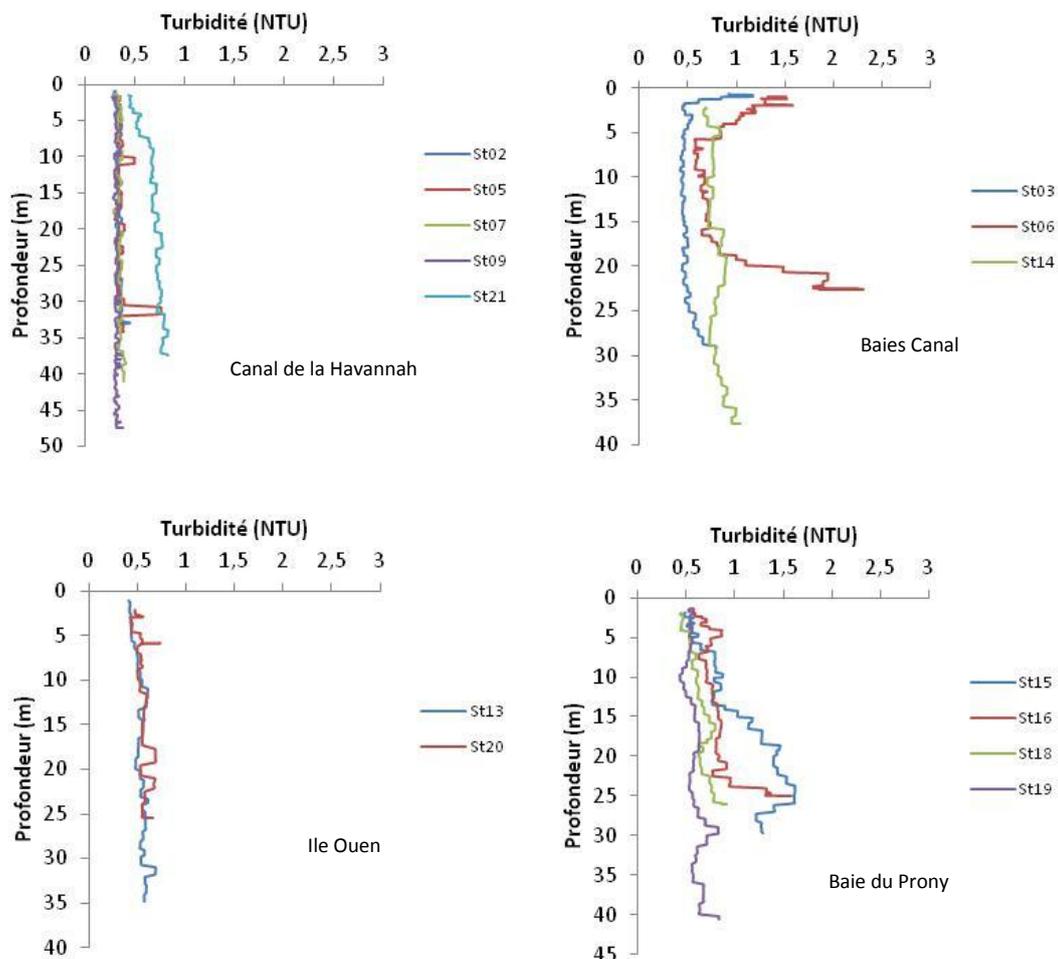


Figure 7 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.

4. Salinité

La salinité mesurée aux stations du Canal de la Havannah et aux deux stations de l'île Ouen est très homogène dans la colonne d'eau. Celle-ci est légèrement plus élevée dans le Canal ($35,28 \pm 0,02$ ‰) qu'aux stations de l'île Ouen ($35,12 \pm 0,01$ ‰) (Figure 8). A Port Goro (St14), la salinité est également stable dans toute la colonne d'eau ($35,12 \pm 0,06$ ‰).

Les profils de salinité aux stations de Port Boisé (St03) et de la Baie Kwé (St06) présentent les valeurs minimales mesurées dans la zone d'étude ; celles-ci atteignent 33,01 et 32,41 ‰, respectivement. A partir de 5 mètres de

profondeur, la salinité mesurée à ces deux stations devient stable jusqu'au fond (St03 : $35,15 \pm 0,07 \text{ ‰}$; St06 : $35,13 \pm 0,01 \text{ ‰}$).

Dans la Baie du Prony, les profils de salinité présentent également des valeurs plus faibles en surface notamment à Prony Wharf (St16) et à Bonne Anse (St19), celle-ci augmentant d'environ 1 ‰ dans les 5 à 10 premiers mètres. Aux stations du Creek de la Baie Nord (St15) et de l'îlot Casy (St18), la salinité augmente seulement de 0,3 et 0,5 ‰, respectivement, dès les premiers mètres de profondeur. A partir de 5-10 mètres, la salinité des 4 stations de la Baie deviennent identiques et particulièrement stables jusqu'au fond ($\sim 35,11 \text{ ‰}$).

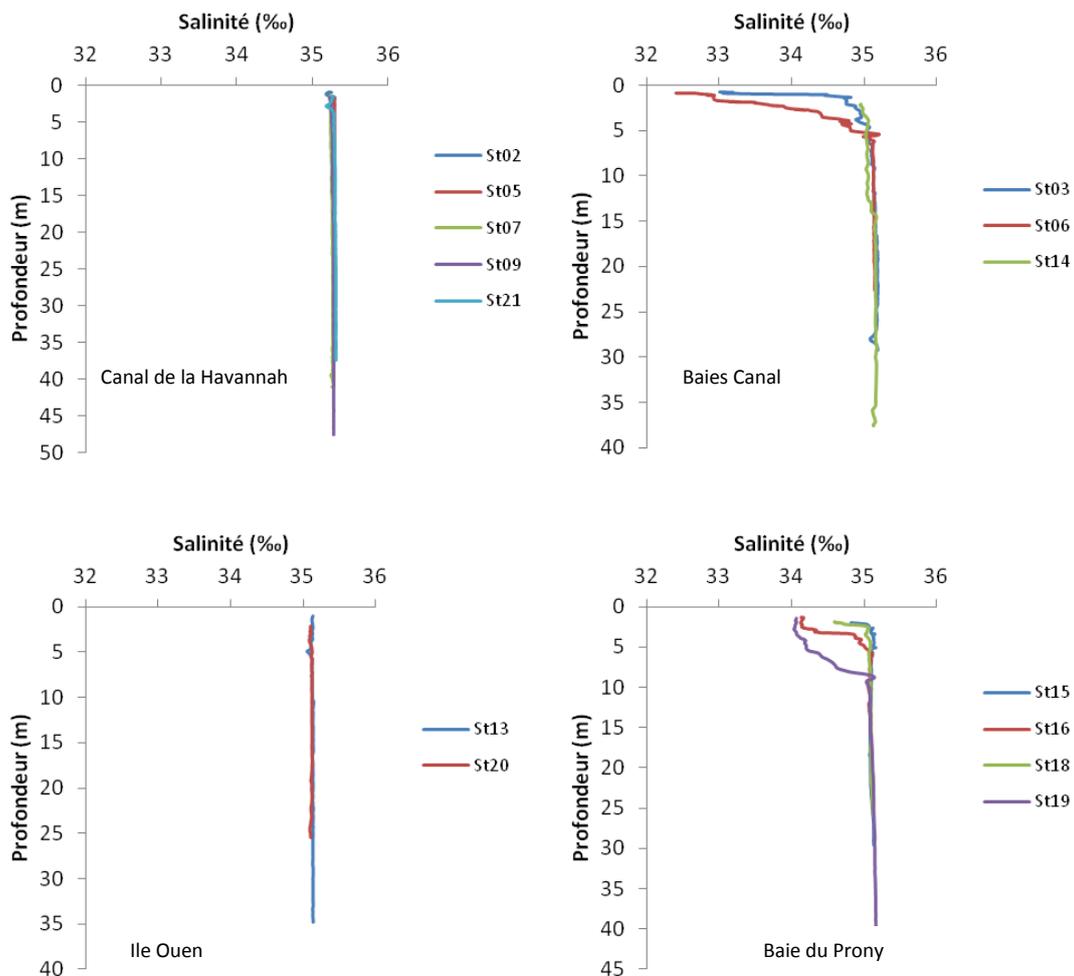


Figure 8 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.

Ce qu'il faut retenir :

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces provenant des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19), de la Kwé (St06) et de Port Boisé (St03). Ces apports sont décelés par des chutes de températures au sein de la colonne d'eau (St15), des salinités plus faibles dans les eaux de surface (St03 et St06) et des pics de fluorescence à mi-profondeur (St15, St16, St18 et St19). Ces apports sont également mis en évidence par la formation de couches turbides en surface (St03 et St06) et en profondeur (St15 et St16).

Les apports d'eaux douces de la Kwé sont nettement identifiés par les valeurs de la salinité en surface (32,41 ‰) et de la turbidité en profondeur (2,31 NTU) correspondant, respectivement, au minimum et maximum de la zone d'étude.

Les profils des variables physico-chimiques permettent également de distinguer les stations influencées par les apports océaniques. Ces stations sont soumises à d'importants mélanges verticaux liés à la turbulence des courants générés dans le Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21). Les variables physico-chimiques mesurées à ces stations sont généralement constantes au sein de la colonne d'eau.

IV. Analyse des sels nutritifs

Les concentrations des sels nutritifs de la campagne semestrielle d'août 2013 sont regroupées dans les Figure 9, Figure 10, Figure 11, Figure 12, dans le Tableau 5 ainsi que dans l'Annexe 3.

1. Nitrates et nitrites

Rappel : *L'ion nitrate (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 NO_3). La vitesse de régénération peut être parfois différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.*

Les concentrations de nitrates et nitrites (NO_3+NO_2) sont très dispersées dans la zone d'études ; celles-ci sont comprises entre 0,084 (St14-F) et 1,426 $\mu\text{mol/L}$ (St18-S). Ces concentrations ne présentent pas de distribution particulière au sein de la colonne d'eau.

Les concentrations moyennes de la Baie du Prony sont plus faibles que celles mesurées dans le Canal de la Havannah (Tableau 5). Dans la Baie du Prony, comme dans le Canal, la concentration la plus élevée a été mesurée en profondeur : 0,748 $\mu\text{mol/L}$ en St15) et 1,143 $\mu\text{mol/L}$ en St02, respectivement. Cette dernière est deux fois plus élevée que la concentration maximale de la Baie du Prony. Dans le Canal de la Havannah, les concentrations les plus faibles ont été mesurées à la station St09 ; celles-ci sont comprises entre 0,103 et 0,223 $\mu\text{mol/L}$.

La concentration maximale de NO_3+NO_2 de la zone d'étude a été mesurée en profondeur à la station St14 (1,426 $\mu\text{mol/L}$).

Les concentrations moyennes de NO_3+NO_2 de 2013 sont globalement plus élevées que celles obtenues lors des précédentes campagnes semestrielles « saison fraîche » (Annexe 8).

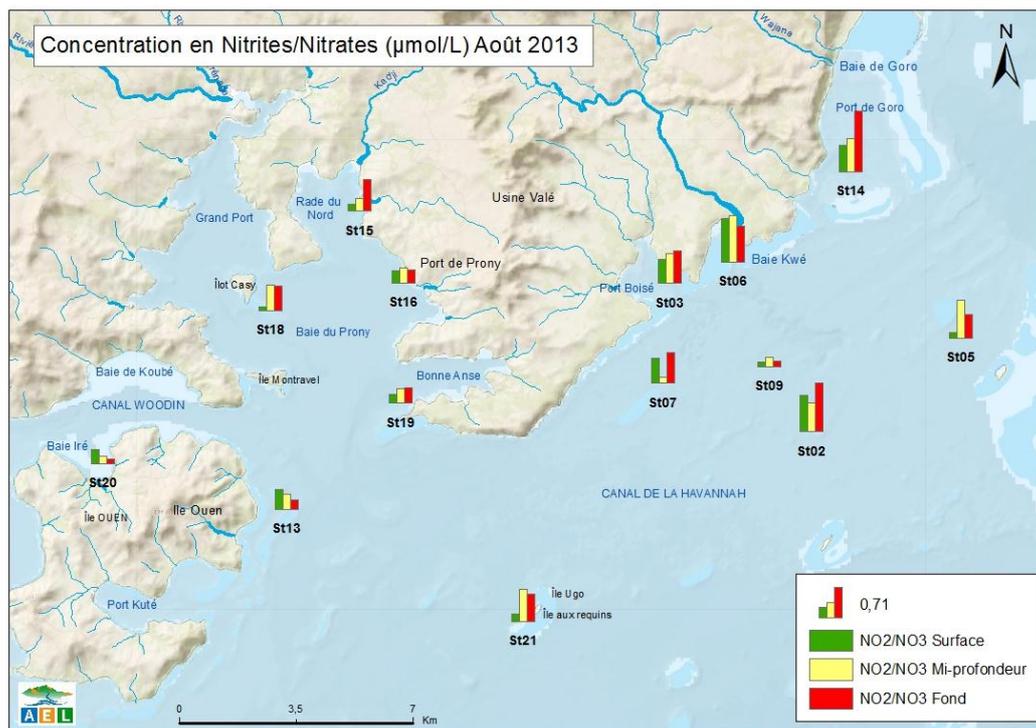


Figure 9 : Concentrations de nitrites+nitrates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

2. Ammonium

Rappel : Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excréments animaux et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles par litre.

Les concentrations d'ammonium (NH_4) sont assez variables dans l'ensemble de la zone d'étude. Celles-ci varient entre 0,013 et 0,589 $\mu\text{mol/L}$, ces valeurs minimale et maximale ayant été mesurées dans les eaux de surface, au droit du Creek de la Rade Nord (St15) et dans le Canal de la Havannah (St09), respectivement.

Hormis St09, dans le Canal de la Havannah, les concentrations sont comprises entre $0,073 \pm 0,005 \mu\text{mol/L}$ (St05-M) et $0,261 \pm 0,003 \mu\text{mol/L}$ (St21-F). A l'île Ouen, les valeurs sont relativement faibles, celles-ci s'élèvent à $0,148 \pm 0,005 \mu\text{mol/L}$ et $0,080 \pm 0,033 \mu\text{mol/L}$ pour les stations St13 et St20, respectivement.

Globalement, dans la Baie du Prony les concentrations de surface des 4 stations (St15, St16, St18 et St19) sont faibles comparées aux concentrations mesurées en mi-profondeur et fond. Cette distribution verticale est également observée à la station St03 (Port Boisé) dont la concentration de fond ($0,282 \pm 0,004 \mu\text{mol/L}$) est environ 2 fois plus élevée que celle de surface ($0,105 \pm 0,004 \mu\text{mol/L}$).

Comme pour les concentrations de NO_3+NO_2 , les concentrations moyennes de NH_4 de 2013 sont légèrement plus élevées que celles obtenues lors des précédentes campagnes semestrielles « saison fraîche » (Annexe 8).

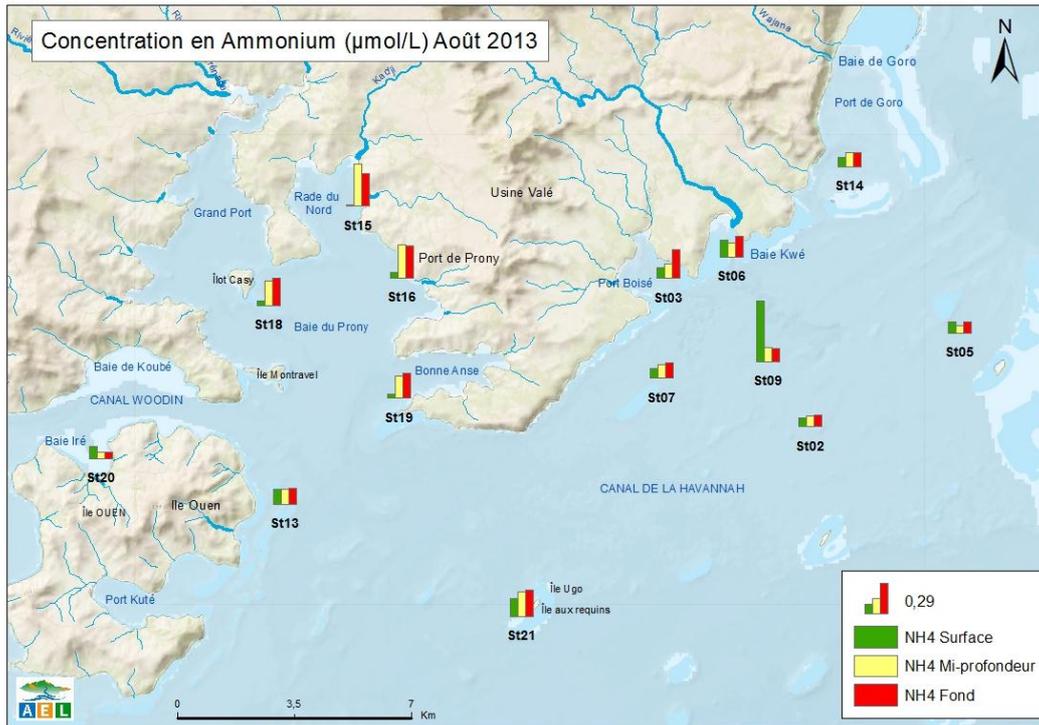


Figure 10 : Concentrations d’ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

3. Phosphates

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

Les concentrations de phosphates (PO_4) ne répartissent pas de façon bien ordonnée. Dans l’ensemble de la zone d’étude les valeurs varient entre 0,012 et 0,076 $\mu\text{mol/L}$, celles-ci ne présentant pas de distribution verticale particulière dans la zone d’étude.

Les concentrations moyennes de PO_4 de 2013 sont relativement similaires à celles obtenues lors des précédentes campagnes semestrielles « saison fraîche » (Annexe 8).

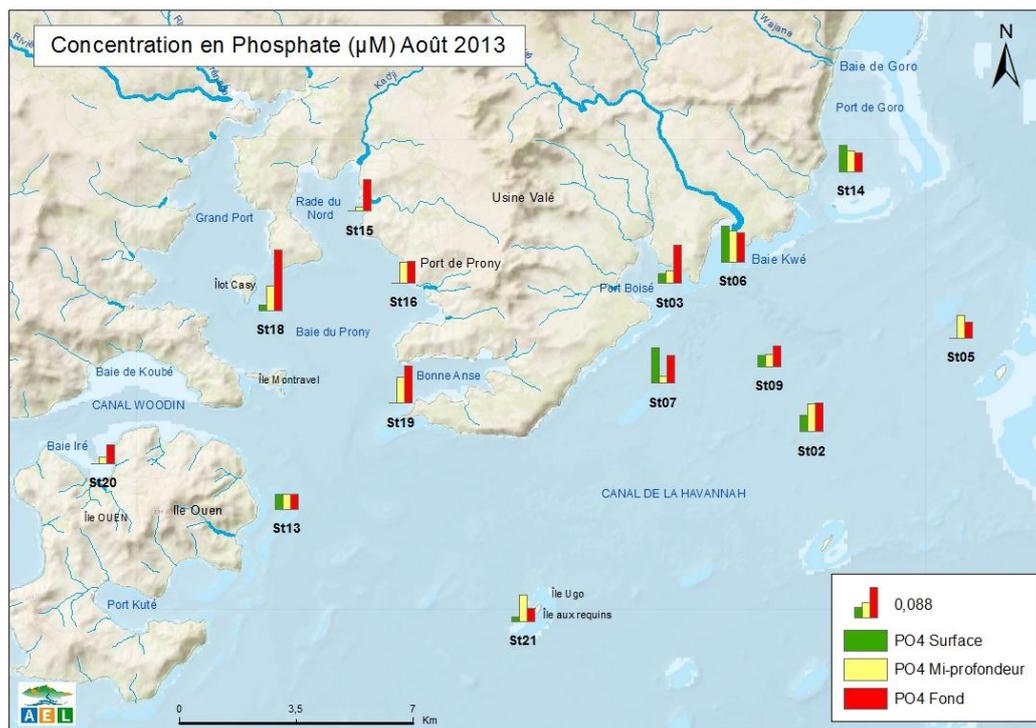


Figure 11 : Concentrations de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

4. Silicates

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

Les concentrations de silicates présentent un gradient décroissant de la côte vers le large. En effet, les concentrations les plus faibles ont été mesurées au niveau des stations du Canal de la Havannah. Ces stations présentent des concentrations très homogènes ($1,4 \pm 0,2 \mu\text{mol/L}$) entre elles, ainsi qu'entre les 3 niveaux de profondeur prélevés.

Les concentrations de silicates mesurées au niveau des stations proches des côtes (Baie du Prony, Port Boisé, Baie Kwé et Port de Goro) sont toutes plus élevées que celles mesurées dans le Canal de la Havannah. Par exemple, la concentration moyenne de silicates obtenue dans la Baie du prony ($3,5 \pm 1,4 \mu\text{mol/L}$) est environ 3 fois plus élevée que celle du Canal de la Havannah.

Les concentrations ne présentent pas de gradient vertical bien défini, bien que les valeurs des eaux de surface soient les plus élevées pour des stations St03, St15, St16 et St19 proches de la ligne de côte ; à l'inverse, les concentrations les plus fortes sont mesurées dans les eaux de fond aux stations St14 et St18. La concentration maximale de silicates correspond aux eaux de fond de la station de Port Goro ($10,8 \mu\text{mol/L}$).

Les concentrations moyennes de silicates mesurées en 2013 sont globalement plus élevées que celles obtenues lors des précédentes campagnes semestrielles « saison fraîche ». Dans le détail, si les concentrations moyennes des stations du Canal de la Havannah restent relativement dans le même ordre de grandeur que celles

obtenues les précédentes années, les concentrations moyennes de la Baie du Prony de 2013 sont plus élevées (Annexe 8).

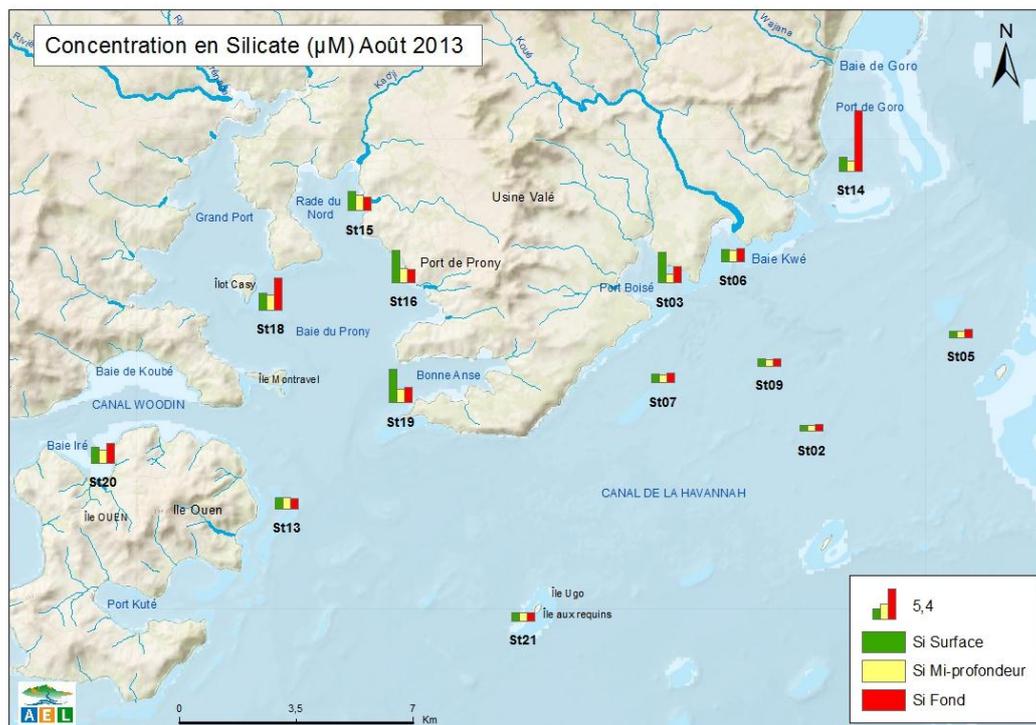


Figure 12 : Concentrations de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Tableau 5 : Concentrations des sels nutritifs (NO_2+NO_3 , NH_4 , PO_4) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne \pm écart-type).

		NO_2+NO_3 ($\mu\text{mol/L}$)	NH_4 ($\mu\text{mol/L}$)	PO_4 ($\mu\text{mol/L}$)	SiO_4 ($\mu\text{mol/L}$)
Domaine entier	Minimum	0,084	0,013	0,012	1,1
	Maximum	1,426	0,589	0,176	10,8
	Moyenne	0,511 \pm 0,328	0,166 \pm 0,112	0,062 \pm 0,034	2,6 \pm 1,8
Havannah	Minimum	0,103	0,073	0,015	1,1
	Maximum	1,143	0,589	0,103	1,8
	Moyenne	0,516 \pm 0,337	0,168 \pm 0,128	0,056 \pm 0,026	1,4 \pm 0,2
Prony	Minimum	0,084	0,013	0,012	2,3
	Maximum	0,748	0,408	0,176	5,9
	Moyenne	0,358 \pm 0,191	0,203 \pm 0,139	0,074 \pm 0,049	3,5 \pm 1,4

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations des sels nutritifs sont relativement dispersées au sein de la zone d'étude. Seules les concentrations de SiO_4 présentent un gradient décroissant de la côte vers le large traduisant les apports terrigènes provenant des différentes baies (Prony, Port Boisé, Kwé) en liaison probable avec la lixiviation des bassins versants (taux de précipitations exceptionnels de la saison fraîche 2013).

A l'inverse, les concentrations de NO_3+NO_2 sont plus élevées dans le Canal de la Havannah que dans la Baie du Prony. Les concentrations de NH_4 et PO_4 sont distribuées de façon non définissable dans la zone d'étude.

Les concentrations maximales de NO_3+NO_2 et de SiO_4 ont été mesurées à la station St14 en profondeur. Ces concentrations peuvent être dues à une remise en suspension des sédiments conduisant à une remobilisation des sels nutritifs. Cette interprétation est cependant à prendre avec précaution car ces concentrations de fond ne sont pas corrélées aux profils de turbidité et fluorescence ni aux valeurs de MES.

Les concentrations moyennes de NO_3+NO_2 , NH_4 et SiO_4 mesurées en août 2013 sont plus élevées que celles obtenues lors des précédentes campagnes « saison fraîche », pour PO_4 elles restent dans le même ordre de grandeur.

V. Matière organique

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

Les concentrations de matières organiques dissoutes et particulaires sont regroupées dans les Figure 13, Figure 14, Figure 15, Figure 16 dans le Tableau 6 et dans l'Annexe 4.

1. Azote et phosphore organiques dissous

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

Les concentrations d'azote organique dissous (NOD) sont relativement constantes (Tableau 6) et ne présentent donc pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude, ni dans la colonne d'eau.

Les concentrations de phosphore organique dissous (POD) ne présentent pas de distribution verticale, mais horizontale. En effet, les concentrations moyennes de POD sont deux fois plus élevées dans la Baie du Prony ($0,429 \pm 0,125 \mu\text{mol/L}$) que dans le Canal de la Havannah ($0,194 \pm 0,092 \mu\text{mol/L}$).

Alors que les concentrations moyennes de NOD d'août 2013 sont globalement plus faibles que celles mesurées lors des précédentes campagnes « saison fraîche », celles de POD restent dans le même ordre de grandeur (Annexe 9).

2. Azote, carbone et phosphore organiques particulaires

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

Les concentrations d'azote organique totale (NOP) présentent un gradient « côte-large » ; la concentration moyenne de NOP obtenue dans la Baie du Prony étant presque deux fois plus élevée que celle du Canal de la Havannah.

Dans la Baie du Prony, la concentration maximale a été mesurée à la station St15 à mi-profondeur (1,83

$\mu\text{mol/L}$). Des valeurs semblables sont mesurées dans les eaux de fond aux stations St18 (1,81 $\mu\text{mol/L}$) et St19 (1,65 $\mu\text{mol/L}$).

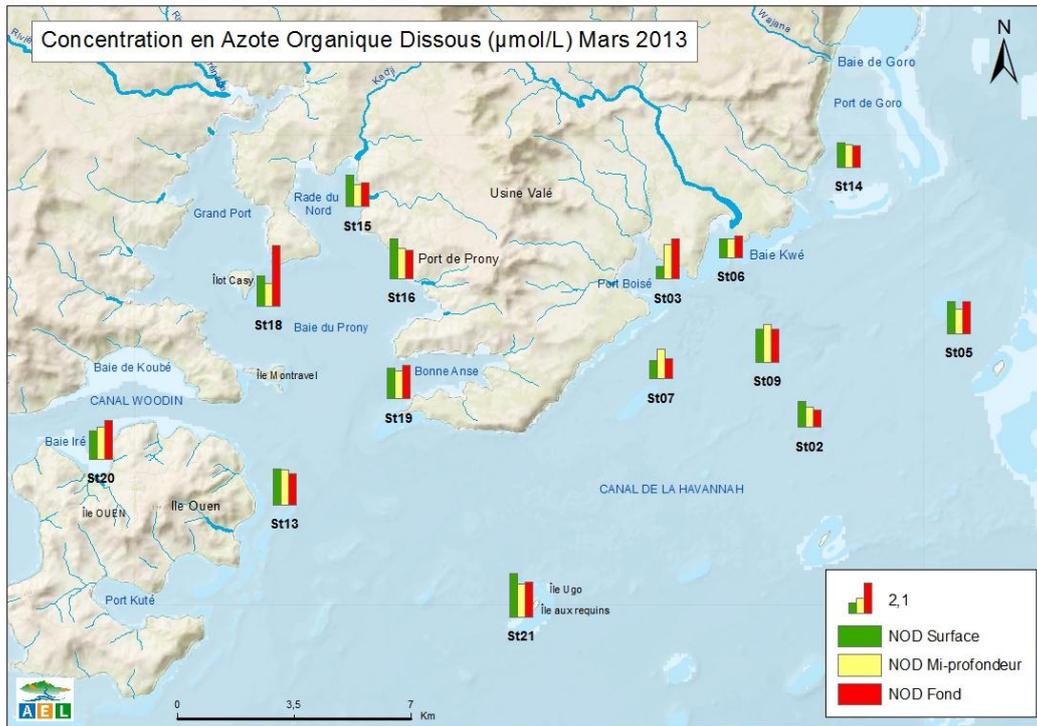


Figure 13 : Concentrations d'azote organique dissous (NOD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

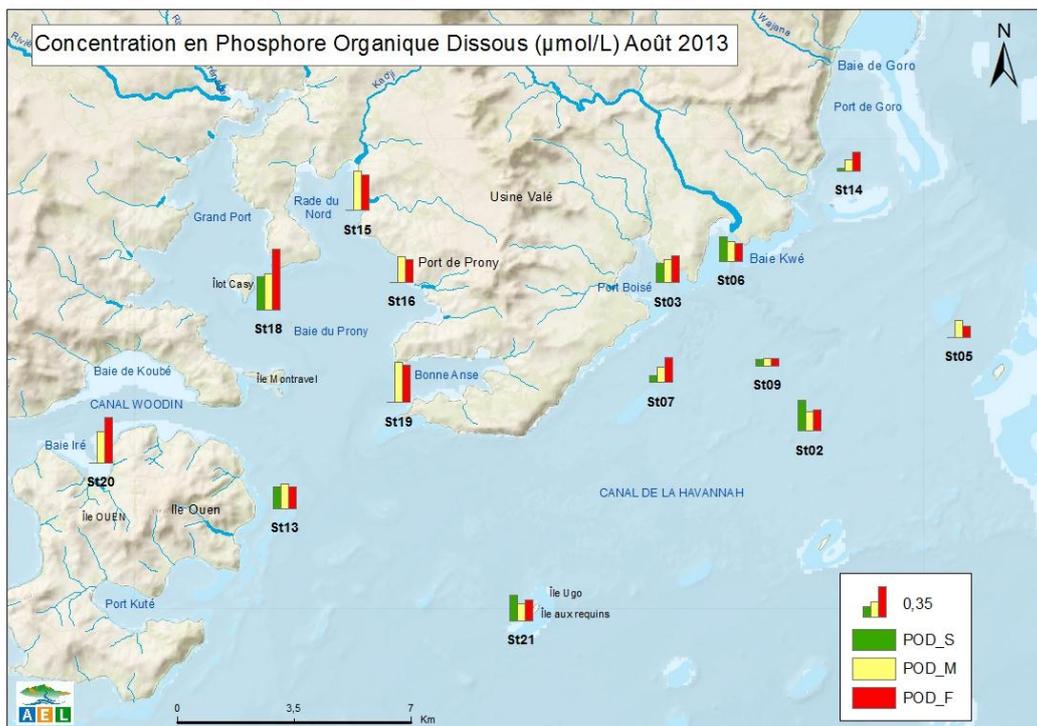


Figure 14 : Concentrations de phosphore organique dissous (POD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Dans le Canal de la Havannah, les concentrations maximale et minimale ont été mesurées dans les eaux de fond, à la station St03 (1,85 $\mu\text{mol/L}$) et à la station St05 (0,48 $\mu\text{mol/L}$).

Les concentrations de phosphore organique particulaire (POP) mesurées en Baie du Prony sont également légèrement plus élevées que celles du Canal de la Havannah. Cette différence est néanmoins moins prononcée que celle observée pour NOP. Les concentrations les plus faibles ont été mesurées aux stations St02 et St05 et s'élèvent à 0,060 et 0,063 $\mu\text{mol/L}$, respectivement et maximale à la station St19 (0,247 $\mu\text{mol/L}$). Tout comme pour NOP, les concentrations de POP obtenues en profondeur aux stations St18, St19, St03 et St20 sont plus élevées que celles de mi-profondeur et surface. Ces concentrations doivent probablement être dues à une minéralisation des apports organiques à l'interface eau-sédiment et à leur relargage (Fichez et al, 2005a et 2005b).

Les concentrations de carbone organique particulaire (COP) sont très hétérogènes au sein de la zone d'étude. Celles-ci varient entre 5 et 228 $\mu\text{mol/L}$, cinq concentrations dans les eaux de fond sont particulièrement élevées (St03, St07, St18, St19 et St20). Ces fortes concentrations mesurées seulement en profondeur sont probablement à relier au même phénomène de minéralisation décrit par Fichez et al. (2005a et 2005b). Pour le COP, les valeurs moyennes mesurées en août 2013 sont les plus élevées rencontrées depuis le démarrage du suivi, exception faite de 2008 (Annexe 9).

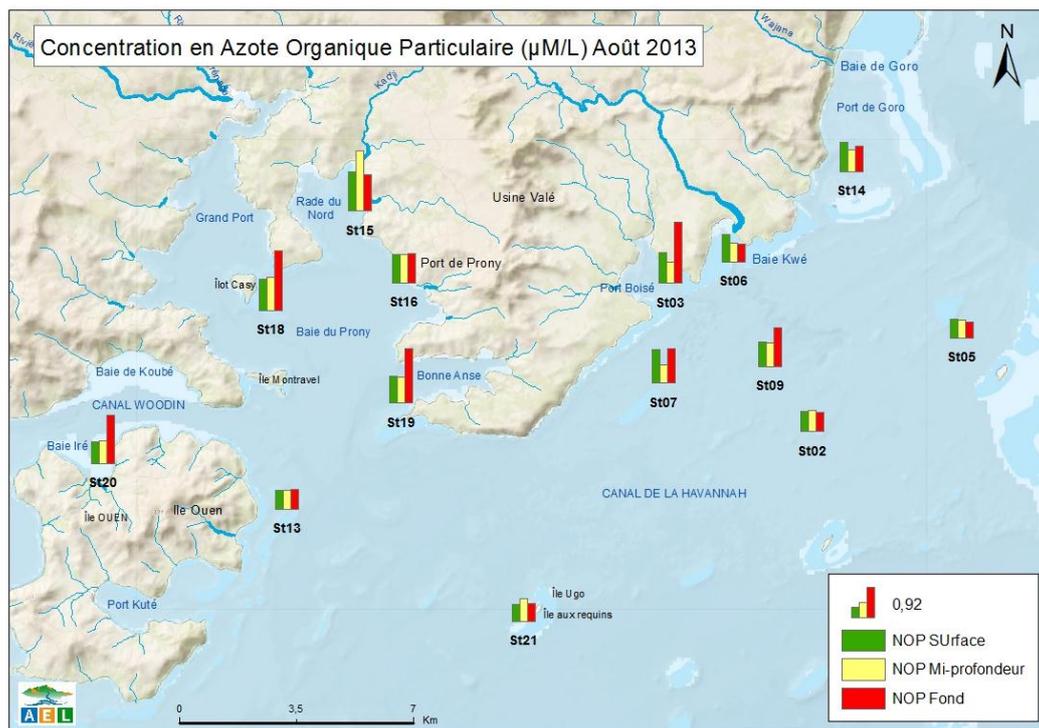


Figure 15 : Concentrations d'azote organique particulaire (NOP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

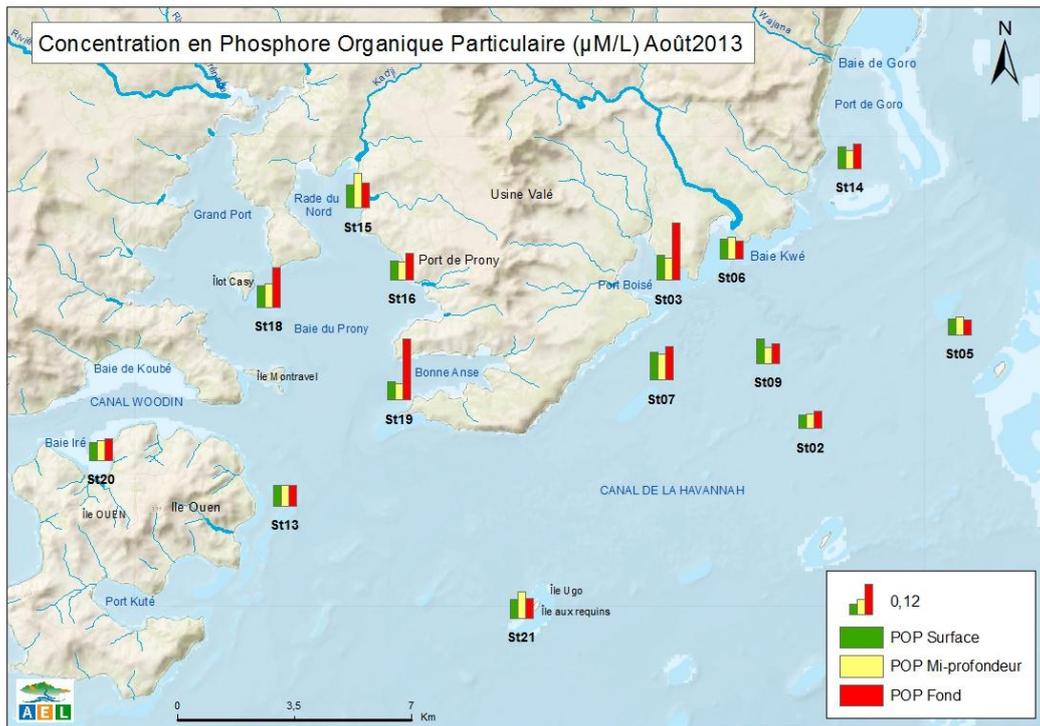


Figure 16 : Concentrations de phosphore organique particulaire (POP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

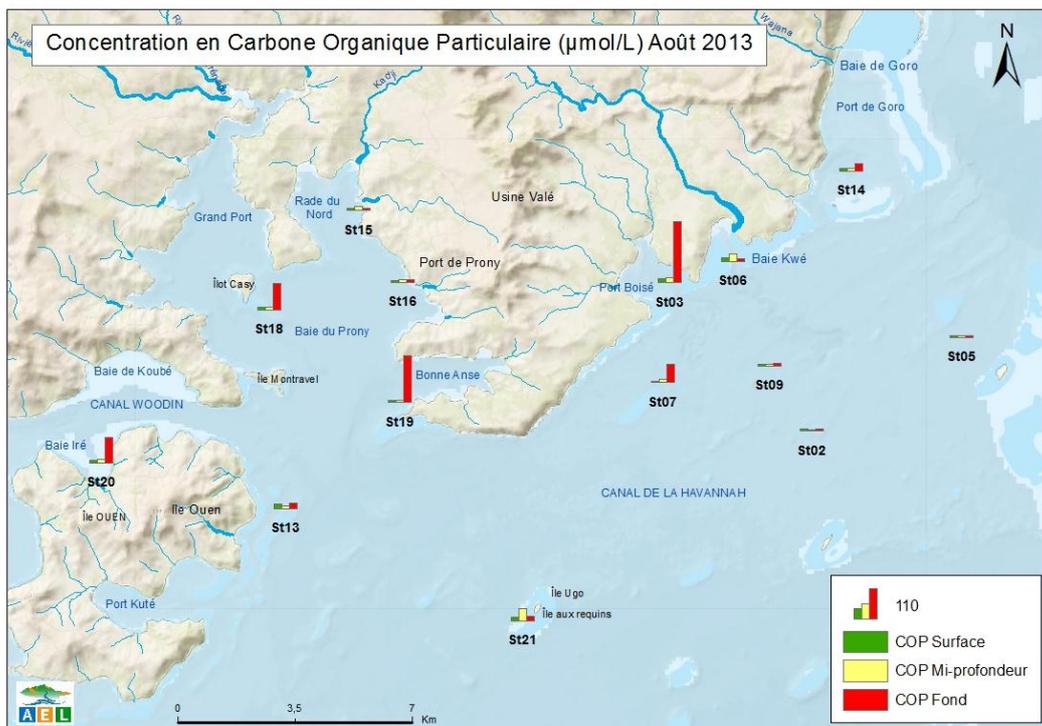


Figure 17 : Concentrations de carbone organique particulaire (COP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Tableau 6 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, phosphore et carbone) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne \pm écart-type).

		NOD ($\mu\text{mol/L}$)	POD ($\mu\text{mol/L}$)	NOP ($\mu\text{mol/L}$)	POP ($\mu\text{mol/L}$)	COP ($\mu\text{mol/L}$)	N Total ($\mu\text{mol/L}$)	P Total ($\mu\text{mol/L}$)
Domaine entier	Min	0,86	0,039	0,476	0,057	5	2,47	0,19
	Max	4,22	0,709	1,847	0,247	228	6,87	1,05
	Moy	2,05 \pm 0,61	0,275 \pm 0,139	0,867 \pm 0,370	0,095 \pm 0,039	27 \pm 45	3,59 \pm 0,75	0,44 \pm 0,16
Canal de la Havannah	Min	1,21	0,072	0,476	0,057	5	2,82	0,19
	Max	3,02	0,361	1,169	0,136	68	3,98	0,51
	Moy	2,02 \pm 0,54	0,194 \pm 0,092	0,698 \pm 0,213	0,084 \pm 0,024	15 \pm 18	3,41 \pm 0,40	0,34 \pm 0,10
Baie du Prony	Min	1,55	0,269	0,772	0,067	7	3,18	0,44
	Max	4,22	0,709	1,826	0,247	174	6,87	1,05
	Moy	2,21 \pm 0,72	0,429 \pm 0,125	1,144 \pm 0,392	0,110 \pm 0,051	31 \pm 52	3,92 \pm 1,02	0,59 \pm 0,18

Ce qu'il faut retenir :

Alors que les concentrations de NOD sont relativement constantes, les concentrations de POD, NOP et POP présentent un gradient « côte large » décroissant plus ou moins prononcé mettant en évidence les apports terrigènes provenant des creeks adjacents (Prony, Port Boisé et Kwé).

Les concentrations moyennes de NOD de 2013 sont plus faibles que celles mesurées lors des précédentes campagnes « saison fraîche » alors que les concentrations de NOP de 2013 sont plus élevées. Les concentrations moyennes de POD et POP ne présentent pas de tendance particulière depuis le début des campagnes semestrielles « saison fraîche ».

VI. Pigments chlorophylliens

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

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments sont répertoriées dans la Figure 18 et le Tableau 7.

Dans l'ensemble de la zone, la concentration de chlorophylle *a* ne présente pas de distribution horizontale ni verticale particulière ; celle-ci étant très hétérogène, elle varie de 0,07 à 2,50 $\mu\text{g/L}$. Ces deux extrêmes ont été mesurées respectivement dans la Baie du Prony aux stations St16 et St18 dans les eaux de fond.

Les concentrations de chlorophylle *a* mesurées dans le Canal de la Havannah montrent une meilleure homogénéité (Tableau 7). La concentration de surface obtenue à la station St06 (1,28 $\mu\text{g/L}$) est la plus élevée comparée au reste des concentrations de la zone d'étude.

Les concentrations des pigments chlorophylliens mesurées lors de cette campagne sont dans le même ordre de grandeur que les concentrations mesurées lors des précédentes campagnes « saison fraîche » (Annexe 10).

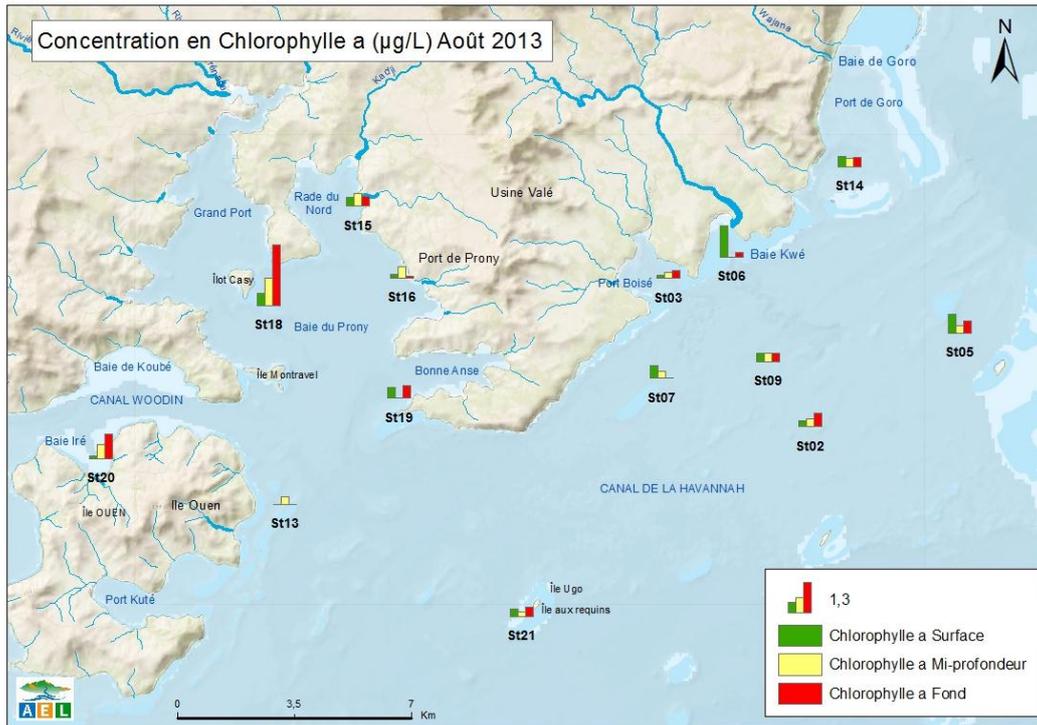


Figure 18 : Concentrations de chlorophylle *a* dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Tableau 7 : Concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum ; maximum ; moyenne \pm écart-type).

		Chlorophylle <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	Phéopigments ($\mu\text{g/l}$)
Domaine entier	Minimum	0,07	0,03
	Maximum	2,50	0,80
	Moyenne	0,48 \pm 0,43	0,16 \pm 0,17
Canal de la Havannah	Minimum	0,21	0,03
	Maximum	0,76	0,80
	Moyenne	0,39 \pm 0,15	0,20 \pm 0,34
Baie du Prony	Minimum	0,07	0,03
	Maximum	2,50	0,25
	Moyenne	0,64 \pm 0,67	0,12 \pm 0,08

VII. Métaux dissous dans la colonne d'eau

Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle d'août 2013 sont regroupés dans les Figure 18, Figure 19, Figure 20, Figure 21, Figure 22, Figure 23, Figure 24, Figure 25, Figure 23, les Tableau 8 et Tableau 9 et l'Annexe 6.

Note : les analyses de Cr total des campagnes d'août 2012 et de mars 2013 n'ayant pas pu être réalisées lors des précédentes campagnes à la suite d'un problème d'appareillage ont été faites conjointement aux prélèvements d'août 2013 et sont désormais regroupées en Annexe 7.

Les concentrations d'arsenic (As) sont notablement homogènes au sein de la zone d'étude et dans la colonne d'eau ($1,27 \pm 0,14 \mu\text{g/L}$). Les concentrations sont néanmoins plus faibles et très relativement dispersées dans la

Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah (Tableau 8). La concentration minimale a été mesurée dans les eaux de surface de la Baie Kwé (St06 ; 0,74 µg/L) influencées par les apports de la Kwé.

Les concentrations de Cd et Pb sont en dessous des limites de quantification fixées, ceux-ci étant à l'état de traces dans les roches latéritiques du sud calédonien (Atlas de la Nouvelle-Calédonie 1981).

Comme observé dans les précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexavalent (CrVI), chrome total (Crtot), manganèse (Mn) et nickel (Ni) se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini. Pour cette campagne, on différencie encore plus nettement les stations du Canal de la Havannah d'influence océanique (St02, St05, St07, St09 et St21) des stations influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St14, St15, St16, St18 et St19). Autour de l'île Ouen, les niveaux de concentrations sont intermédiaires.

De surcroît, les concentrations aux stations influencées par les apports terrigènes présentent un gradient vertical particulièrement prononcé, comme par exemple à Port Boisé (St03) et à la Baie Kwé (St06) où les valeurs mesurées en surface sont beaucoup plus élevées qu'à mi-profondeur et au fond. A ces mêmes stations, les concentrations en surface pour Ni sont 12 (2,53 µg/L) et 10 fois (2,99 µg/L) plus élevées que les concentrations en profondeur, respectivement ; ces eaux de surface sont également les moins salées et les plus turbides de la zone d'étude.

Les concentrations de cuivre (Cu), fer (Fe) et zinc (Zn) se répartissent différemment dans la zone d'étude.

Pour Cu, les valeurs ne présentent pas de distribution horizontale particulière, mais elles montrent une relative structuration verticale. En effet, les concentrations de surface de la plupart des stations sont plus élevées que celles mesurées à mi-profondeur et au fond. La concentration maximale de Cu a été mesurée à la station de Port Goro (St14 : 0,320 µg/L) ; celle-ci est 24 et 14 fois plus élevée que les concentrations de mi-profondeur (0,013 µg/L) et fond (0,022 µg/L), respectivement. Cette concentration de surface peut provenir de l'altération des anciennes structures de chargement de minerai encore présentes dans cette zone.

Les concentrations en Fe ne présentent pas de distributions horizontale, ni verticale particulières ; elle est liée à la boucle phyto-planctonique. Une concentration est particulièrement élevée comparée aux autres est mesurée en surface à la station de Bonne Anse (St19) et s'élève à 0,682 µg/L.

Enfin pour Zn, les concentrations sont distribuées de façon hétérogène dans la zone d'étude. On remarque néanmoins que les concentrations moyennes de la Baie du Prony sont bien plus faibles que celles mesurées dans le Canal de la Havannah. Tout comme pour Cu, la concentration maximale de Zn est mesurée dans les eaux de surface à la station de Port Goro (St14 : 1,017 µg/L).

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations moyennes des métaux dissous mesurées en 2013 sont globalement dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes « saison fraîche », à l'exception de Cr(VI), Cr total et Ni dont les concentrations sont plus élevées en 2013.

Les concentrations de métaux dissous Co, Cr(VI), Crtot, Mn et Ni se distribuent selon un gradient « côte-large » décroissant mettant en évidence les stations influencées par les apports terrigènes des rivières et celles influencées par les apports océaniques. Les concentrations de ces métaux présentent également une distribution verticale très marquée aux stations de fond de baies en particulier, avec des concentrations nettement décroissantes de la surface vers le fond.

Les fortes concentrations des métaux Co, Cr(VI), Crtot, Mn et Ni mesurées dans les couches de surface des stations St03 et St06 traduisent l'importance des apports d'eau douce des Baies de Port Boisé et de la Kwé. Ces eaux de surface présentent également les salinités les plus faibles et les turbidités les plus élevées entre toutes les stations soulignant l'importance des apports terrigènes de ces baies.

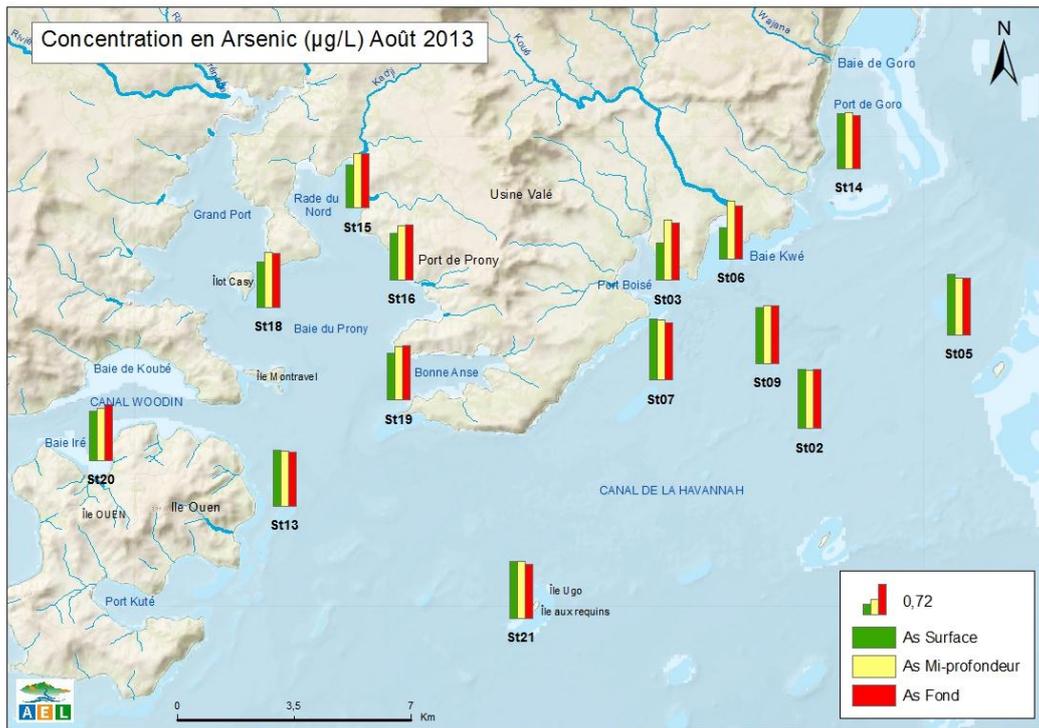


Figure 19 : Concentrations d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

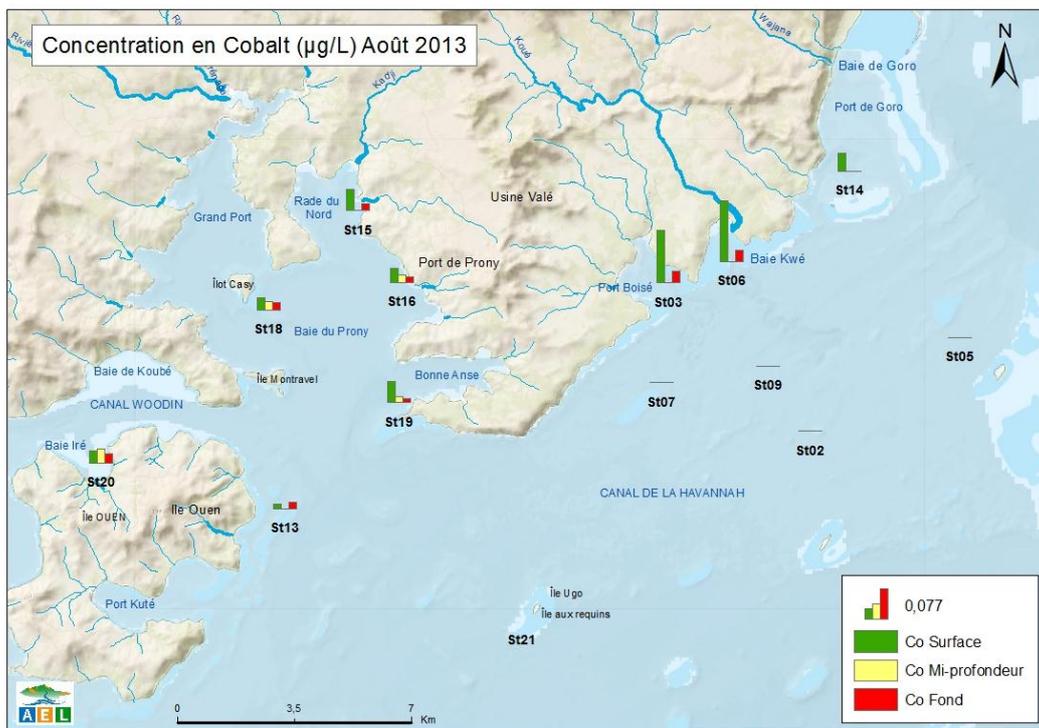


Figure 20 : Concentrations de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

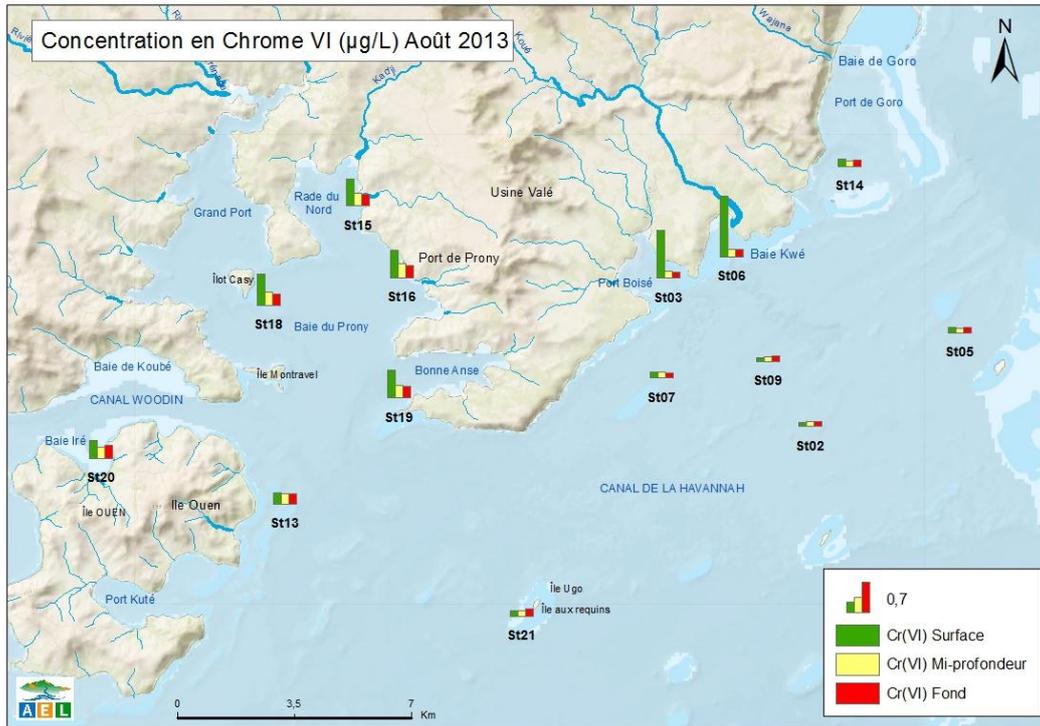


Figure 21 : Concentrations de chrome (VI) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

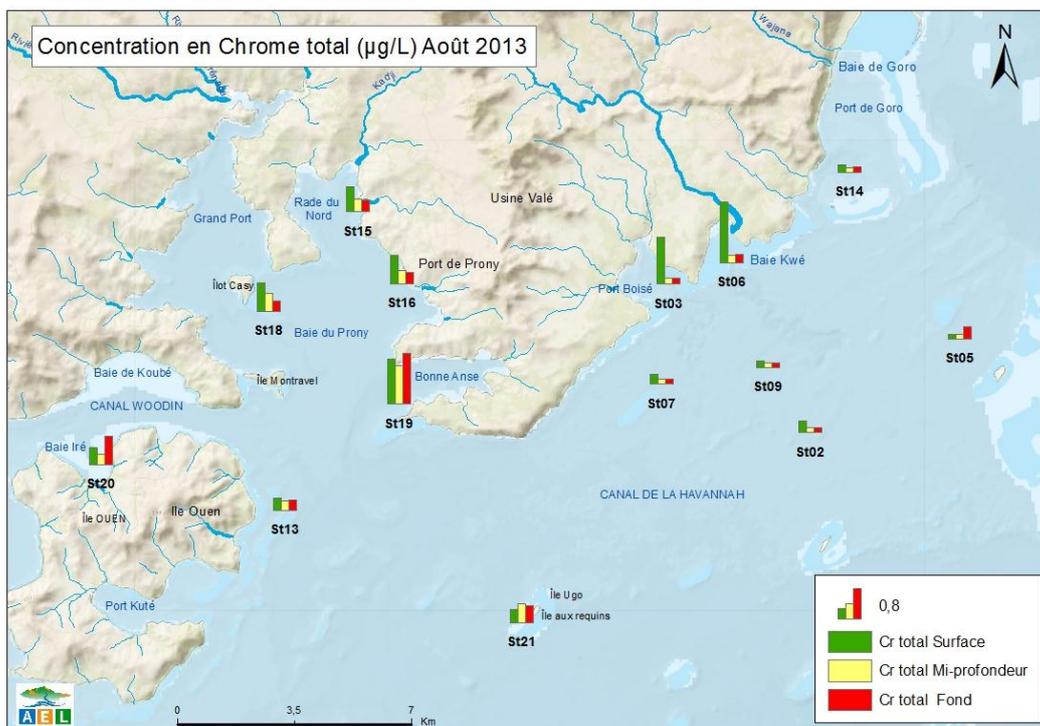


Figure 22 : Concentrations de chrome total dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

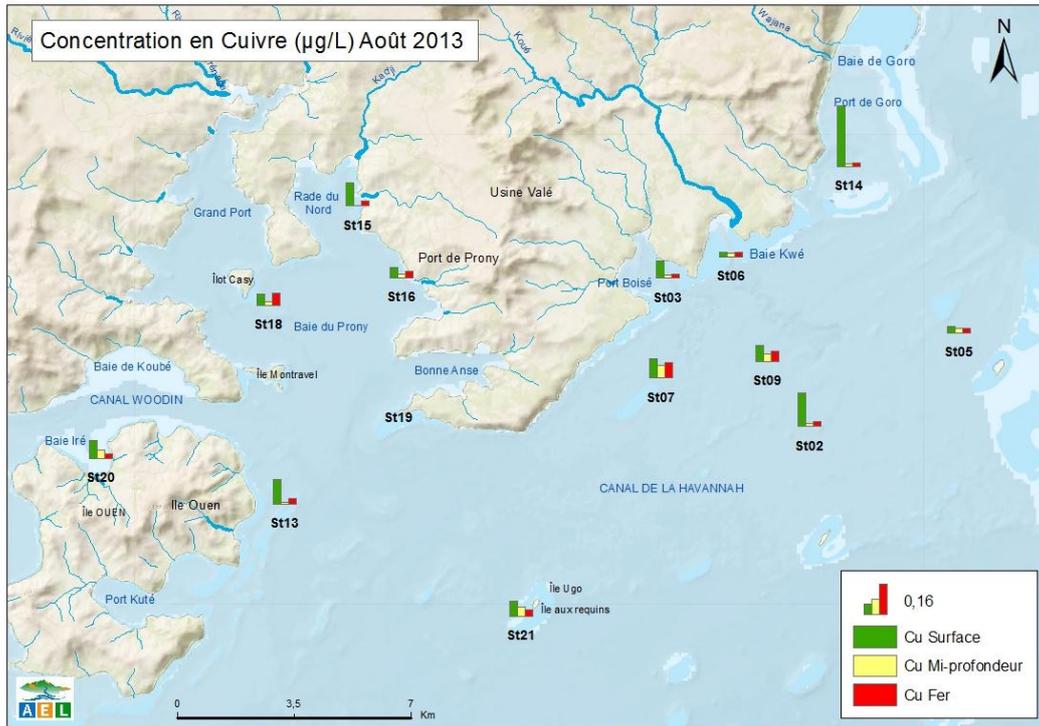


Figure 23 : Concentrations de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

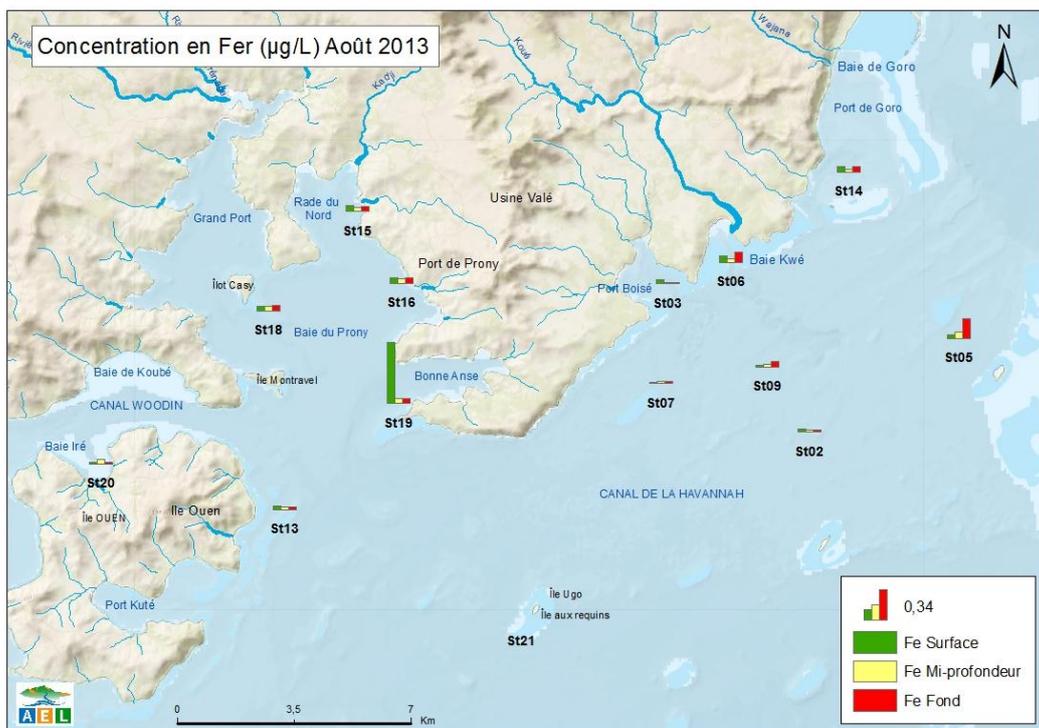


Figure 24 : Concentrations de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

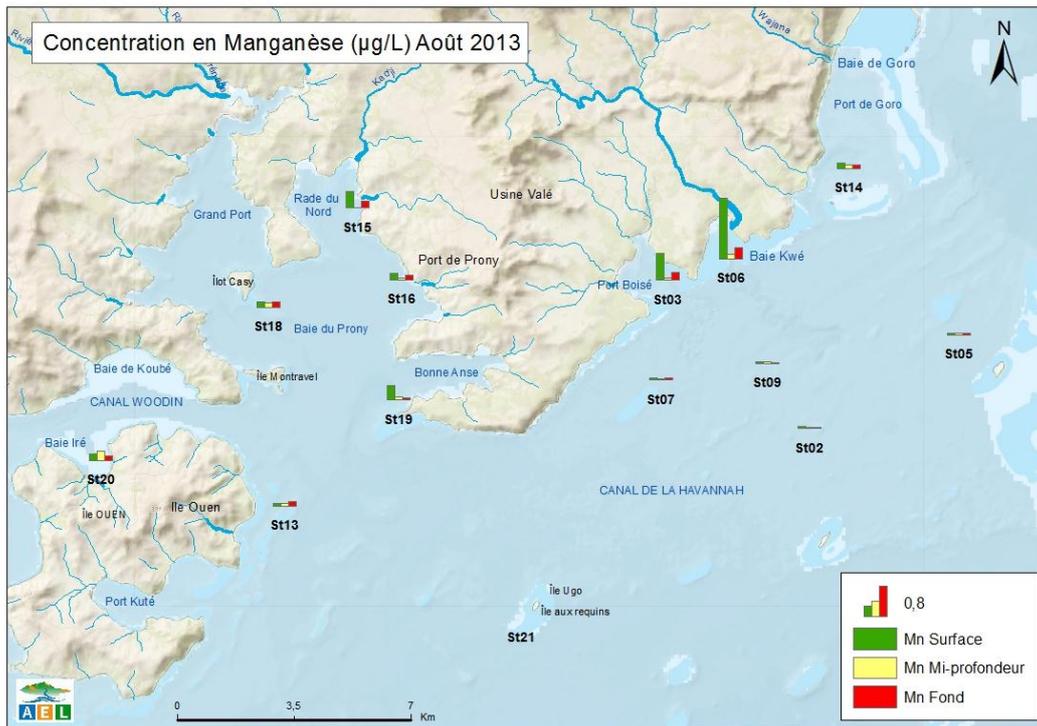


Figure 25 : Concentrations de manganèse dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

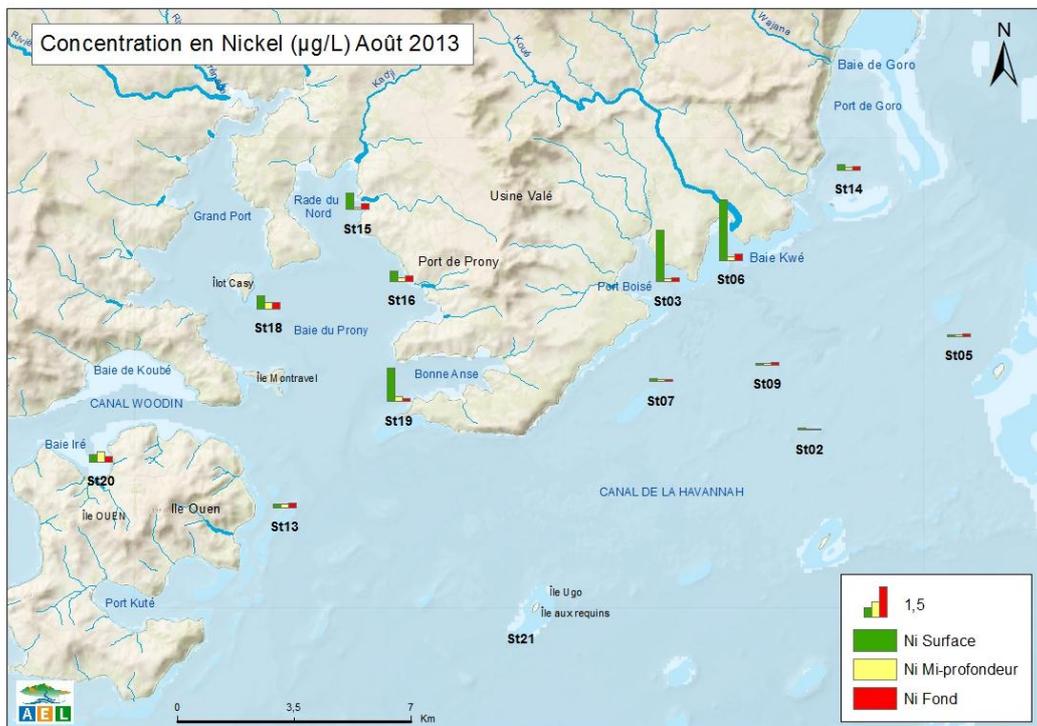


Figure 26 : Concentrations de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

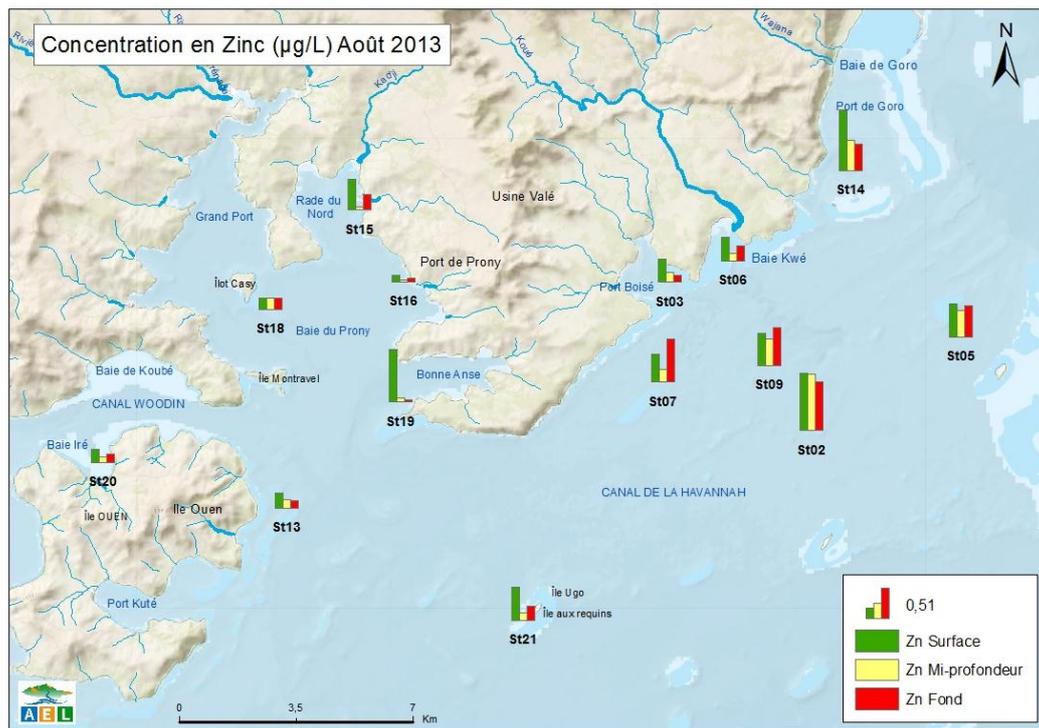


Figure 27 : Concentrations de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).

Tableau 8 : Concentrations des métaux dissous As, Co, Cr(VI), Cr total et Cu mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013) (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Cu (µg/L)
Domaine entier	Min	0,74	<LQ	0,10	0,11	<LQ
	Max	1,43	0,154	1,40	1,60	0,320
	Moy	1,27 ± 0,14	0,038 ± 0,037	0,30 ± 0,28	0,41 ± 0,37	0,058 ± 0,057
Canal de la Havannah	Min	1,29	<LQ	0,10	0,11	0,017
	Max	1,43	<LQ	0,17	0,50	0,178
	Moy	1,37 ± 0,04	<LQ	0,13 ± 0,02	0,23 ± 0,13	0,060 ± 0,042
Baie du Prony	Min	1,01	<LQ	0,25	0,26	<LQ
	Max	1,30	0,054	0,91	1,33	0,119
	Moy	1,21 ± 0,11	0,026 ± 0,015	0,43 ± 0,23	0,64 ± 0,37	0,052 ± 0,031

Tableau 9 : Concentrations des métaux dissous Fe, Mn, Ni et Zn mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013) (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Domaine entier	Min	0,014	0,015	0,060	0,035
	Max	0,682	1,606	2,991	1,017
	Moy	0,064 ± 0,105	0,163 ± 0,266	0,382 ± 0,611	0,361 ± 0,279
Canal de la Havannah	Min	0,018	0,034	0,060	0,133
	Max	0,225	0,064	0,133	0,967
	Moy	0,047 ± 0,053	0,048 ± 0,009	0,100 ± 0,021	0,546 ± 0,248
Baie du Prony	Min	0,050	0,015	0,089	0,035
	Max	0,682	0,435	1,635	0,884
	Moy	0,110 ± 0,180	0,157 ± 0,130	0,461 ± 0,423	0,215 ± 0,249

SYNTHESE

Rappel : Cette synthèse regroupe les concentrations des sels nutritifs et des métaux dissous mesurées aux stations 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 sèche** » réalisées depuis août 2008. Ces stations ont été sélectionnées car elles reflètent deux différents types d'influences dénombrés dans la zone d'étude : influence terrigène des creeks de Port Boisé (St03), de la Kwé (St06) et de la Baie du Prony (St15) et influence océanique du Canal de la Havannah (St05 et St07). La station St09, influencée par les apports océaniques du Canal de la Havannah, est la station la plus proche du diffuseur (influence industrielle).

Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ont une influence sur la physico-chimie des eaux et sur la concentration en métaux dissous. Le cumul des précipitations avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes a été reporté dans la Figure 28 et confronté avec les évolutions des sels nutritifs et métaux dissous.

Les précipitations maximales ont été relevées pendant la dernière campagne d'août 2013 (87,2 mm) ; le dernier jour des prélèvements (08/08/13) étant le plus pluvieux (80 mm). Les 4 stations de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19) ont été échantillonnées ce jour-là.

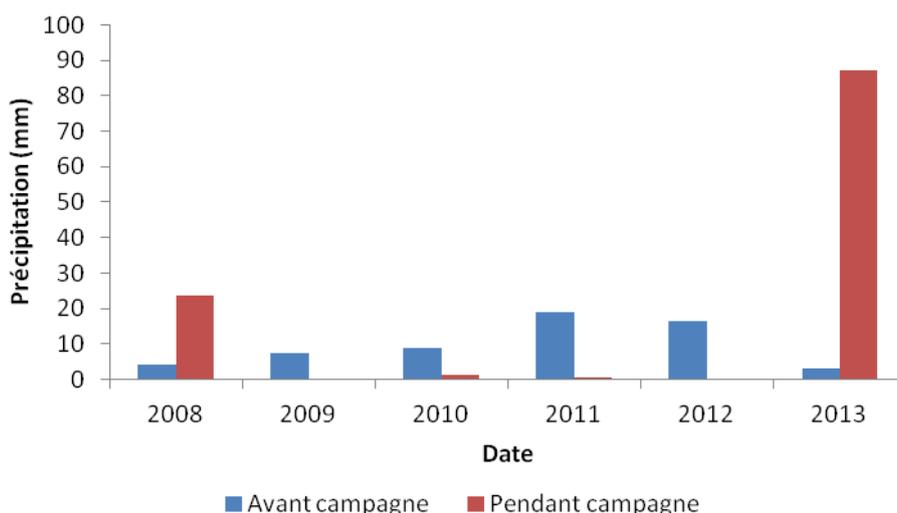


Figure 28 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison sèche » de 2008 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ».

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

L'évolution des concentrations d'ammonium (NH_4) et de nitrates+nitrites (NO_3+NO_2) entre les différentes campagnes « saison sèche » réalisées depuis 2008 a été reportée dans les Figure 29 et Figure 30. L'évolution de ces paramètres a été étudiée aux stations St05 (Ilot Kié), St09 (Canal de la Havannah), St06 (Kwé) et St15 (Prony Creek Baie Nord).

AMMONIUM (NH_4)

Aux stations St05, St09 et St15, les concentrations mesurées montrent que les colonnes d'eaux respectives sont relativement homogènes d'une campagne « saison sèche » à l'autre depuis 2008. Toutefois, une gradation des concentrations semble se dessiner pour St05 et St09. En effet, pour St05, les concentrations semblent avoir progressé régulièrement d'un facteur 4 à 6 entre 2008 et 2013. A la station St09, la concentration de surface ($0,589 \mu\text{mol/L}$) est jusqu'à 31 fois plus élevée que celles mesurées en 2008 ($0,020 \mu\text{mol/L}$). Les concentrations maximales ont été mesurées lors de la campagne de 2013, en surface (St09) et à mi-profondeur et au fond, (St15). Hormis cette année exceptionnelle, de 2008 à 2012, les concentrations obtenues à la station St15 sont relativement faibles comparées à celles mesurées aux autres stations

NITRATES+NITRITES (NO_2+NO_3)

Les concentrations de NO_2+NO_3 de la station St05 sont dispersées dans le temps et dans la colonne d'eau pour les campagnes 2011 et 2013, toutefois, globalement celles-ci dessinent une légère tendance à l'augmentation depuis 2008. La concentration maximale a été mesurée à mi-profondeur en 2013 ($0,885 \mu\text{mol/L}$).

A la station St09, les concentrations de NO_2+NO_3 ne diffèrent que très légèrement entre les différentes campagnes « saison sèche » depuis 2009.

Pour les stations St06 et St15, à l'exception des prélèvements de surface et mi-profondeur effectués en 2011 pour St06, les eaux de la Baie Kwé et de la Rade Nord sont très homogènes avec des niveaux de concentrations relativement faibles entre 2008 et 2012. En 2013, les concentrations en surface ($1,013 \pm 0,091 \mu\text{mol/L}$) et au fond ($0,838 \pm 0,033 \mu\text{mol/L}$) de St06 ont été multipliées par 2 environ par rapport à 2011. Pour la station St15, les concentrations sont également nettement plus élevées en 2013, notamment dans les eaux de fond ($0,748 \pm 0,037 \mu\text{mol/L}$).

Ce qu'il faut retenir

Les précipitations observées pendant la dernière mission semestrielle « saison fraîche » d'août 2013 ont été responsables d'un lessivage des sols induisant un enrichissement des eaux en composés organiques minéralisables en sels nutritifs, phénomène particulièrement notable au niveau des stations de baies (St06 et St15).

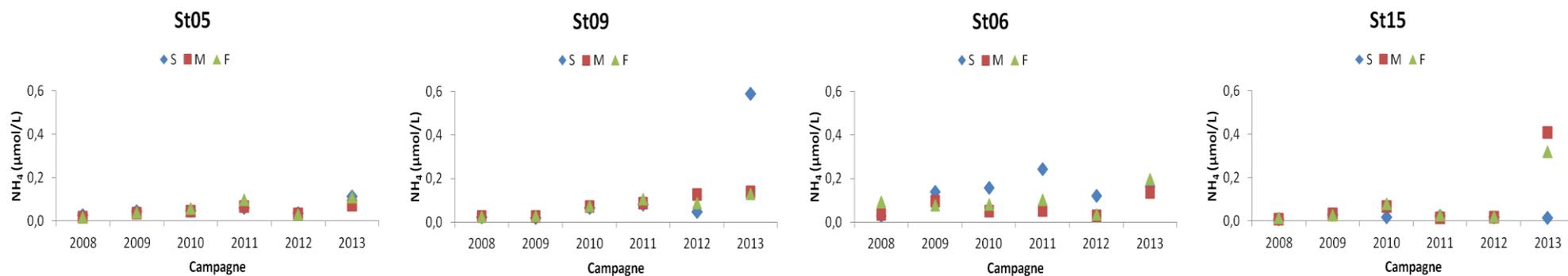


Figure 29 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

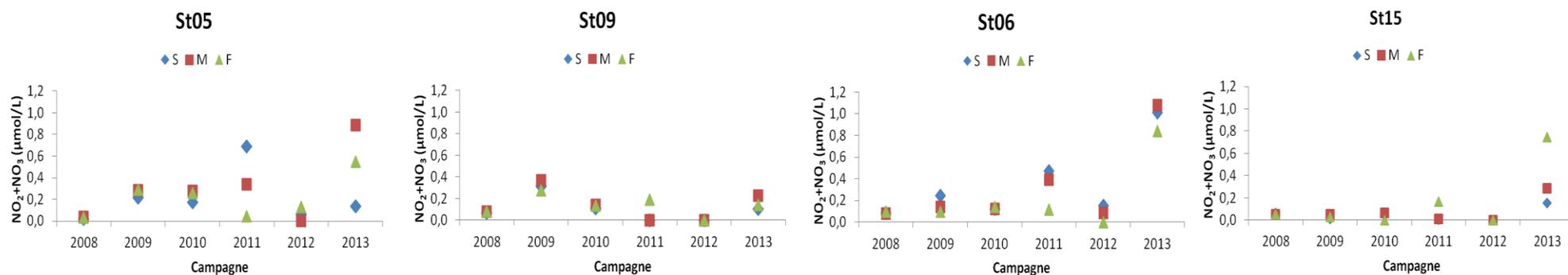


Figure 30 : Concentrations de nitrites+nitrates (NO_2+NO_3) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

II. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations de baies (St03, St06 et St15)

L'évolution des concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni entre les différentes campagnes « saison sèche » réalisées depuis 2008 aux stations St03 (Port Boisé), St06 (Baie Kwé) et St15 (Prony Creek Baie Nord) a été reportée dans les Figure 31, Figure 32, Figure 33 et Figure 34. Les concentrations de ces métaux dissous évoluent différemment entre les campagnes « saison sèche ».

STATION ST15 (CREEK DE LA RADE NORD)

Les concentrations de Co et Mn suivent des distributions quasiment similaires entre les campagnes : les concentrations maximales sont mesurées pour les eaux de surface en 2011 : 0,72 µg/L pour Mn et 0,11 µg/L pour Co, soit environ deux fois plus élevées que celles mesurées lors des autres campagnes.

Les concentrations de Ni des eaux de surface sont toujours plus élevées qu'à mi-profondeur et qu'au fond, mais elles sont quasiment du même ordre de grandeur à l'exception de la dernière campagne (2013). En effet, la concentration de Ni mesurée en surface (0,80 µg/L) est 9 et 3 fois plus forte que celles mesurées à mi-profondeur (0,09 µg/L) et au fond (0,30 µg/L), respectivement. Cette dernière correspond à la valeur maximale mesurée depuis 2008.

Entre 2008 et 2012, à l'exception de la concentration mesurée dans les eaux de surface en 2009, les concentrations de Cr(VI) ont très peu varié. En 2013, les concentrations mesurées aux 3 niveaux de profondeur (S : 0,69 µg/L ; M : 0,30 µg/L ; F : 0,26 µg/L) sont les maximums respectifs mesurés à cette station depuis 2008.

STATION ST03 (PORT BOISÉ) ET ST06 (BAIE KWE)

Les concentrations de Co, Mn et Ni présentent les mêmes fluctuations entre les campagnes depuis 2008. En effet, les concentrations de mi-profondeur et fond ne varient que très peu entre les campagnes, alors qu'en surface, elles ont atteint des valeurs maximales en 2011 puis en 2013. En effet, les concentrations de Ni mesurées aux stations St03 (2,53 µg/L) et St06 en surface (2,99 µg/L), par exemple, sont 3 fois plus élevées que celles obtenues en 2011 (St03 : 0,75 µg/L ; St06 : 0,87 µg/L).

D'une manière générale, les concentrations de Cr(VI) sont systématiquement plus fortes dans les eaux de surface, à mi-profondeur et au fond, elles ne montrent pas d'évolution particulière entre les campagnes. Les concentrations maximales (1,40 µg/L pour St03 et 1,17 µg/L pour St06) sont mesurées dans les eaux de surface, en 2013. Celles-ci sont de 5 à 10 fois plus élevées que les concentrations obtenues lors des précédentes campagnes.

Note : les concentrations des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn et Ni mesurées depuis 2007 à toutes les campagnes semestrielles « saison chaude » et « saison fraîche » aux stations St03, St03 et St15 sont regroupées en Annexe 12 et 13, respectivement.

Ce qu'il faut retenir

Les précipitations de la dernière mission semestrielle « saison fraîche » sont responsables d'un lessivage des sols induisant un enrichissement notable des eaux de surface en métaux dissous tels que le Cr(VI) et Ni à la station St15 et les métaux dissous Co, Cr(VI), Mn et Ni, particulièrement décelable aux stations St03 et St06.

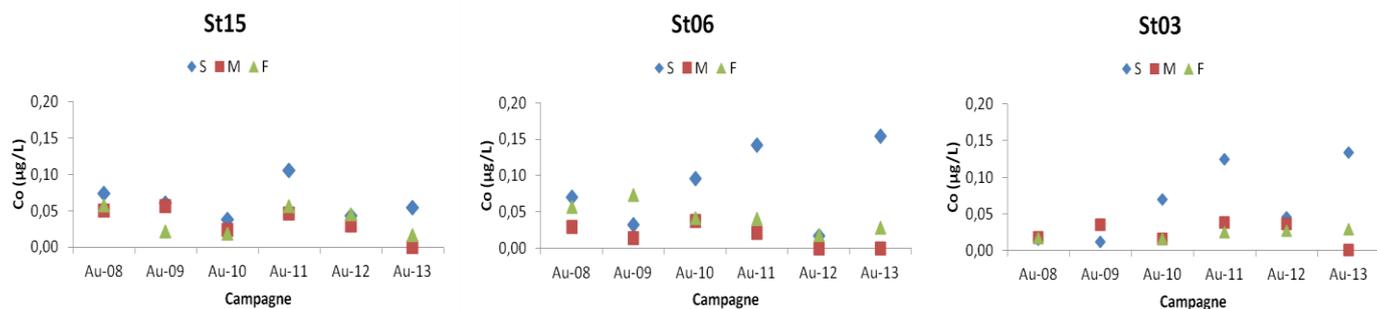


Figure 31 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

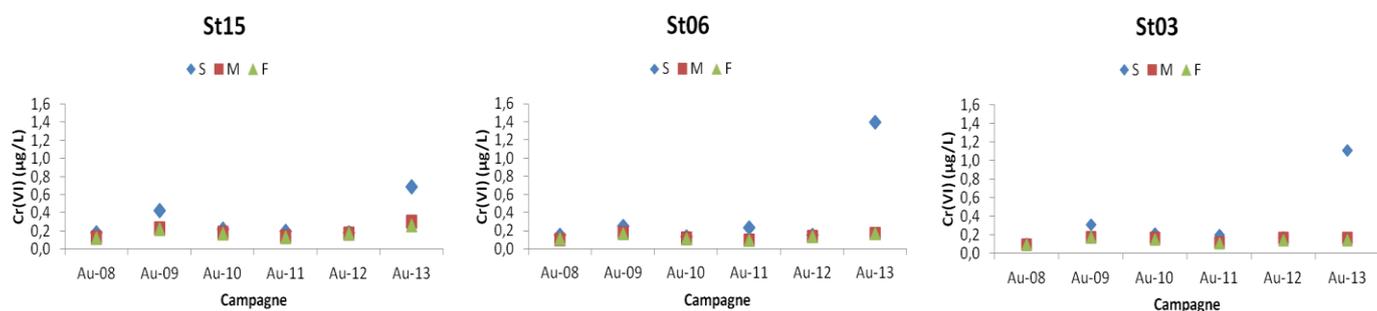


Figure 32 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

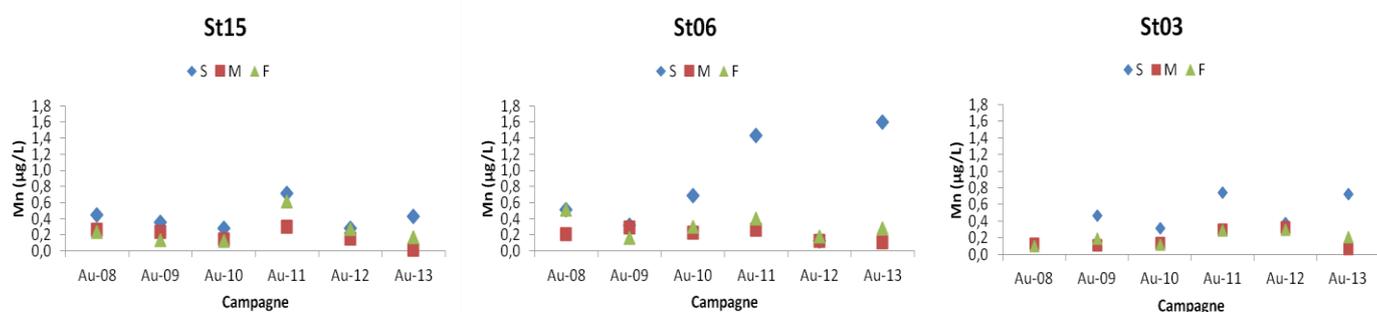


Figure 33 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

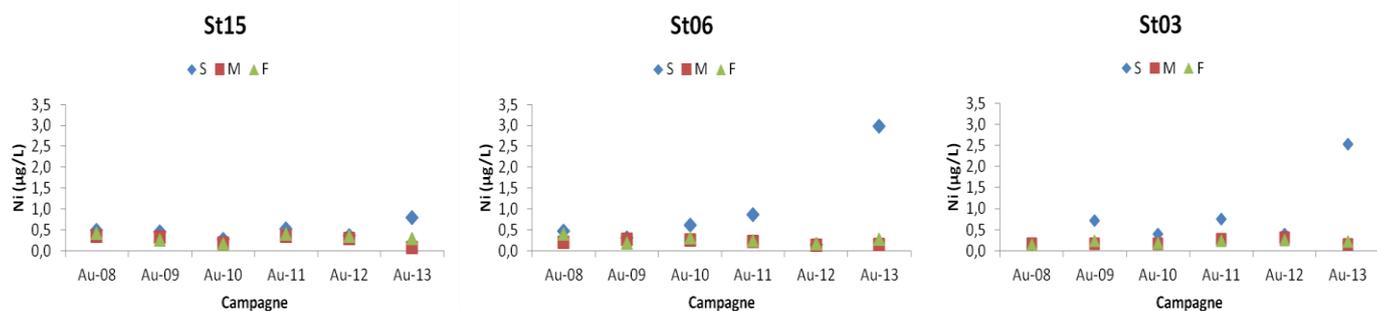


Figure 34 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

III. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations du Canal de la Havannah (St05, St07 et St09)

L'évolution des concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni entre les différentes campagnes « saison sèche » réalisées depuis 2008 aux stations St05 (Ilot Kié), St07 (Récif loro) et St09 (Canal de la Havannah) a été reportée dans les Figure 35, Figure 36, Figure 37 et Figure 38.

Les concentrations des métaux mesurées aux stations du Canal de la Havannah sont 2 à 4 fois plus faibles que celles des stations des baies (St03, St06 et St15).

La plupart des concentrations de Co mesurées aux stations St05 et St09 sont inférieures aux limites de quantification, seules les valeurs des campagnes 2008 et 2009, pour les eaux de surface, ont pu être quantifiées. A la station St07, compte tenu des niveaux de concentration, les valeurs pour Co peuvent être considérées comme stables entre 2008 et 2013, exception faite des eaux de surface (0,06 µg/L) prélevées en 2009.

A ces trois stations du Canal, les concentrations de Cr(VI), Mn et Ni ne montrent pas d'évolution particulière au cours du temps et sont même remarquablement stables entre les différentes campagnes depuis 2008. Par exemple, les concentrations de Ni mesurées en surface à la station St05 s'élèvent à 0,09 ±0,02 µg/L depuis 4 campagnes.

Note : les concentrations des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn et Ni mesurées depuis 2007 à toutes les campagnes semestrielles « saison chaude » et « saison fraîche » aux stations St05, St07 et St09 sont regroupées en Annexe 14 et 15, respectivement.

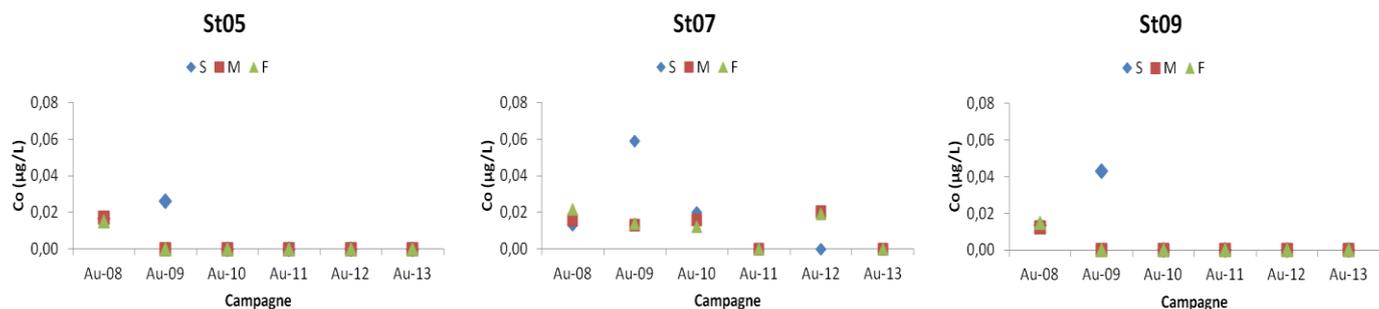


Figure 35 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

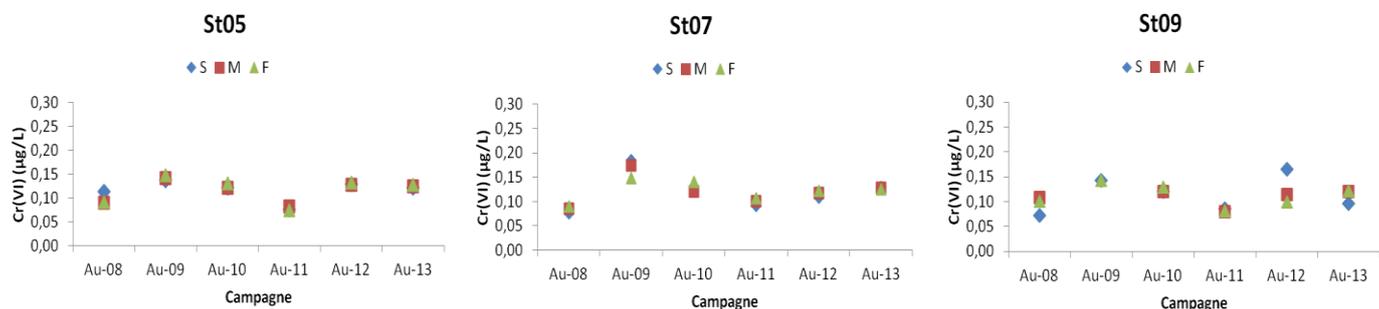


Figure 36 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

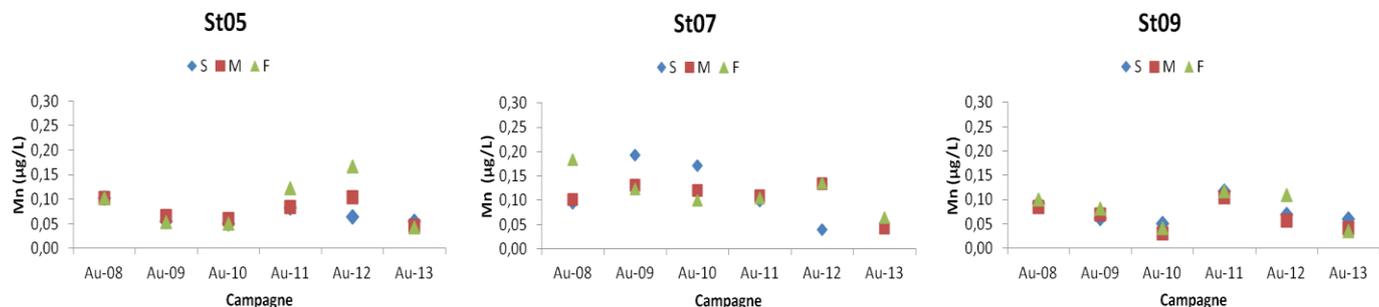


Figure 37 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

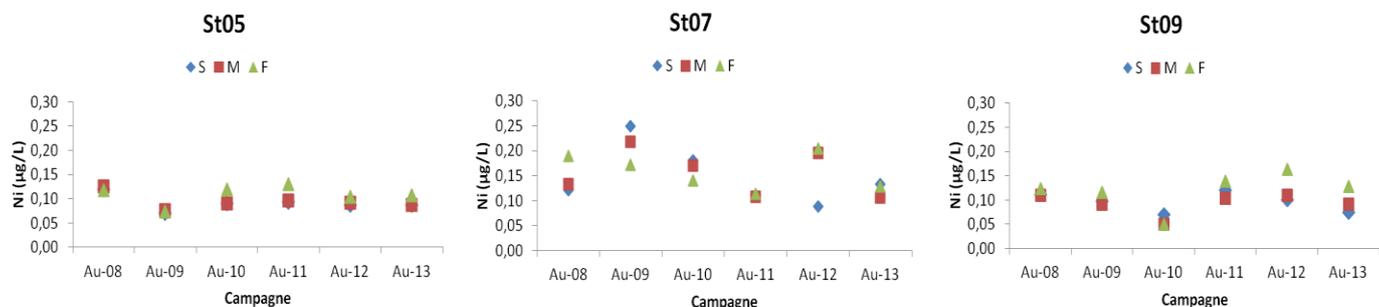


Figure 38 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).

CONCLUSION

Les principales variations des variables physico-chimiques et des concentrations de silicates, POD, NOP, POP et de métaux dissous tels que Co, Cr(VI), Cr_{tot}, Mn et Ni mesurées lors de la campagne semestrielle d'août 2013, mettent en évidence les apports terrigènes. Ainsi, les concentrations de ces paramètres se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini ; les concentrations étant plus élevées près des côtes, phénomènes particulièrement notables dans la Baie du Prony, la Baie Kwé et Port Boisé.

Les stations de Port Boisé et de la Baie Kwé se démarquent des stations de la Baie du Prony par une nette stratification des eaux qui isole la couche de surface. Cette couche présente les salinités les plus faibles, les turbidités les plus fortes et les concentrations en métaux dissous (Co, Cr(VI), Cr_{tot}, Mn et Ni) les plus élevées de toute la zone d'étude. A contrario, les concentrations en As mesurées dans cette couche sont les plus faibles mesurées.

Les concentrations en métaux dissous (Co, Cr(VI), Mn et Ni) dans les eaux de surface de la Baie Kwé sont systématiquement plus élevées qu'à Port Boisé. Par ailleurs, les valeurs mesurées en août 2013, correspondent aux concentrations maximales à ces stations depuis le début des campagnes « saison sèche » (2008).

De la même manière, à la station St15, les concentrations de Cr(VI) et Ni mesurées en août 2013 sont les plus élevées jamais obtenues depuis 2008.

Ces résultats sont explicables par l'effet mécanique des précipitations atmosphériques exceptionnelles qui ont eu lieu pendant la campagne d'août 2013. En effet, ces pluies ont été responsables d'un lessivage des sols plus importants que d'ordinaire en « saison fraîche ». Ces événements météorologiques ont induit, dans un deuxième temps, des solubilisations importantes en métaux dissous tels que Co, Cr(VI), Mn et Ni ; ces concentrations plus élevées s'étant ensuite retrouvées dans les eaux de surface des baies.

Bien que naturelle, le niveau de concentration en métaux dissous est néanmoins à surveiller, particulièrement au niveau des deux baies, les stations St03 (Port Boisé) et St06 (Baie Kwé) présentant les changements les plus importants au sein de la zone d'étude.

REFERENCES

- Aminot A, Kérouel R (2004). Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, 336 p.
- Beliaeff B, Bouvet G, Fernandez JM, David C, Laugier T (2011). Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Le Nickel. 169 p.
- Fanning GO, Pilson MEQ (1973). On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters, *Analytical Chemistry*, 45: 136-140.
- Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007). Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention n°1312.
- Fernandez JM, Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Damien P (2010). Suivi environnemental 2009: Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous des eaux. Convention n°C2284/E13517.
- Fichez R, Moreton Benjamin, Pringault O et Viret H (2005a). Caractéristiques physico-chimiques des eaux. Fiche 1, Rapport final, Convention IRD/Goro-Nickel n°9104, 56p
- Fichez R, Adjeroud M, Bozec YM, Breau L, Chancerelle Y, Chevillon C, Douillet P, Fernandez JM, Frouin P, Kulbicki M, Moreton B, Ouillon S, Payri C, Perez T, Sasal P, Thébault J (2005b). A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems, *Aquatic Living Resources*, 18: 125-147.
- Holmes RM, Aminot A, Kérouel R, Bethanie A, Hooher A, Peterson BJ (1999). A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 56: 1801-1808.
- Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n°C2445.
- Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Malet A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (août 2010). Convention n°C2445.
- Le Grand H, Dolbecq M, Kerbrat AS, Moreton B, Goyaud A, Haddad L, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2011). Convention n°C2445.
- Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Haddad L, Rounsard F, Douchin C, Dubuc A, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2011). Convention n°C2445.
- Le Grand H, Rounsard 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, Moreton M, Hulliger M, Rounsard F, Kumar-Roiné S, Fernandez JM (2012). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2012). Convention n°C2445.
- Lorenzen CJ (1966). A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration, *Deep Sea Research*, 13: 223-227.

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

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

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

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

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.....	8
Figure 2 : Hauteurs des précipitations enregistrées 5 jours précédant (1-5/8/13) la campagne et pendant la campagne semestrielle (6-8/13).....	9
Figure 3 : Chronologie des événements de la campagne semestrielle d'août 2013 reportée sur le marégramme du 06 au 08 août 2013.....	10
Figure 4 : Concentrations des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	12
Figure 5 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.....	14
Figure 6 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.....	15
Figure 7 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.....	16
Figure 8 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013.....	17
Figure 9 : Concentrations de nitrites+nitrates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	19
Figure 10 : Concentrations d'ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	20
Figure 11 : Concentrations de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	21
Figure 12 : Concentrations de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	22
Figure 13 : Concentrations d'azote organique dissous (NOD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	24
Figure 14 : Concentrations de phosphore organique dissous (POD) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	24
Figure 15 : Concentrations d'azote organique particulaire (NOP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	25
Figure 16 : Concentrations de phosphore organique particulaire (POP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	26
Figure 17 : Concentrations de carbone organique particulaire (COP) dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	26
Figure 18 : Concentrations de chlorophylle α dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	28
Figure 19 : Concentrations d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	30
Figure 20 : Concentrations de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	30
Figure 21 : Concentrations de chrome (VI) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	31
Figure 22 : Concentrations de chrome total dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	31

Figure 23 : Concentrations de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	32
Figure 24 : Concentrations de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	32
Figure 25 : Concentrations de manganèse dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).	33
Figure 26 : Concentrations de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	33
Figure 27 : Concentrations de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013).....	34
Figure 28 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison sèche » de 2008 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ».	35
Figure 29 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	37
Figure 30 : Concentrations de nitrites+nitrates (NO ₂ +NO ₃) mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	37
Figure 31 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	39
Figure 32 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).....	39
Figure 33 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	39
Figure 34 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St15, St06 et St03 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	39
Figure 35 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	41
Figure 36 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).....	41
Figure 37 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	41
Figure 38 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St07 et St09 lors des campagnes « saison sèche » (2008 à 2013).	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste et position des stations de prélèvement du suivi physico-chimique du lagon sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.	9
Tableau 2 : Valeurs du pH et concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).	11
Tableau 3 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).	12
Tableau 4 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).	13
Tableau 5 : Concentrations des sels nutritifs (NO ₂ +NO ₃ , NH ₄ , PO ₄) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).	22
Tableau 6 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, phosphore et carbone) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).	27
Tableau 7 : Concentrations de chlorophylle a et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 (minimum ; maximum ; moyenne ± écart-type).	28
Tableau 8 : Concentrations des métaux dissous As, Co, Cr(VI), Cr total et Cu mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013) (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).	34
Tableau 9 : Concentrations des métaux dissous Fe, Mn, Ni et Zn mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (août 2013) (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).	34

ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie

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

Annexe 3 : Concentrations des sels nutritifs

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

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

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

Annexe 7 : Concentrations de chrome total dans la colonne d'eau

Annexe 8 : Compilation des concentrations de sels nutritifs des campagnes « saison fraîche » de 2008 à 2013

Annexe 9 : Compilation des concentrations de matière organique dissoute et particulaire des campagnes « saison fraîche » de 2008 à 2013

Annexe 10 : Compilation des concentrations de pigments chlorophylliens des campagnes « saison fraîche » de 2008 à 2013

Annexe 11 : Compilation des concentrations de métaux dissous des campagnes « saison fraîche » de 2008 à 2013

Annexe 12 : Concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Mn, Ni) mesurées aux stations de Port Boisé (St03) et de la Baie Kwé (St06) depuis 2007

Annexe 13 : Concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Mn, Ni) mesurées à la station de Prony Creek Baie Nord depuis 2007

Annexe 14 : Concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Mn, Ni) mesurées aux stations de l'îlot Kié (St05) et du récif Ioro (St07) depuis 2007

Annexe 15 : Concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Mn, Ni) mesurées à la station du Canal de la Havannah (St09) depuis 2007

ANNEXE 1

METHODOLOGIE

Eléments majeurs, MES et pH

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

- les dosages des ions calcium (Ca^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+) et magnésium (Mg^{2+}) ont été déterminées par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'Emission Optique couplée à une torche plasma, marque Varian, modèle 730 ES) ;
- les dosages des chlorures (Cl^-) et des sulfates (SO_4^{2-}) ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- la mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- la détermination de la concentration en MES (Matière en Suspension) obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et pesée du filtre (Nucleopore® de 0,45 μm de porosité).

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

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^3 , permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens (capteurs Wet labs).

Tableau 1 : Spécifications des paramètres de la sonde.

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

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_4). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD et stockage en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL. Les échantillons destinés aux dosages de nitrates+nitrites ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) et de phosphates (PO_4) sont traités au chlorure de mercure dès retour à la terre et conservés à la température ambiante jusqu'à l'analyse. Les échantillons destinés aux dosages de l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD) sont congelés à -20°C . Chaque niveau de profondeur échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD ambrés et sont filtrés sur des filtres Whatman® GF/F (porosité $0,7 \mu\text{m}$) le jour même du prélèvement. La conservation de ces filtres a été assurée par congélation à -20°C jusqu'à dosage ultérieur au laboratoire de AEL. Ces dosages concernent l'azote organique particulaire et le phosphore organique particulaire.

Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate (NO_3) est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour le dosage des nitrates est celle fondée sur le dosage des ions nitrites (NO_2) obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) par photométrie (Oudot & Montel, 1988), le dosage des ions nitrites est obtenu directement. Cependant, les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces restent très faibles. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre $0,025$ et $1 \mu\text{M}$ avec des limites de quantification d'environ $0,02 \mu\text{M}$.

Ammonium

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

Phosphates

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

Silicates

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

Matière organique

Azote et phosphore organiques dissous

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

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

Azote et phosphore organiques particulaires

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

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

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

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

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

Soit :

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

Carbone organique particulaire

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN selon le principe de la combustion de la matière organique par l'oxygène, suivi d'un dosage du dioxyde de carbone et de l'azote formés. Cette analyse a été effectuée par le laboratoire des moyens analytiques de l'IRD de Dakar.

Pigments chlorophylliens

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

Les dosages ont été effectués par la méthode fluorométrique de Lorenzen (1966) qui présente une très grande sensibilité. Les pigments chlorophylliens sont extraits du filtre par un solvant organique, leur détection s'effectue, après excitation dans un faisceau lumineux à 450 nm, par mesure de la fluorescence émise à 670 nm (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamétrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle *a* par rapport à la somme chlorophylle *a* + Phéophytine *a*. Etant données les interférences dues aux chlorophylles *b* et *c*, la précision des mesures dépend de la nature même des communautés de producteurs primaires. La limite de quantification pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de 10 ng/L.

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Conditionnement et analyse

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

- Les 42 échantillons du premier lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore[®], qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont destinés aux analyses des éléments Cr(total)/Cr(VI) effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire de AEL ;
- Les 42 échantillons du deuxième lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore[®], qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons ont été envoyés au laboratoire ALS (Australie) pour l'analyse des éléments dissous As, Cd et Pb par ICP-MS ;
- Les 42 échantillons du troisième lot ont été directement filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore[®], qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer[®]) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement. De retour au laboratoire, les métaux ont été élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M). L'analyse des éléments dissous Co, Fe, Mn, Ni et Zn a ensuite été effectuée par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista).

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

Tableau 2 : Limite de quantification des métaux dissous.

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 2

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

Concentrations des éléments majeurs (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-}), du pH et de la MES des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 ; les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; Nd = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	pH	Ca^{2+} (mg/l)	K^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	MES (mg/L)
St02	S	8,24	445	420	1513	12796	22275	2398	0,21
St02	M	8,28	473	441	1589	12718	17154	2133	0,23
St02	F	8,29	424	402	1442	12717	16255	1967	0,39
St03	S	8,18	412	385	1406	11425	14842	1888	0,12
St03	M	8,24	454	424	1540	12864	15768	1925	0,35
St03	F	8,24	451	424	1518	12983	18315	2109	0,33
St05	S	8,26	426	405	1450	12771	17924	2217	0,32
St05	M	8,27	495	461	1693	12878	16904	2144	0,14
St05	F	8,27	447	422	1534	13235	16948	Nd	0,10
St06	S	8,22	350	327	1199	10360	12873	1600	0,49
St06	M	8,26	450	421	1536	12777	16481	2051	0,08
St06	F	8,24	474	440	1623	12802	16854	2105	0,36
St07	S	8,13	431	404	1461	12932	18678	2343	0,28
St07	M	8,25	443	418	1510	13108	15595	1795	0,17
St07	F	8,24	466	437	1602	12903	22057	2754	0,22
St09	S	8,25	449	419	1531	12918	15760	1994	0,32
St09	M	8,27	450	419	1528	12975	15525	2020	0,33
St09	F	8,28	438	413	1491	12860	16359	2060	0,10
St13	S	8,26	451	424	1541	12931	17314	2262	0,24
St13	M	8,23	478	427	1542	13992	23069	2824	0,44
St13	F	8,23	497	445	1615	13741	23455	2887	0,28
St14	S	8,25	465	417	1510	13889	16860	2233	0,52
St14	M	8,26	507	448	1645	14046	17941	2071	0,53
St14	F	8,27	482	428	1557	13971	18010	2265	0,43
St15	S	8,18	451	397	1459	13176	18502	2215	0,76
St15	M	8,20	487	431	1565	13807	25472	3140	0,43
St15	F	8,20	490	436	1574	14011	25640	3269	0,79
St16	S	8,18	452	402	1465	13321	24859	3016	0,49
St16	M	8,20	487	433	1577	14005	25325	3031	0,64
St16	F	8,20	486	429	1569	13787	26152	3202	0,80
St18	S	8,18	472	419	1520	13554	18873	2432	0,15
St18	M	8,19	459	411	1496	13748	17391	2347	0,44
St18	F	8,19	475	424	1530	13831	17608	2444	0,45
St19	S	8,20	444	398	1438	13334	20315	2694	0,37
St19	M	8,20	477	422	1544	13757	19050	2678	0,49
St19	F	8,20	477	426	1548	13787	18392	2568	0,64

Station	Niveau	pH	Ca ²⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	MES (mg/L)
St20	S	8,23	450	405	1456	13590	18615	2588	0,59
St20	M	8,23	500	444	1617	13882	18684	2571	0,32
St20	F	8,23	499	441	1615	13774	18520	2511	0,31
St21	S	8,30	478	427	1536	14071	19132	2633	0,45
St21	M	8,22	469	418	1512	13699	19019	2629	0,60
St21	F	8,23	442	407	1448	13896	21144	2805	0,87

ANNEXE 3

CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS

Concentrations moyennes (n=3) des sels nutritifs (NO_3+NO_2 , NH_4 , PO_4 , SiO_4) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle d'août 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification.

Station	Niveau	NO_2+NO_3 ($\mu\text{mol/L}$)	NH_4 ($\mu\text{mol/L}$)	PO_4 ($\mu\text{mol/L}$)	SiO_4 ($\mu\text{mol/L}$)
St02	S	0,856 (n=1)	0,090 ± 0,012	0,048 ± 0,004	1,12
St02	M	0,674 ± 0,058	0,104 ± 0,007	0,081 ± 0,001	1,07
St02	F	1,143 (n=1)	0,112 ± 0,007	0,084 ± 0,008	1,19
St03	S	0,555 ± 0,031	0,105 ± 0,004	0,028 ± 0,004	5,47
St03	M	0,695 ± 0,081	0,137 ± 0,007	0,038 ± 0,002	1,62
St03	F	0,771 ± 0,059	0,282 ± 0,004	0,109 ± 0,004	2,90
St05	S	0,137 ± 0,074	0,112 ± 0,012	<LQ	1,17
St05	M	0,885 ± 0,023	0,073 ± 0,005	0,066 ± 0,003	1,18
St05	F	0,543 ± 0,080	0,111 ± 0,016	0,046 ± 0,006	1,41
St06	S	1,013 ± 0,091	0,162 ± 0,004	0,103 ± 0,001	2,08
St06	M	1,078 ± 0,027	0,134 ± 0,031	0,090 ± 0,006	1,90
St06	F	0,838 ± 0,033	0,196 ± 0,004	0,084 ± 0,006	2,27
St07	S	0,595 ± 0,046	0,098 ± 0,003	0,103 ± 0,020	1,56
St07	M	0,135 ± 0,022	0,133 ± 0,005	0,021 ± 0,007	1,36
St07	F	0,716 ± 0,003	0,154 ± 0,007	0,080 ± 0,007	1,77
St09	S	0,103 ± 0,066	0,589 ± 0,086	0,034 (n=1)	1,27
St09	M	0,223 (n=1)	0,137 ± 0,012	0,036 ± 0,001	1,23
St09	F	0,141 (n=1)	0,127 ± 0,016	0,061 ± 0,010	1,32
St13	S	0,462 ± 0,049	0,146 ± 0,005	0,043 ± 0,005	2,02
St13	M	0,363 ± 0,046	0,145 ± 0,018	0,044 ± 0,002	1,95
St13	F	0,226 ± 0,007	0,154 ± 0,021	0,043 ± 0,005	1,88
St14	S	0,625 ± 0,025	0,095 ± 0,015	0,077 ± 0,008	2,50
St14	M	0,789 ± 0,044	0,135 ± 0,005	0,062 ± 0,004	1,84
St14	F	1,426 ± 0,132	0,141 ± 0,002	0,055 ± 0,001	10,79
St15	S	0,155 ± 0,004	0,013 ± 0,006	<LQ	3,49
St15	M	0,287 (n=1)	0,408 ± 0,008	0,012 (n=1)	2,73
St15	F	0,748 ± 0,037	0,318 ± 0,014	0,091 ± 0,002	2,31
St16	S	0,281 ± 0,033	0,051 (n=1)	<LQ	5,80
St16	M	0,363 ± 0,014	0,326 ± 0,018	0,062 ± 0,003	2,58
St16	F	0,315 (n=1)	0,313 ± 0,006	0,062 ± 0,003	2,40
St18	S	0,084 ± 0,026	0,040 ± 0,028	0,015 ± 0,001	3,02
St18	M	0,585 ± 0,109	0,238 ± 0,132	0,070 ± 0,005	2,64
St18	F	0,573 ± 0,061	0,267 ± 0,027	0,176 ± 0,006	5,64
St19	S	0,206 ± 0,028	0,039 ± 0,030	<LQ	5,89
St19	M	0,339 ± 0,050	0,210 ± 0,005	0,074 ± 0,004	2,34
St19	F	0,357 ± 0,021	0,241 ± 0,007	0,108 ± 0,004	2,79
St20	S	0,319 ± 0,076	0,118 ± 0,063	<LQ	2,82
St20	M	0,165 ± 0,074	0,063 ± 0,003	0,018 ± 0,007	2,31
St20	F	0,095 ± 0,045	0,059 ± 0,003	0,054 ± 0,010	3,43
St21	S	0,185 ± 0,057	0,180 ± 0,006	0,015 ± 0,004	1,54
St21	M	0,753 ± 0,042	0,240 ± 0,001	0,076 ± 0,002	1,54
St21	F	0,659 ± 0,052	0,261 ± 0,003	0,040 ± 0,041	1,52

ANNEXE 4

CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUE, PARTICULAIRE ET TOTALE

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

Station	Niveau	NOD ($\mu\text{mol/L}$)	POD ($\mu\text{mol/L}$)	COP ($\mu\text{mol/L}$)	NOP ($\mu\text{mol/L}$)	POP ($\mu\text{mol/L}$)	N Total ($\mu\text{mol/L}$)	P Total ($\mu\text{mol/L}$)
St02	S	1,777	0,361	En cours	0,62	0,057	3,338	0,465
St02	M	1,393	0,231	En cours	0,65	0,060	2,822	0,372
St02	F	1,210	0,251	En cours	0,58	0,07	3,042	0,405
St03	S	0,863	0,227	En cours	0,94	0,103	2,465	0,358
St03	M	2,396	0,275	En cours	0,65	0,092	3,822	0,405
St03	F	2,779	0,310	En cours	1,85	0,233	5,678	0,652
St05	S	2,228	Nd	En cours	0,56	0,063	3,038	0,402
St05	M	1,726	0,191	En cours	0,55	0,074	3,232	0,332
St05	F	2,199	0,130	En cours	0,48	0,059	3,328	0,235
St06	S	1,267	0,284	En cours	0,82	0,078	3,258	0,465
St06	M	1,263	0,226	En cours	0,56	0,089	3,035	0,405
St06	F	1,503	0,202	En cours	0,54	0,072	3,078	0,358
St07	S	1,263	0,081	En cours	1,02	0,114	2,975	0,298
St07	M	2,095	0,184	En cours	0,56	0,107	2,918	0,312
St07	F	1,437	0,296	En cours	1,04	0,136	3,352	0,512
St09	S	2,287	0,072	En cours	0,76	0,099	3,742	0,205
St09	M	2,657	0,090	En cours	0,71	0,067	3,725	0,192
St09	F	2,294	0,087	En cours	1,17	0,081	3,732	0,228
St13	S	2,508	0,257	En cours	0,58	0,085	3,692	0,385
St13	M	2,460	0,291	En cours	0,57	0,084	3,535	0,418
St13	F	2,197	0,258	En cours	0,60	0,083	3,182	0,385
St14	S	1,746	0,039	En cours	0,89	0,088	3,358	0,205
St14	M	1,589	0,137	En cours	0,65	0,073	3,165	0,272
St14	F	1,550	0,217	En cours	0,79	0,099	3,905	0,372
St15	S	2,199	Nd	En cours	1,19	0,092	3,552	0,485
St15	M	1,558	0,454	En cours	1,83	0,139	4,078	0,605
St15	F	1,678	0,415	En cours	1,11	0,102	3,852	0,608
St16	S	2,792	Nd	En cours	0,87	0,079	3,958	0,438
St16	M	2,079	0,302	En cours	0,86	0,075	3,625	0,438
St16	F	1,978	0,269	En cours	0,90	0,108	3,505	0,438
St18	S	2,117	0,390	En cours	0,95	0,087	3,195	0,492
St18	M	1,553	0,418	En cours	1,00	0,094	3,378	0,582
St18	F	4,220	0,709	En cours	1,81	0,16	6,865	1,045

Station	Niveau	NOD ($\mu\text{mol/L}$)	POD ($\mu\text{mol/L}$)	COP ($\mu\text{mol/L}$)	NOP ($\mu\text{mol/L}$)	POP ($\mu\text{mol/L}$)	N Total ($\mu\text{mol/L}$)	P Total ($\mu\text{mol/L}$)
St19	S	2,127	Nd	En cours	0,81	0,076	3,178	0,548
St19	M	1,939	0,471	En cours	0,77	0,067	3,258	0,612
St19	F	2,329	0,437	En cours	1,65	0,247	4,578	0,792
St20	S	1,961	Nd	En cours	0,65	0,072	3,048	0,462
St20	M	2,225	0,356	En cours	0,69	0,081	3,138	0,455
St20	F	2,695	0,523	En cours	1,45	0,088	4,302	0,665
St21	S	3,020	0,300	En cours	0,54	0,077	3,922	0,392
St21	M	2,296	0,195	En cours	0,69	0,11	3,978	0,382
St21	F	2,478	0,248	En cours	0,55	0,081	3,945	0,368

ANNEXE 5

CONCENTRATIONS DE LA CHLOROPHYLLE A ET DES PHEOPIGMENTS

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

Station	Niveau	Chlorophylle a (µg/l)	Phéopigment (µg/l)
St02	S	0,25	0,05
St02	M	0,33	Nd
St02	F	0,56	Nd
St03	S	0,12	0,15
St03	M	0,24	0,10
St03	F	0,32	0,16
St05	S	0,76	Nd
St05	M	0,31	0,04
St05	F	0,48	Nd
St06	S	1,28	Nd
St06	M	Nd	0,37
St06	F	0,17	0,15
St07	S	0,54	Nd
St07	M	0,28	0,03
St07	F	Nd	0,80
St09	S	0,35	Nd
St09	M	0,36	Nd
St09	F	0,35	Nd
St13	S	Nd	0,21
St13	M	0,30	0,12
St13	F	Nd	0,41
St14	S	0,44	0,11
St14	M	0,36	0,06
St14	F	0,40	0,03
St15	S	0,38	0,03
St15	M	0,50	0,13
St15	F	0,40	Nd
St16	S	0,16	0,11
St16	M	0,47	Nd
St16	F	0,07	0,16
St18	S	0,48	Nd
St18	M	1,14	Nd
St18	F	2,50	Nd
St19	S	0,46	Nd
St19	M	Nd	0,25
St19	F	0,53	0,05
St20	S	0,10	0,17
St20	M	0,55	Nd
St20	F	1,00	Nd
St21	S	0,30	Nd
St21	M	0,21	0,05
St21	F	0,40	Nd

ANNEXE 6

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

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

Station	Niveau	As ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Co ($\mu\text{g/L}$)	Cr(VI) ($\mu\text{g/L}$)	Cr tot ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Fe ($\mu\text{g/L}$)	Mn ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Zn ($\mu\text{g/L}$)
St02	S	1,39	<LQ	<LQ	0,104	0,317	0,178	0,041	0,049	0,099	<LQ	0,967
St02	M	1,38	<LQ	<LQ	0,123	0,136	0,017	0,023	0,044	0,060	<LQ	0,945
St02	F	1,40	<LQ	<LQ	0,121	0,131	0,028	0,027	0,042	0,081	<LQ	0,821
St03	S	0,88	<LQ	0,133	1,111	1,244	0,092	0,043	0,722	2,526	<LQ	0,381
St03	M	1,42	<LQ	<LQ	0,163	0,169	0,017	0,016	0,066	0,155	<LQ	0,158
St03	F	1,34	<LQ	0,029	0,138	0,159	0,023	0,015	0,209	0,219	<LQ	0,121
St05	S	1,43	<LQ	<LQ	0,121	0,123	0,034	0,042	0,056	0,087	<LQ	0,550
St05	M	1,34	<LQ	<LQ	0,124	0,114	0,023	0,068	0,045	0,088	<LQ	0,440
St05	F	1,33	<LQ	<LQ	0,126	0,310	0,023	0,225	0,043	0,107	<LQ	0,514
St06	S	0,74	<LQ	0,154	1,401	1,604	0,024	0,067	1,606	2,991	<LQ	0,392
St06	M	1,35	<LQ	<LQ	0,174	0,184	0,020	0,035	0,107	0,152	<LQ	0,123
St06	F	1,25	<LQ	0,029	0,167	0,211	0,023	0,118	0,285	0,286	<LQ	0,250
St07	S	1,43	<LQ	<LQ	0,129	0,269	0,101	0,018	0,053	0,133	<LQ	0,472
St07	M	1,42	<LQ	<LQ	0,127	0,129	0,065	0,022	0,042	0,106	<LQ	0,215
St07	F	1,35	<LQ	<LQ	0,125	0,133	0,084	0,023	0,064	0,128	<LQ	0,726
St09	S	1,32	<LQ	<LQ	0,097	0,174	0,087	0,021	0,059	0,075	<LQ	0,541
St09	M	1,36	<LQ	<LQ	0,120	0,129	0,040	0,035	0,040	0,091	<LQ	0,439
St09	F	1,37	<LQ	<LQ	0,122	0,127	0,055	0,060	0,034	0,128	<LQ	0,637
St13	S	1,32	<LQ	0,012	0,253	0,313	0,127	0,044	0,072	0,195	<LQ	0,257
St13	M	1,30	<LQ	<LQ	0,247	0,258	0,011	0,026	0,079	0,202	<LQ	0,146
St13	F	1,26	<LQ	0,016	0,243	0,260	0,028	0,029	0,114	0,250	<LQ	0,129
St14	S	1,30	<LQ	0,046	0,175	0,200	0,320	0,068	0,148	0,305	<LQ	1,017
St14	M	1,31	<LQ	<LQ	0,147	0,134	0,013	0,029	0,093	0,160	<LQ	0,503
St14	F	1,25	<LQ	<LQ	0,147	0,151	0,022	0,062	0,108	0,171	<LQ	0,446
St15	S	1,01	<LQ	0,054	0,686	0,667	0,119	0,065	0,435	0,798	<LQ	0,508
St15	M	1,28	<LQ	<LQ	0,298	0,327	<LQ	0,050	0,015	0,089	<LQ	0,052
St15	F	1,29	<LQ	0,017	0,258	0,310	0,028	0,056	0,172	0,299	<LQ	0,253
St16	S	1,09	<LQ	0,036	0,907	0,762	0,054	0,062	0,176	0,529	<LQ	0,115
St16	M	1,27	<LQ	0,019	0,324	0,341	0,020	0,053	0,051	0,208	<LQ	0,035
St16	F	1,30	<LQ	0,013	0,279	0,308	0,036	0,066	0,128	0,274	<LQ	0,066
St18	S	1,06	<LQ	0,032	0,727	0,739	0,059	0,052	0,147	0,646	<LQ	0,191
St18	M	1,29	<LQ	0,022	0,302	0,460	0,020	0,052	0,107	0,329	<LQ	0,180
St18	F	1,26	<LQ	0,019	0,246	0,263	0,063	0,066	0,143	0,319	<LQ	0,185
St19	S	1,10	<LQ	0,054	0,635	1,175	0,066	0,682	0,386	1,635	<LQ	0,884
St19	M	1,26	<LQ	0,015	0,281	1,010	<LQ	0,059	0,074	0,260	<LQ	0,073
St19	F	1,28	<LQ	0,010	0,262	1,333	<LQ	0,057	0,046	0,145	<LQ	0,040

Station	Niveau	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cr tot (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St20	S	1,14	<LQ	0,029	0,411	0,433	0,092	0,014	0,161	0,348	<LQ	0,212
St20	M	1,22	<LQ	0,034	0,280	0,275	0,044	0,044	0,237	0,498	<LQ	0,096
St20	F	1,31	<LQ	0,022	0,287	0,737	0,022	0,017	0,116	0,270	<LQ	0,144
St21	S	1,35	<LQ	Nd	0,140	0,357	0,082	Nd	Nd	Nd	<LQ	0,556
St21	M	1,35	<LQ	<LQ	0,127	0,496	0,051	0,030	0,042	0,097	<LQ	0,133
St21	F	1,29	<LQ	<LQ	0,171	0,452	0,033	0,028	0,064	0,115	<LQ	0,235

ANNEXE 7**CONCENTRATIONS DE CHROME TOTAL DANS LA COLONNE D'EAU**

Concentrations de chrome total ($\mu\text{g/L}$) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors des campagnes semestrielle d'août 2012 et de mars 2013.

Station	Niveau	Août 2012 ($\mu\text{g/L}$)	Mars 2013 ($\mu\text{g/L}$)
St02	S	0,118	0,118
St02	M	0,339	0,121
St02	F	0,218	0,111
St03	S	0,270	0,244
St03	M	0,162	0,103
St03	F	0,149	0,119
St05	S	0,142	0,182
St05	M	0,148	0,114
St05	F	0,147	0,099
St06	S	0,192	0,425
St06	M	0,149	0,147
St06	F	0,158	0,141
St07	S	0,212	0,157
St07	M	0,338	0,175
St07	F	0,173	0,113
St09	S	0,199	0,236
St09	M	0,174	0,255
St09	F	0,173	0,141
St13	S	0,203	0,168
St13	M	0,193	0,168
St13	F	0,193	0,119
St14	S	0,149	0,166
St14	M	0,215	0,116
St14	F	0,126	0,130
St15	S	0,187	0,414
St15	M	0,169	0,154
St15	F	0,172	0,165
St16	S	0,272	0,195
St16	M	0,147	0,142
St16	F	0,133	0,144
St18	S	0,205	0,322
St18	M	0,168	0,146
St18	F	0,158	0,169
St19	S	0,161	0,247
St19	M	0,145	0,143
St19	F	0,147	0,143

Station	Niveau	Août 2012 (µg/L)	Mars 2013 (µg/L)
St20	S	0,134	0,128
St20	M	0,140	0,122
St20	F	0,152	0,124
St21	S	0,135	0,134
St21	M	0,122	0,097
St21	F	0,112	0,123

ANNEXE 8

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DES CAMPAGNES « SAISON FRAICHE » DE 2008 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de nitrates + nitrites (NO₃+NO₂), ammonium (NH₄), phosphates (PO₄) et silicates (SiO₄) mesurées dans la zone d'étude depuis 2008 lors des campagnes semestrielles de « saison fraiche » (Nd = Valeurs non disponibles ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

		NO ₃ +NO ₂ (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	<LQ	<LQ	0,038	<LQ	0,025	0,084
	Maximum	0,106	0,397	0,274	0,685	0,160	1,426
	Moyenne	0,065 ± 0,025	0,148 ± 0,121	0,143 ± 0,071	0,164 ± 0,164	0,088 ± 0,045	0,511 ± 0,328
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,040	0,051	0,033	0,054	0,103
	Maximum	0,106	0,367	0,274	0,685	0,160	1,143
	Moyenne	0,141 ± 0,025	0,220 ± 0,101	0,171 ± 0,074	0,203 ± 0,202	0,097 ± 0,046	0,516 ± 0,337
Baie du Prony	Minimum	0,055	<LQ	0,038	<LQ	Nd	0,084
	Maximum	0,102	0,176	0,142	0,168	Nd	0,748
	Moyenne	0,077 ± 0,016	0,043 ± 0,048	0,079 ± 0,042	0,065 ± 0,056	0,053 (n=1)	0,358 ± 0,191

		NH ₄ (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,019	0,017	0,014	0,015	0,013
	Maximum	0,098	0,148	0,240	0,263	0,149	0,589
	Moyenne	0,025 ± 0,018	0,062 ± 0,033	0,068 ± 0,049	0,084 ± 0,062	0,044 ± 0,032	0,166 ± 0,112
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,019	0,030	0,041	0,017	0,073
	Maximum	0,070	0,127	0,240	0,247	0,126	0,589
	Moyenne	0,024 ± 0,012	0,051 ± 0,033	0,080 ± 0,060	0,086 ± 0,057	0,053 ± 0,030	0,168 ± 0,128
Baie du Prony	Minimum	0,006	0,027	0,017	0,014	0,015	0,013
	Maximum	0,098	0,148	0,121	0,172	0,149	0,408
	Moyenne	0,019 ± 0,025	0,058 ± 0,036	0,048 ± 0,036	0,057 ± 0,054	0,034 ± 0,038	0,203 ± 0,139

		PO ₄ (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,010	0,010	Nd	0,011	0,012	0,012
	Maximum	0,084	0,117	Nd	0,203	0,049	0,176
	Moyenne	0,037 ± 0,019	0,047 ± 0,022	Nd	0,057 ± 0,036	0,028 ± 0,011	0,062 ± 0,034
Canal de la Havannah	Minimum	0,013	0,023	Nd	0,011	0,012	0,015
	Maximum	0,084	0,084	Nd	0,063	0,038	0,103
	Moyenne	0,045 ± 0,020	0,056 ± 0,015	Nd	0,040 ± 0,019	0,024 ± 0,009	0,056 ± 0,026
Baie du Prony	Minimum	0,010	0,010	Nd	0,015	0,013	0,012
	Maximum	0,039	0,086	Nd	0,203	0,040	0,176
	Moyenne	0,023 ± 0,008	0,031 ± 0,021	Nd	0,084 ± 0,047	0,027 (n=2)	0,074 ± 0,049

		SiO ₄ (μmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,80	0,92	0,45	<LQ	1,14	1,07
	Maximum	3,02	4,31	3,15	4,34	3,07	10,79
	Moyenne	1,36 ± 0,48	1,98 ± 0,88	1,26 ± 0,68	0,95 ± 0,90	1,74 ± 0,52	2,56 ± 1,82
Canal de la Havannah	Minimum	0,80	0,92	0,45	<LQ	1,14	1,07
	Maximum	2,40	1,76	2,48	0,70	1,50	1,77
	Moyenne	1,18 ± 0,29	1,32 ± 0,31	1,25 ± 0,72	0,20 ± 0,26	1,31 ± 0,11	1,35 ± 0,20
Baie du Prony	Minimum	1,23	1,89	0,75	0,39	1,80	2,31
	Maximum	3,02	4,31	3,15	2,65	3,07	5,89
	Moyenne	1,87 ± 0,59	2,88 ± 0,84	1,44 ± 0,81	1,22 ± 0,65	2,36 ± 0,43	3,47 ± 1,43

ANNEXE 9

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE DISSOUE ET PARTICULAIRE DES CAMPAGNES « SAISON FRAICHE » DE 2008 A 2013

Compilation des concentrations moyennes d'azote et phosphore organiques dissous (NOD et POD) et d'azote, phosphore et carbone organiques particuliers (NOP, POP et COP) mesurées dans la zone d'étude depuis 2008 lors des campagnes semestrielles de « saison fraiche » (Nd = Valeurs non disponibles ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

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

		NOD (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	2,55	1,56	4,51	2,26	2,01	0,86
	Maximum	4,85	4,59	7,44	6,87	4,7	4,22
	Moyenne	3,97 ± 0,43	3,40 ± 0,65	6,03 ± 0,81	4,06 ± 0,79	3,44 ± 0,63	2,05 ± 0,61
Canal de la Havanah	Minimum	2,55	1,56	4,54	2,26	2,73	1,21
	Maximum	4,85	4,59	7,43	4,76	4,45	3,02
	Moyenne	3,94 ± 0,49	3,09 ± 0,85	5,88 ± 0,92	3,73 ± 0,76	3,42 ± 0,50	2,02 ± 0,54
Baie du Prony	Minimum	3,59	2,45	4,51	3,11	2,45	1,55
	Maximum	4,08	4,25	7,16	4,57	4,48	4,22
	Moyenne	3,86 ± 0,16	3,50 ± 0,49	5,79 ± 0,68	3,72 ± 0,49	3,47 ± 0,57	2,21 ± 0,72

		POD (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,11	0,23	Nd	0,01	0,01	0,04
	Maximum	0,32	0,90	Nd	0,23	0,24	0,71
	Moyenne	0,19 ± 0,04	0,59 ± 0,15	Nd	0,09 ± 0,06	0,15 ± 0,05	0,28 ± 0,14
Canal de la Havanah	Minimum	0,11	0,23	Nd	0,01	0,05	0,07
	Maximum	0,32	0,84	Nd	0,20	0,21	0,36
	Moyenne	0,18 ± 0,04	0,51 ± 0,16	Nd	0,08 ± 0,07	0,16 ± 0,04	0,19 ± 0,09
Baie du Prony	Minimum	0,16	0,53	Nd	0,05	0,11	0,27
	Maximum	0,28	0,90	Nd	0,16	0,24	0,71
	Moyenne	0,20 ± 0,03	0,68 ± 0,10	Nd	0,10 ± 0,04	0,18 ± 0,04	0,43 ± 0,12

		NOP (µmol/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,34	0,11	0,05	0,36	0,57	0,48
	Maximum	1,32	4,58	0,60	1,25	1,30	1,85
	Moyenne	0,73 ± 0,19	0,93 ± 0,89	0,28 ± 0,11	0,69 ± 0,21	0,87 ± 0,21	0,87 ± 0,37
Canal de la Havanah	Minimum	0,34	0,39	0,14	0,37	0,61	0,48
	Maximum	1,32	3,28	0,51	1,21	1,27	1,17
	Moyenne	0,70 ± 0,21	1,33 ± 0,91	0,27 ± 0,11	0,61 ± 0,22	0,95 ± 0,21	0,70 ± 0,21
Baie du Prony	Minimum	0,70	0,11	0,19	0,36	0,69	0,77
	Maximum	1,12	1,72	0,60	0,90	1,27	1,83
	Moyenne	0,85 ± 0,10	0,66 ± 0,42	0,30 ± 0,12	0,65 ± 0,16	0,86 ± 0,17	1,14 ± 0,39

		POP ($\mu\text{mol/L}$)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,03	0,03	0,08	0,01	0,04	0,06
	Maximum	0,11	0,34	0,16	0,07	0,20	0,25
	Moyenne	0,08 \pm 0,02	0,06 \pm 0,05	0,10 \pm 0,02	0,04 \pm 0,01	0,07 \pm 0,03	0,10 \pm 0,04
Canal de la Havanah	Minimum	0,03	0,04	0,09	0,01	0,04	0,06
	Maximum	0,10	0,34	0,16	0,07	0,20	0,14
	Moyenne	0,07 \pm 0,02	0,09 \pm 0,07	0,10 \pm 0,02	0,03 \pm 0,02	0,07 \pm 0,04	0,08 \pm 0,02
Baie du Prony	Minimum	0,07	0,05	0,09	0,02	0,05	0,07
	Maximum	0,11	0,09	0,12	0,06	0,16	0,25
	Moyenne	0,09 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,07 \pm 0,03	0,11 \pm 0,05

		COP ($\mu\text{mol/L}$)				
		2008	2009	2010	2011	2013
Domaine entier	Minimum	49	5	4	8	5
	Maximum	197	22	16	55	228
	Moyenne	90 \pm 29	7 \pm 3	7 \pm 2	14 \pm 7	27 \pm 45
Canal de la Havanah	Minimum	52	5	5	8	5
	Maximum	161	22	16	55	68
	Moyenne	90 \pm 26	10 \pm 4	7 \pm 3	14 \pm 11	15 \pm 18
Baie du Prony	Minimum	49	5	4	9	7
	Maximum	117	12	11	15	174
	Moyenne	82 \pm 22	7 \pm 2	7 \pm 2	12 \pm 2	31 \pm 52

ANNEXE 10

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DES CAMPAGNES « SAISON FRAICHE » DE 2008 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone d'étude depuis 2008 lors des campagnes semestrielles de « saison fraiche » (Nd = Valeurs non disponibles ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

		Chlorophylle <i>a</i> (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,09	0,15	0,40	0,01	0,17	0,07
	Maximum	0,98	0,90	2,55	0,75	1,28	2,50
	Moyenne	0,43 ± 0,13	0,33 ± 0,13	0,92 ± 0,37	0,40 ± 0,18	0,44 ± 0,18	0,48 ± 0,43
Canal de la Havannah	Minimum	0,09	0,15	0,59	0,10	0,17	0,21
	Maximum	0,98	0,43	2,55	0,73	0,6	0,76
	Moyenne	0,44 ± 0,15	0,32 ± 0,09	1,03 ± 0,48	0,40 ± 0,18	0,44 ± 0,11	0,39 ± 0,15
Baie du Prony	Minimum	0,16	0,16	0,59	0,01	0,20	0,07
	Maximum	0,57	0,90	1,09	0,63	1,28	2,50
	Moyenne	0,39 ± 0,11	0,35 ± 0,19	0,76 ± 0,14	0,35 ± 0,19	0,45 ± 0,29	0,64 ± 0,67

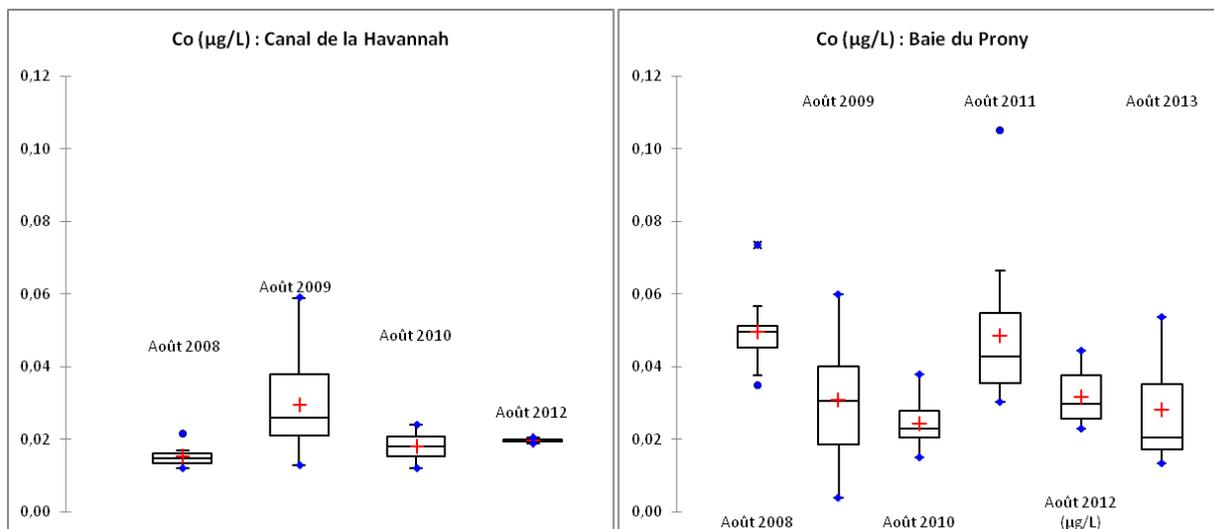
		Phéopigments (µg/L)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,05	0,04	0,19	<LQ	0,01	0,03
	Maximum	0,47	0,40	1,35	0,19	0,61	0,80
	Moyenne	0,17 ± 0,07	0,15 ± 0,07	0,42 ± 0,20	0,10 ± 0,05	0,08 ± 0,09	0,16 ± 0,17
Canal de la Havannah	Minimum	0,11	0,08	0,22	0,03	0,02	0,03
	Maximum	0,47	0,36	1,35	0,19	0,61	0,80
	Moyenne	0,18 ± 0,07	0,17 ± 0,06	0,49 ± 0,26	0,11 ± 0,05	0,11 ± 0,14	0,20 ± 0,34
Baie du Prony	Minimum	0,05	0,04	0,19	<LQ	0,01	0,03
	Maximum	0,23	0,40	0,57	0,16	0,10	0,25
	Moyenne	0,13 ± 0,04	0,14 ± 0,10	0,31 ± 0,11	0,07 ± 0,04	0,06 ± 0,03	0,12 ± 0,08

ANNEXE 11

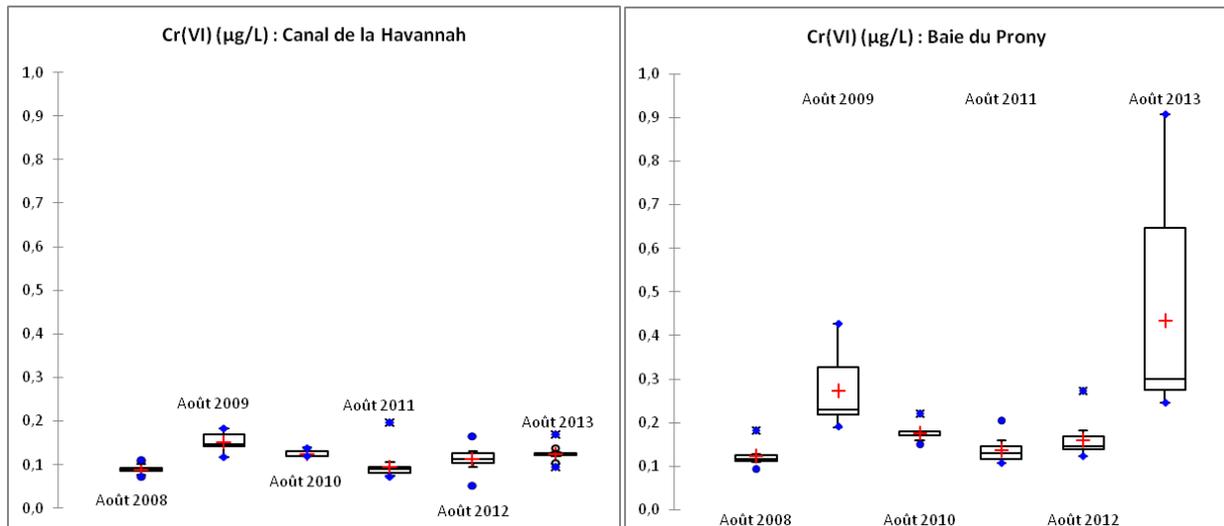
COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE METAUX DISSOUS DES CAMPAGNES « SAISON FRAICHE » DE 2008 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de cobalt (Co), chrome hexavalent (Cr(VI)), chrome total (Crtot), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) mesurées dans la zone d'étude depuis 2008 lors des campagnes semestrielles de « saison fraiche » (Nd = Valeurs non disponibles ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

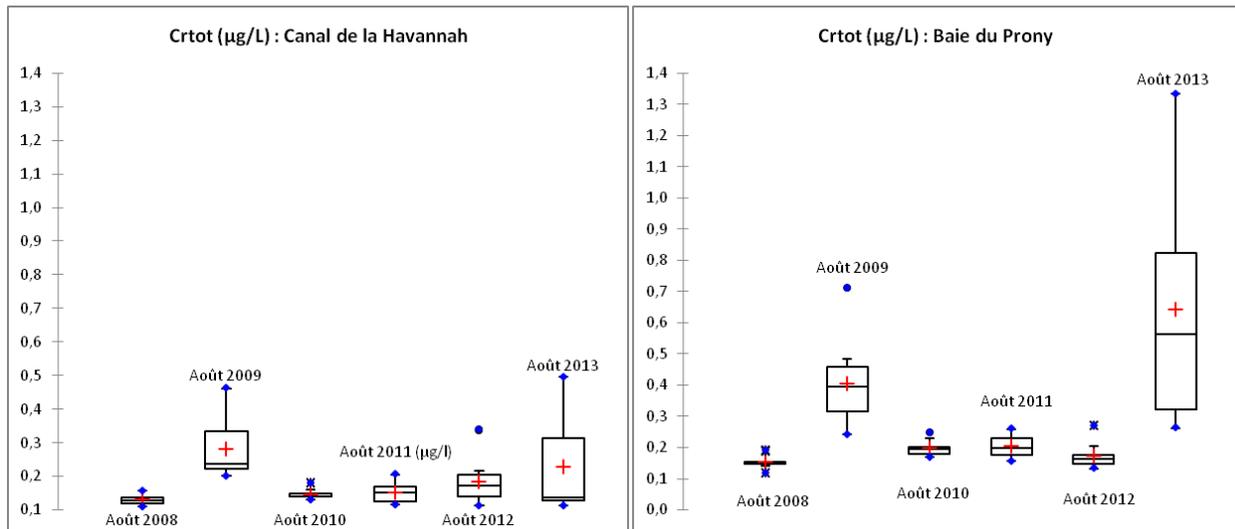
		Co (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,012	<LQ	0,012	0,012	0,017	<LQ
	Maximum	0,073	0,132	0,096	0,142	0,045	0,154
	Moyenne	0,027 ± 0,015	0,032 ± 0,024	0,029 ± 0,017	0,049 ± 0,034	0,029 ± 0,010	0,038 ± 0,037
Canala de la Havannah	Minimum	0,012	0,013	0,012	<LQ	0,019	<LQ
	Maximum	0,029	0,059	0,024	<LQ	0,020	<LQ
	Moyenne	0,018 ± 0,004	0,031 ± 0,017	0,018 ± 0,004	<LQ	0,020 ± 0,001	<LQ
Baie du Prony	Minimum	0,032	0,004	0,015	0,030	0,023	<LQ
	Maximum	0,073	0,060	0,038	0,105	0,044	0,054
	Moyenne	0,046 ± 0,012	0,031 ± 0,017	0,024 ± 0,006	0,049 ± 0,021	0,032 ± 0,008	0,026 ± 0,015



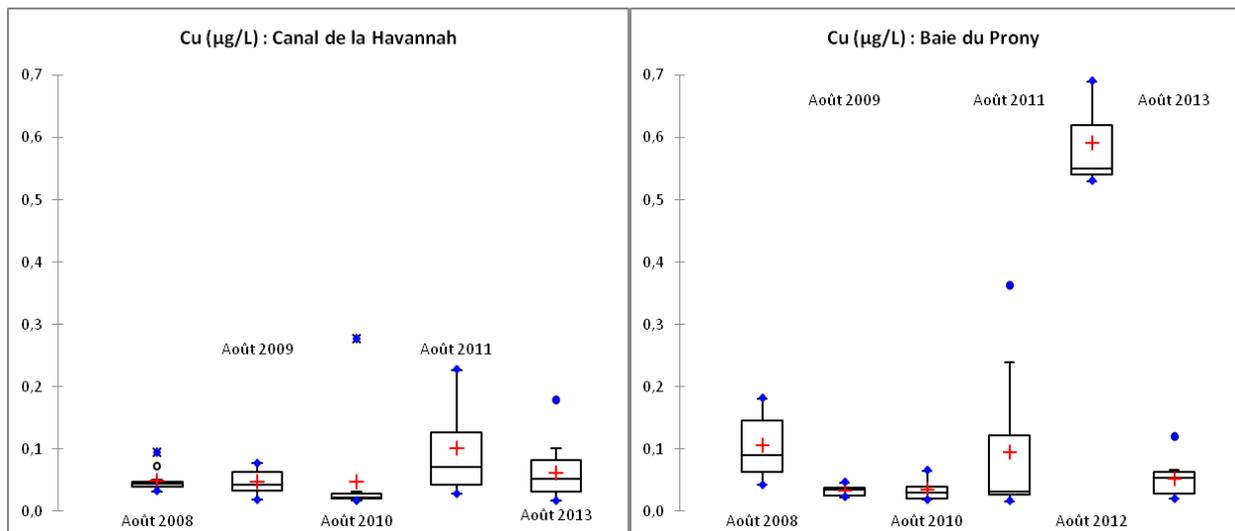
		Cr (VI) (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,07	0,12	0,11	0,07	0,05	0,10
	Maximum	0,18	0,43	0,22	0,24	0,27	1,40
	Moyenne	0,10 ± 0,02	0,20 ± 0,07	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,30 ± 0,28
Canal de la Havannah	Minimum	0,07	0,12	0,12	0,07	0,05	0,10
	Maximum	0,11	0,18	0,14	0,11	0,17	0,17
	Moyenne	0,09 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,13 ± 0,02
Baie du Prony	Minimum	0,09	0,19	0,15	0,11	0,12	0,25
	Maximum	0,18	0,43	0,22	0,21	0,27	0,91
	Moyenne	0,12 ± 0,02	0,27 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,05	0,43 ± 0,23



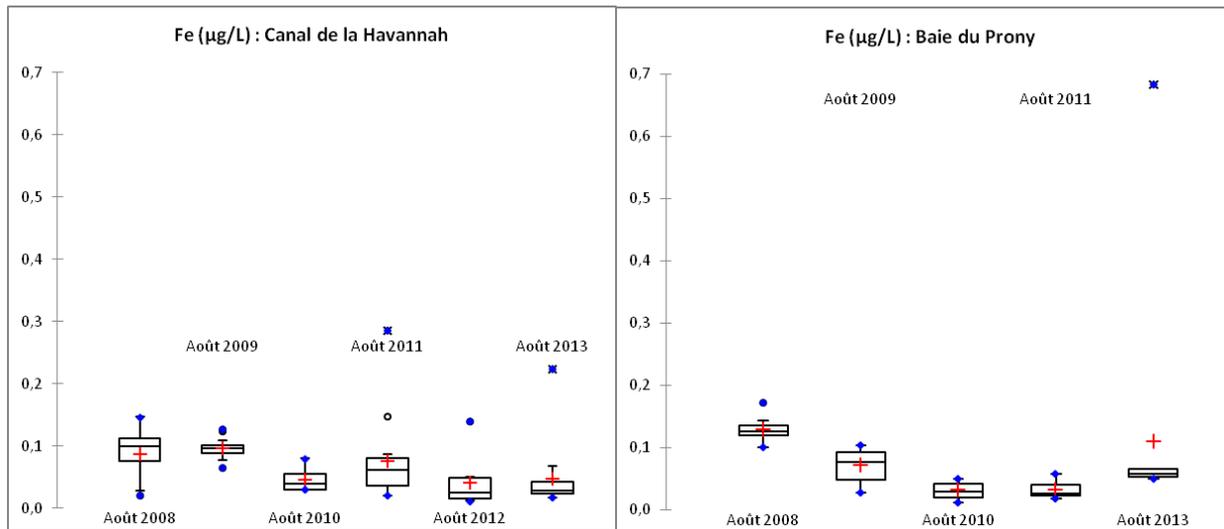
		Cr (total) (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,10	0,18	0,13	0,12	0,11	0,11
	Maximum	0,24	0,71	0,25	0,30	0,34	1,60
	Moyenne	0,14 ± 0,03	0,32 ± 0,10	0,16 ± 0,03	0,18 ± 0,05	0,18 ± 0,05	0,41 ± 0,37
Canal de la Havannah	Minimum	0,10	0,20	0,13	0,12	0,11	0,11
	Maximum	0,24	0,46	0,18	0,21	0,34	0,50
	Moyenne	0,13 ± 0,02	0,29 ± 0,09	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,18 ± 0,07	0,23 ± 0,13
Baie du Prony	Minimum	0,12	0,24	0,17	0,16	0,13	0,26
	Maximum	0,19	0,71	0,25	0,26	0,27	1,33
	Moyenne	0,15 ± 0,02	0,40 ± 0,12	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,03	0,17 ± 0,04	0,64 ± 0,37



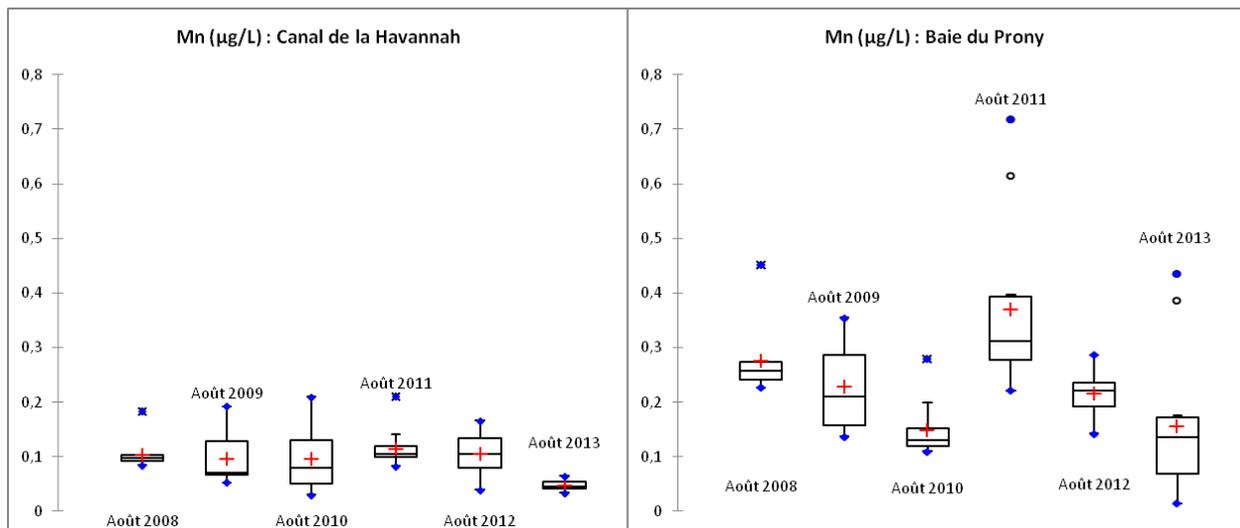
		Cu (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,03	0,01	0,02	0,02	0,25	<LQ
	Maximum	0,18	0,08	0,28	1,21	0,69	0,32
	Moyenne	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,04	0,14 ± 0,23	0,46 ± 0,19	0,06 ± 0,06
Canala de la Havannah	Minimum	0,03	0,01	0,02	0,03	Nd	0,017
	Maximum	0,13	0,08	0,28	0,23	Nd	0,178
	Moyenne	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,08	0,10 ± 0,07	Nd	0,06 ± 0,04
Baie du Prony	Minimum	0,03	0,01	0,02	0,02	0,53	<LQ
	Maximum	0,18	0,05	0,07	0,36	0,69	0,119
	Moyenne	0,09 ± 0,05	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,09 ± 0,12	0,59 ± 0,09	0,05 ± 0,03



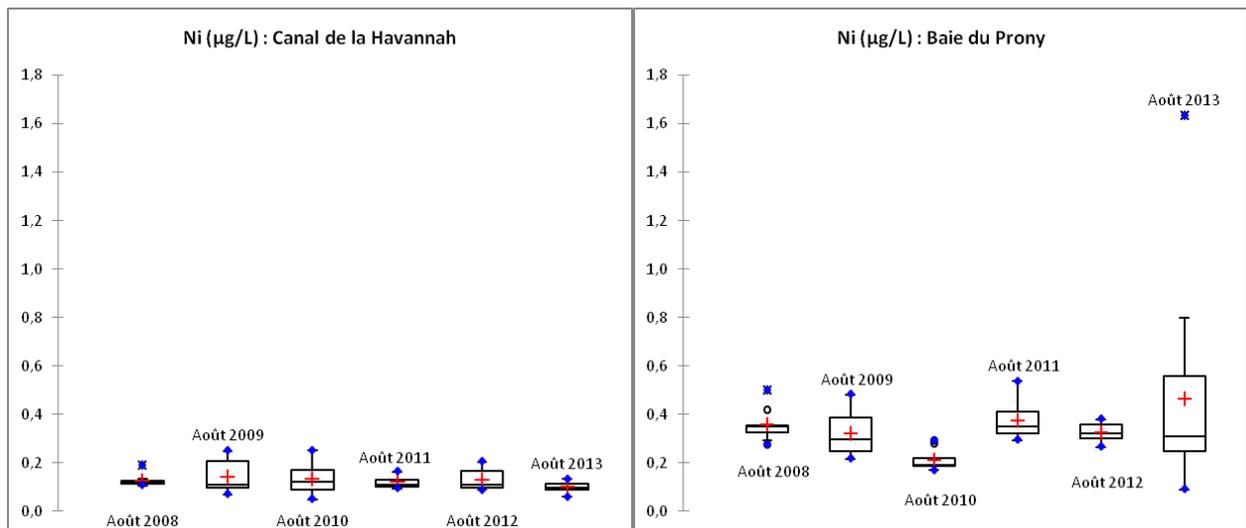
		Fe (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,01	0,03	0,01	0,02	0,012	0,014
	Maximum	0,39	0,26	0,13	0,37	0,140	0,682
	Moyenne	0,10 ± 0,08	0,11 ± 0,05	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,07	0,04 ± 0,03	0,06 ± 0,11
Canal de la Havannah	Minimum	0,01	0,07	0,03	0,02	0,012	0,018
	Maximum	0,15	0,13	0,08	0,29	0,140	0,225
	Moyenne	0,06 ± 0,04	0,10 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,08 ± 0,07	0,04 ± 0,04	0,05 ± 0,05
Baie du Prony	Minimum	0,10	0,03	0,01	0,02	Nd	0,050
	Maximum	0,17	0,10	0,05	0,06	Nd	0,682
	Moyenne	0,13 ± 0,02	0,07 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	Nd	0,11 ± 0,18



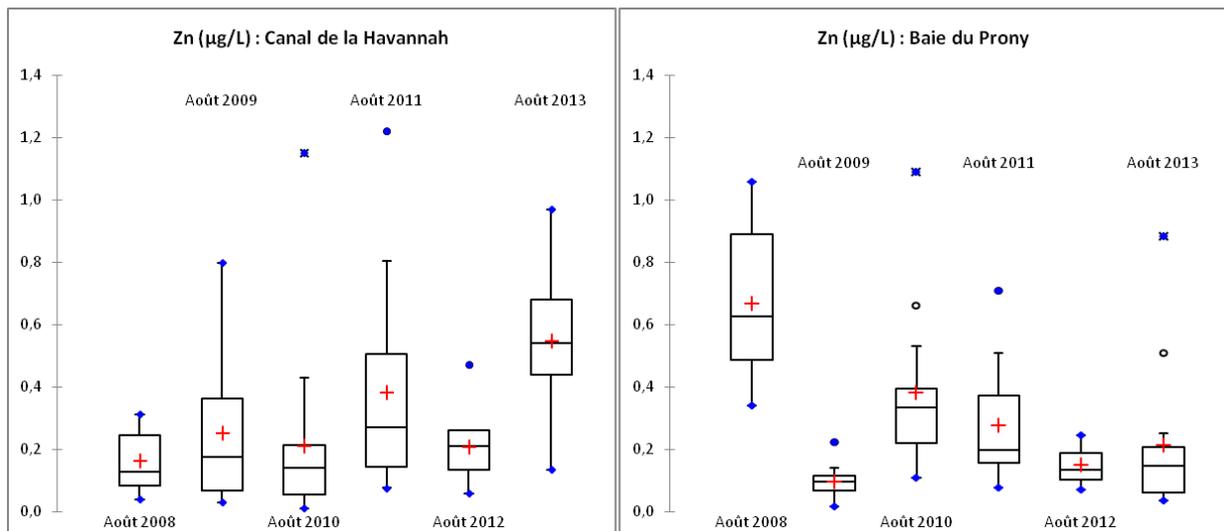
		Mn (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,08	0,05	0,03	0,08	0,04	0,02
	Maximum	0,51	0,47	0,69	1,43	0,37	1,61
	Moyenne	0,17 ± 0,10	0,17 ± 0,10	0,18 ± 0,13	0,28 ± 0,24	0,17 ± 0,08	0,16 ± 0,27
Canal de la Havannah	Minimum	0,08	0,05	0,03	0,08	0,04	0,03
	Maximum	0,18	0,19	0,21	0,21	0,17	0,06
	Moyenne	0,12 ± 0,03	0,10 ± 0,05	0,10 ± 0,06	0,11 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,05 ± 0,01
Baie du Prony	Minimum	0,20	0,14	0,11	0,22	0,14	0,02
	Maximum	0,45	0,36	0,28	0,72	0,29	0,44
	Moyenne	0,26 ± 0,06	0,23 ± 0,08	0,15 ± 0,05	0,37 ± 0,15	0,22 ± 0,05	0,16 ± 0,13



		Ni (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	0,11	0,07	0,05	0,09	0,09	0,06
	Maximum	0,50	0,71	0,62	0,87	0,39	2,99
	Moyenne	0,20 ± 0,10	0,23 ± 0,13	0,21 ± 0,11	0,27 ± 0,17	0,22 ± 0,10	0,38 ± 0,61
Canal de la Havannah	Minimum	0,11	0,07	0,05	0,09	0,09	0,06
	Maximum	0,20	0,25	0,25	0,16	0,20	0,13
	Moyenne	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,07	0,13 ± 0,06	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,04	0,10 ± 0,02
Baie du Prony	Minimum	0,26	0,22	0,17	0,29	0,27	0,09
	Maximum	0,50	0,48	0,29	0,54	0,38	1,64
	Moyenne	0,33 ± 0,07	0,32 ± 0,09	0,21 ± 0,04	0,37 ± 0,07	0,32 ± 0,04	0,46 ± 0,42

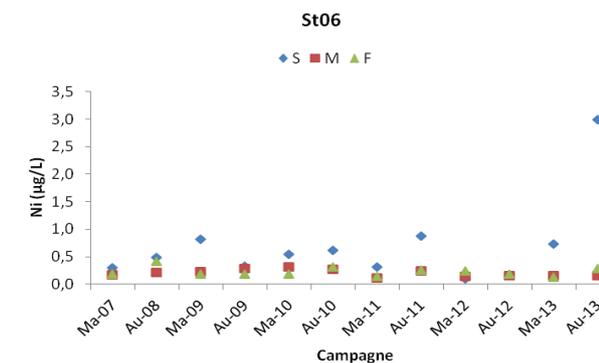
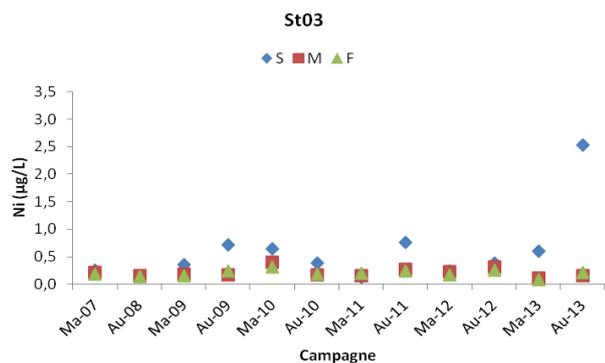
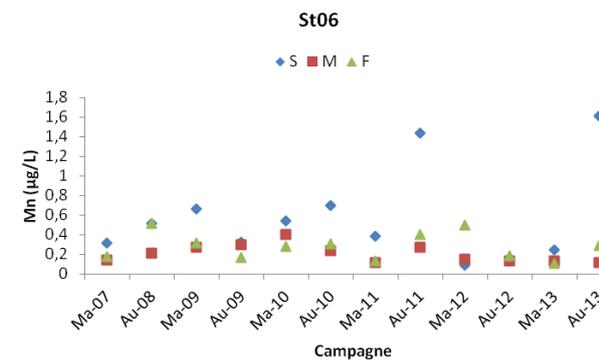
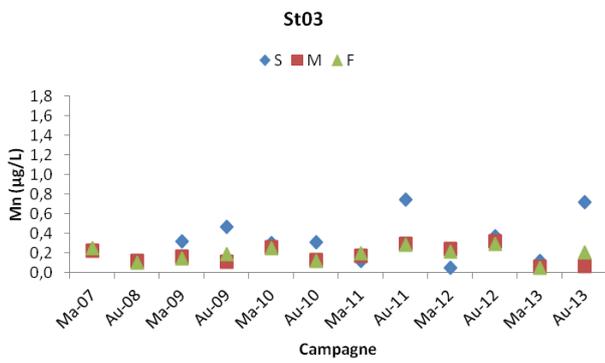
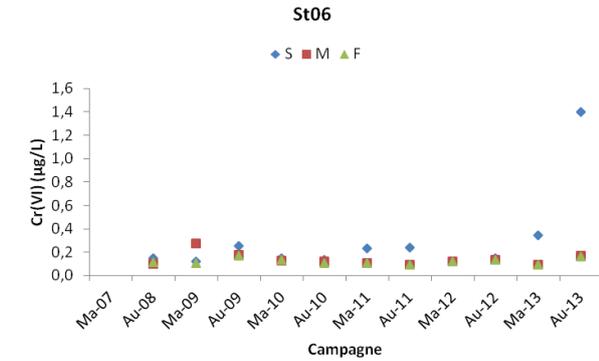
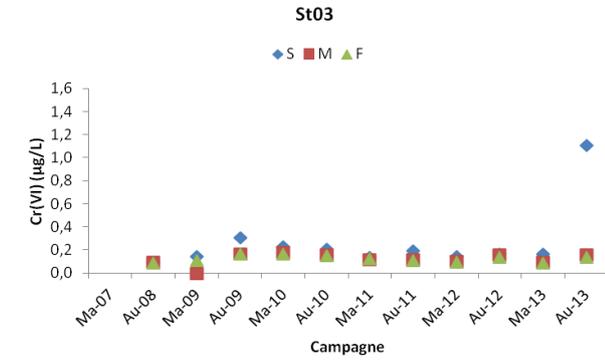
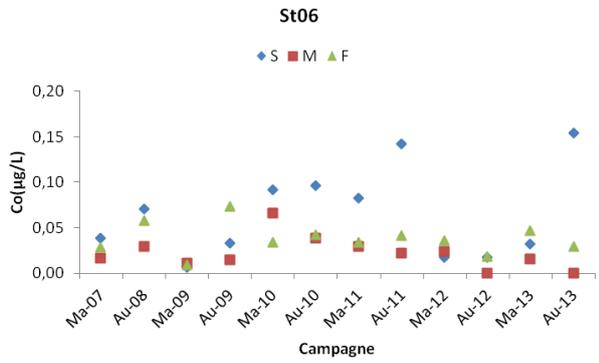
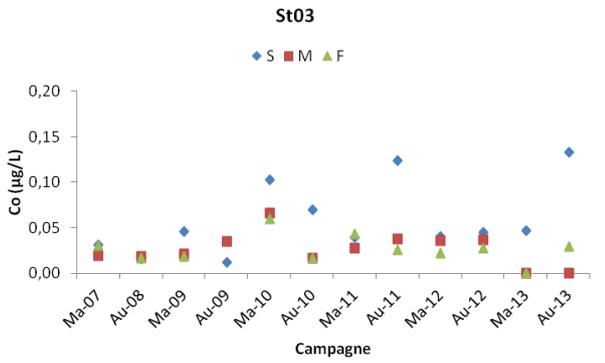


		Zn (µg/l)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,02	0,01	0,07	0,06	0,04
	Maximum	1,06	0,80	1,15	1,22	0,47	1,02
	Moyenne	0,26 ± 0,25	0,14 ± 0,16	0,23 ± 0,24	0,38 ± 0,28	0,22 ± 0,13	0,36 ± 0,279
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,03	0,01	0,08	0,06	0,13
	Maximum	0,31	0,80	1,15	1,22	0,47	0,97
	Moyenne	0,14 ± 0,09	0,27 ± 0,27	0,21 ± 0,28	0,38 ± 0,32	0,21 ± 0,13	0,55 ± 0,25
Baie du Prony	Minimum	0,23	0,02	0,11	0,08	0,07	0,04
	Maximum	1,06	0,22	1,09	0,71	0,24	0,88
	Moyenne	0,59 ± 0,27	0,10 ± 0,05	0,38 ± 0,27	0,28 ± 0,20	0,15 ± 0,09	0,215 ± 0,249



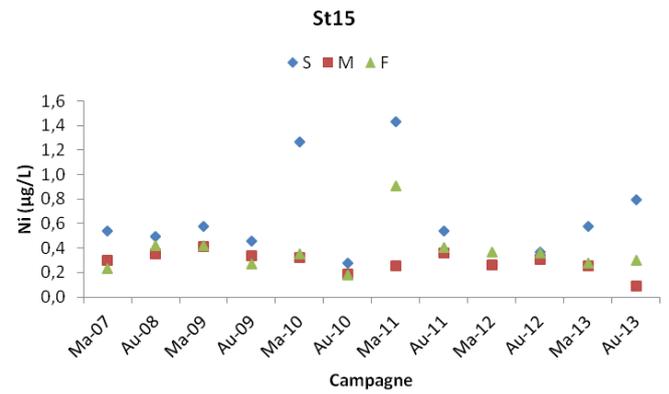
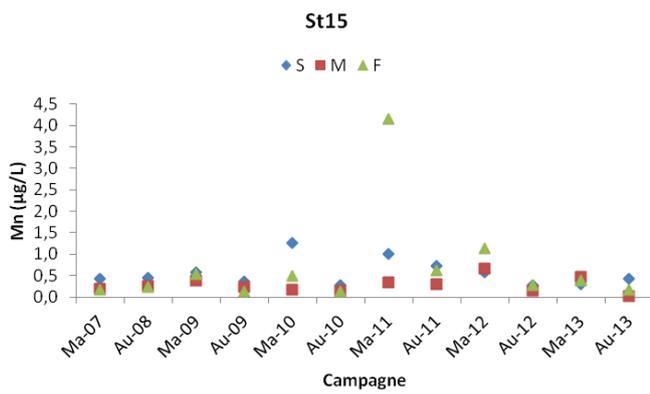
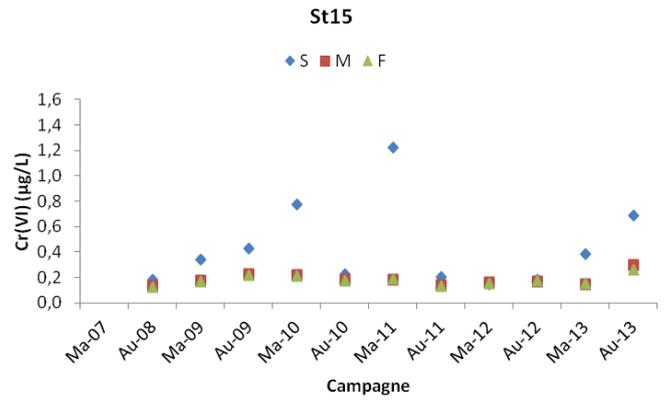
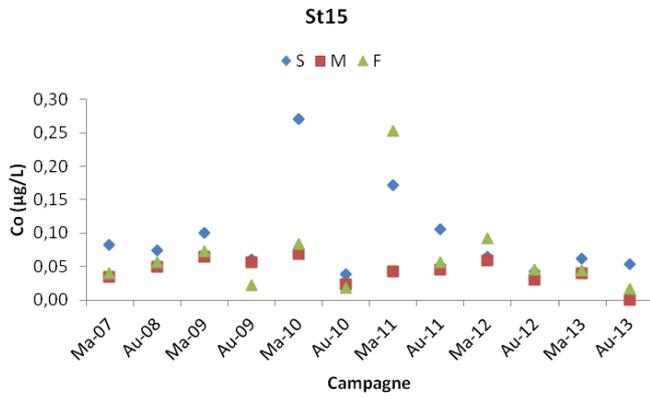
ANNEXE 12

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS (Co, Cr(VI), Mn, Ni) MESUREES AUX STATIONS DE PORT BOISE (St03) ET DE LA BAIE KWE (St06) DEPUIS 2007



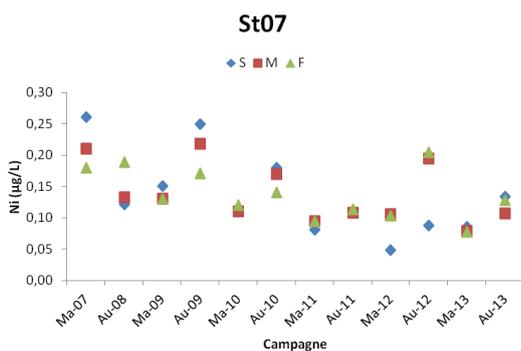
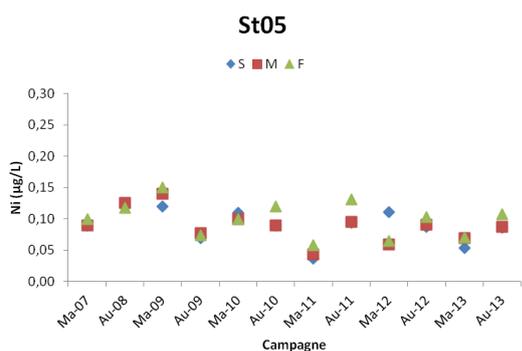
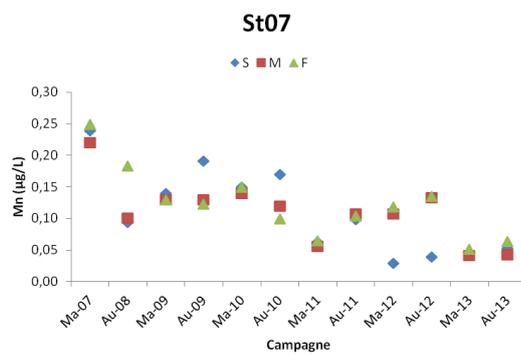
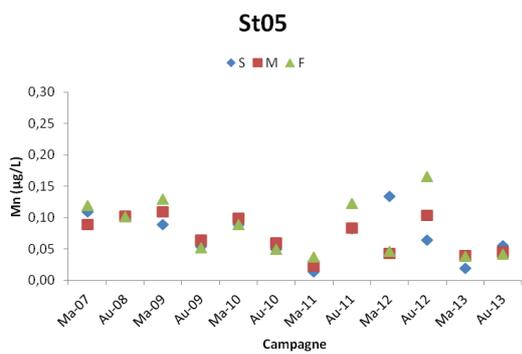
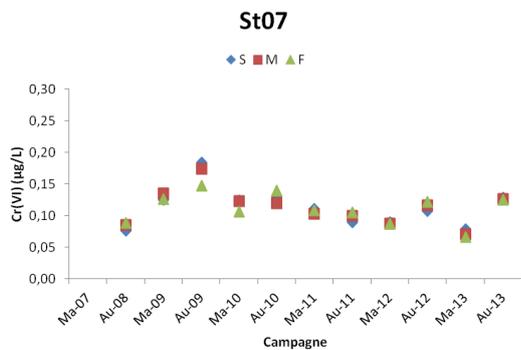
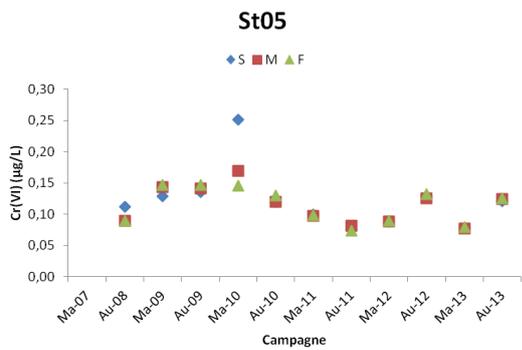
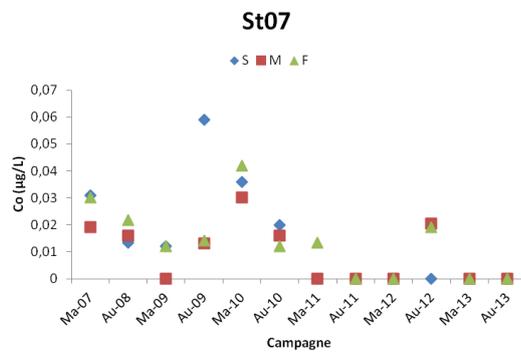
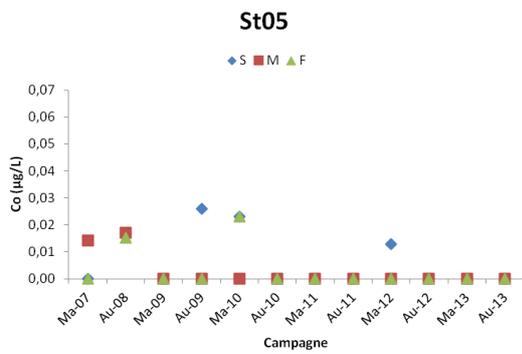
ANNEXE 13

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS (Co, Cr(VI), Mn, Ni) MESUREES A LA STATION DE PRONY CREEK BAIE NORD (St15)



ANNEXE 14

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS (Co, Cr(VI), Mn, Ni) MESUREES AUX STATIONS DE L'ÎLOT KIE (St05) ET RECIF IORO (St07)



ANNEXE 15

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS (Co, Cr(VI), Mn, Ni) MESUREES A LA STATION DU CANAL DE LA HAVANNAH (St09)

