



QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX (ST15 & ST16) CAMPAGNES
TRIMESTRIELLES DE 2014

SYNTHESE

Avril, mai, août et octobre 2014



AEL-LEA

21 janvier 2015

Photos de couverture AEL : Baie du Prony vue du port de Vale NC

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL-LEA

Convention n° T1368

QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX (ST15 & ST16)
Campagnes trimestrielles de 2014

Le Grand H.
Kaplan H.
Haddad L.
Pluchino S.
Achard R.
Raynal A.
Moreton B.
Fernandez JM.

Nombre de pages : 42

	N/Ref :	V/Ref :	
Identification	121205-VI-18	T1368	
Titre complet	Qualité physico-chimique des eaux (St15 & St16) : Campagnes trimestrielles de 2014 Synthèse avril, mai, août et novembre 2014.		
Auteurs	Le Grand H., Kaplan H., Haddad L., Pluchino S., Achard R., Raynal A., Moreton B., Fernandez JM.		
Résumé	Cette étude fait suite à une demande de définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et des niveaux de concentration des métaux dissous des eaux dans la zone sous influence portuaire et terrigène. Ce programme de surveillance du milieu marin est réalisé trimestriellement au niveau des stations St16 du port de commerce et de St15 de la rade de Nord (Baie du Prony). Le suivi a consisté en quatre campagnes de prélèvements d'eau (avril, mai, août et octobre) afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations en métaux dissous ainsi que les concentrations en hydrocarbures. Cette étude met en évidence l'influence des apports d'eaux douces sur la qualité physico-chimique des masses d'eaux et leurs concentrations en métaux dissous sur la station St15 (Prony Creek Baie Nord). La station St16 (Prony wharf) est nettement moins soumise à l'influence des apports terrigènes. L'étude des concentrations des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn, Ni et Cu mesurées depuis le début des campagnes trimestrielles n'a dégagé aucune tendance particulière au fil des années. L'évolution de ces concentrations, notamment à la station St15, est à relier aux phénomènes météorologiques naturels tels que les précipitations, la marée ou la force et direction du vent.		
APPROBATION			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Le Grand H		14/01/15
Vérificateur	Pousse C		14/01/15
Approbateur	Fernandez JM		21/01/15
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR		DATE
V1	Rapport final (St15+St16)		14/01/15
COPIE - DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement		

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	6
METHODOLOGIE	7
A. SITE D'ETUDE.....	7
B. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DES PRELEVEMENTS	8
C. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES	9
D. ECHANTILLONNAGE.....	10
E. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSES.....	10
RESULTATS	11
A. STRUCTURES DES MASSES D'EAU	11
B. ELEMENTS MAJEURS ET PH.....	16
C. MATIERES EN SUSPENSION	17
D. CARBONATES (STATION St16).....	18
E. HYDROCARBURES TOTAUX.....	19
F. DISTRIBUTION DES METAUX DISSOUS	19
1) Contrôle qualité de la méthode.....	19
2) Résultats d'analyse des métaux dissous	20
SYNTHESE	25
A. STATION St15.....	26
B. STATION St16.....	29
CONCLUSION	32
REFERENCES	33
LISTE DES FIGURES	35
LISTE DES TABLEAUX	37
LISTE DES ANNEXES	38

INTRODUCTION

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce suivi s'exerce, sans interruption, jusqu'à nos jours sur un total optimisé à 14 stations (13 ICPE + 1 Vale-NC). L'objectif consiste à suivre l'évolution de la qualité des eaux de mer. À cet effet, il est effectué des mesures et des prélèvements d'eau de mer afin de déterminer leurs principaux paramètres physico-chimiques et géochimiques.

Parmi ces 14 stations, deux stations font l'objet d'un suivi plus fréquent. Les stations St15 (Prony Creek Baie Nord) et St16 (zone portuaire de la Baie du Prony) sont échantillonnées trimestriellement afin de suivre l'évolution temporelle de la qualité physico-chimique, des niveaux de concentration des métaux dissous et des hydrocarbures de ces eaux.

Ce document présente :

- les résultats des campagnes de prélèvements des stations St15 et St16 réalisées en avril, mai, août et octobre 2014 ;
- une synthèse des résultats des concentrations en métaux dissous mesurées semestriellement entre 2008 et 2011 puis trimestriellement depuis octobre 2011 sur la station St15 et trimestriellement depuis août 2008 sur la station St16.

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

METHODOLOGIE

A. SITE D'ETUDE

Les échantillonnages de la colonne d'eau se sont déroulés lors des deux campagnes semestrielles, « saison humide » (1 avril 2014) et « saison sèche » (5 août 2014) ainsi que lors de deux campagnes trimestrielles qui ont eu lieu le 15 mai et le 23 octobre 2014.

Les opérations d'échantillonnage de la colonne d'eau concernent les stations St15 (166°52.590 E ; 22°20.037 S, profondeur 25 m) et St16 (166°53.365 E ; 22°21.210 S, profondeur 44 m) (Figure 1).



Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvements dans la colonne d'eau.

B. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DES PRELEVEMENTS

Les conditions météorologiques de chaque campagne sont décrites ci-dessous. Les hauteurs des précipitations quotidiennes pendant les campagnes et la semaine précédant celle-ci sont regroupées dans la Figure 2.

Campagne du 1 avril 2014 :

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : SE ~10-15 Nds ;
- Pluie : 40,5 mm cumulés en 5 jours ; le 25/04/14, de fortes précipitations ont eu lieu dans la zone, 88,5 mm de précipitation ont été cumulés en un jour.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Conditions générales : temps nuageux avec quelques averses, mer calme ;
- Vent : E ~10-15 Nds ;
- Pluie : 1,6 mm ont été relevés pendant la campagne.

Campagne du 15 mai 2014 :

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : ESE~10-20 Nds ;
- Pluie : 51,1 mm accumulés en 5 jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Conditions générales : temps nuageux avec averses ;
- Vent : SE ~18 -20 Nds ;
- Pluie : 45,7 mm ont été relevés pendant la campagne.

Campagne du 5 août 2014 :

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Conditions générales : beau temps ;
- Vent : ~5-10 Nds ;
- Pluie : 6 mm accumulés en 5 jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Conditions générales : temps très nuageux avec averses ;
- Vent : SE ~20 Nds ;
- Pluie : pas de précipitation relevée lors de cette journée de prélèvement.

Campagne du 23 octobre 2014 :

Conditions météorologiques de la semaine précédant la campagne de prélèvements :

- Vent : ESE~10-15 Nds ;
- Pluie : 0,2 mm cumulés en 5 jours.

Conditions météorologiques pendant la campagne de prélèvements :

- Conditions générales : beau temps, peu nuageux ;
- Vent : SE ~15-20 Nds ;

- Pluie : pas de précipitation relevée lors de cette journée de prélèvement.

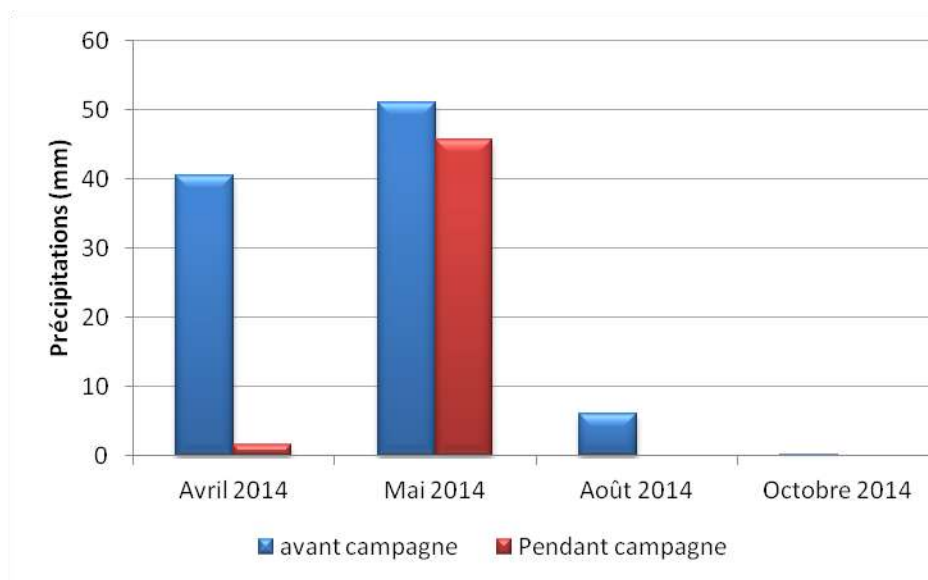


Figure 2 : Cumul des précipitations avant (5 jours) et pendant les campagnes trimestrielles de 2014.

C. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

Les conditions hydrodynamiques ont potentiellement une influence sur la valeur des paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de resituer chaque prélèvement dans ce contexte, les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur des marégrammes (Figure 3 ; Figure 4).

Les prélèvements de la campagne d'avril, mai et octobre 2014 ont été effectués par marée de vive-eau alors qu'en août, la campagne s'est déroulée par marée de morte-eau.

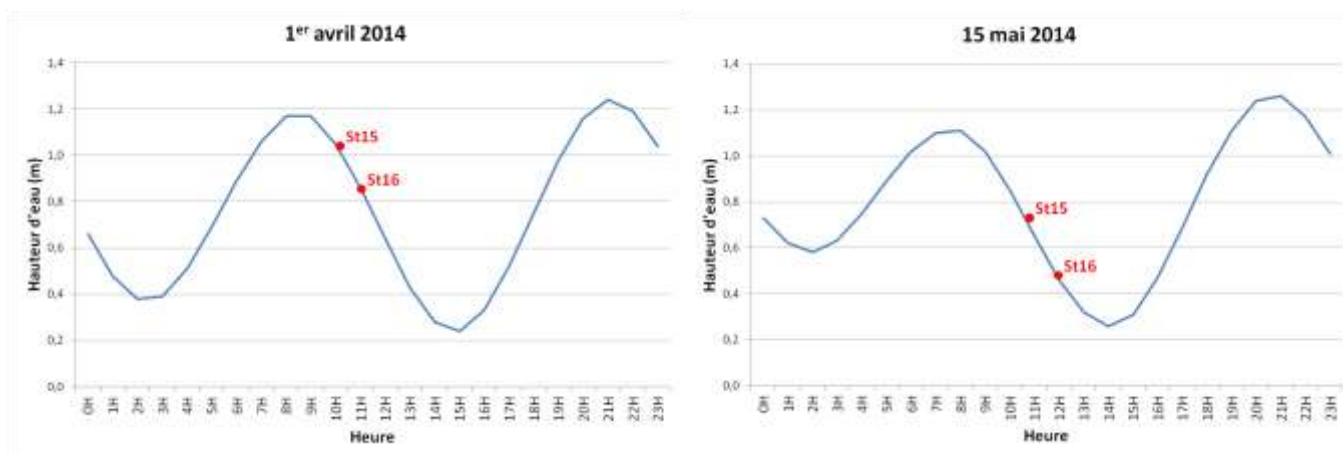


Figure 3 : Heures de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 1^{er} avril et 15 mai 2014.

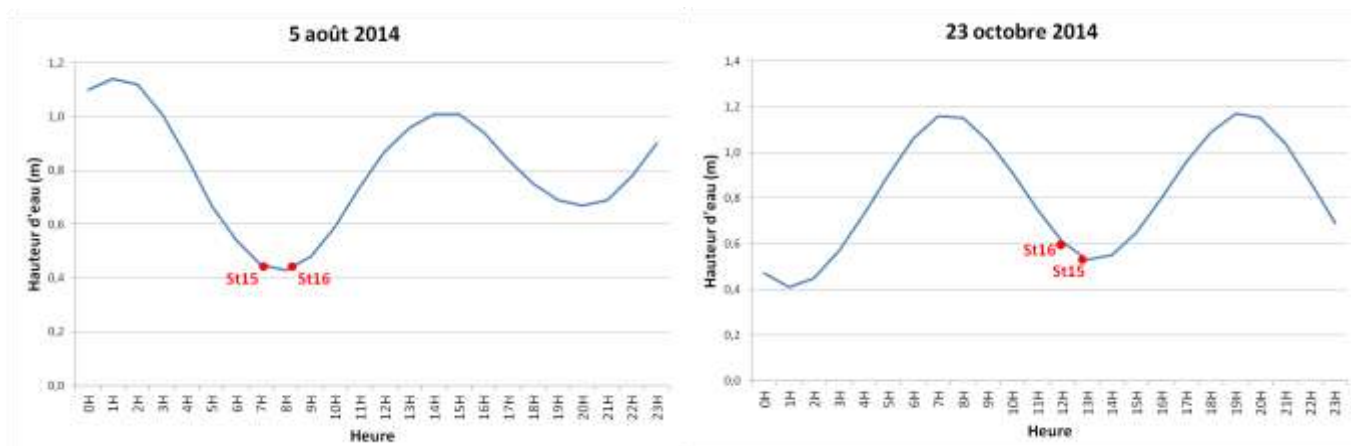


Figure 4 : Heures de prélèvements dans la colonne d'eau et marégrammes des campagnes trimestrielles du 5 août et du 23 octobre 2014.

D. ECHANTILLONNAGE

Le détail des opérations d'échantillonnage est décrit dans les deux rapports semestriels de 2014 (Le Grand et al., 2014a et 2014b).

En bref, pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués : (i) par bouteille « Niskin » pour la détermination des paramètres physico-chimiques ; (ii) par bouteille « Goflo, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous et des hydrocarbures totaux.

Les profondeurs d'échantillonnage ont été les suivantes :

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

Lors des campagnes de prélèvement, les opérations suivantes ont été réalisées :

- profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, modèle SBE 19 Plus) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES, et des concentrations en magnésium, sulfates et, carbonates (pour la station St16 uniquement) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux ;
- prélèvements d'eau à des fins d'analyse des métaux dissous par pré-concentration et spectrométrie d'émission couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour Co, Cu, Mn, Ni et Zn et par électrochimie (Voltammétrie) pour les dosages du couple Cr/Cr(VI).

E. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET ANALYSES

Les méthodes sont décrites en Annexe 1.

RESULTATS

A. STRUCTURES DES MASSES D'EAU

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

Les valeurs des paramètres physico-chimiques (température, salinité, fluorescence et turbidité) mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes d'avril, mai, août et octobre 2014 sont reportées dans les Figure 5 et Figure 6.

L'ensemble des données montre que :

- La **température** moyenne mesurée aux stations St15 et St16 diffère entre les saisons. La température moyenne la plus élevée a été relevée lors de la campagne d'avril ($25,73 \pm 0,17$ °C) et la plus faible en août 2014 ($21,92 \pm 0,17$ °C). Entre avril et mai 2014, la température moyenne a perdu environ 0,5 °C. Entre août et octobre 2014, celle-ci a augmenté d'environ 1,2 °C. Au sein de la colonne d'eau, la température présente de légères variations dans les 5 premiers mètres sous la surface. En mai 2014, la température mesurée en surface à la station St15 est plus faible que dans le reste de la colonne d'eau ; celle-ci gagne environ 0,90 °C dans les 5 premiers mètres passant de 24,41 à 25,30 °C. A l'inverse, les profils des campagnes d'avril et octobre 2014 présentent des températures de surface plus élevées d'environ 0,30 °C que celles obtenues dans le reste de la colonne d'eau. Les profils de la station St16 mettent en évidence une température relativement stable au sein de la colonne d'eau. Seul le profil obtenu en octobre 2014 montre une couche de surface (23,29 °C) plus chaude que le reste de la colonne d'eau ($\sim 22,80$ °C).
- Les profils de **salinité** de la station St15 mettent en évidence une nette stratification des masses d'eau de surface. A cette station, la plus forte dessalure a été mesurée lors de la campagne de mai 2014 avec une valeur minimale atteignant 34,59 ‰ et résulte des fortes précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne (Figure 2). Les profils de salinité obtenus lors des campagnes d'avril et août 2014 à la station St15 montrent également une dessalure de surface avec des valeurs minimales de 35,15 et 35,40 ‰. A l'inverse, les profils de la station St16 ne montrent pas ou très légèrement cette dessalure de surface. Seul le profil d'octobre 2014 montre une salinité de surface plus faible (35,54 ‰) que le reste de la colonne d'eau ($35,66 \pm 0,03$ ‰). Les trois autres profils présentent des salinités relativement homogènes.

- Globalement, la **turbidité** présente des valeurs plus élevées en profondeur. Tous les profils des stations St15 et St16 mettent en évidence des néphéloïdes benthiques. A la station St15, la turbidité maximale de fond a été mesurée en mai 2015 (1,96 NTU) alors qu'à la station St16, les maximums ont été relevés en avril (2,53 NTU) et octobre (2,54 NTU) 2014. La turbidité enregistrée à la station St15 est également plus élevée dans la masse d'eau de surface notamment lors de la campagne de mai 2014 (2,67 NTU). La turbidité observée à la station St15 lors de cette campagne est directement corrélée aux précipitations enregistrées avant et pendant cette campagne. Pour les trois autres campagnes, cette corrélation n'est pas mise en évidence. En effet, les valeurs observées en profondeur sont relativement proches alors que les précipitations cumulées avant et pendant les campagnes sont nettement plus élevées en avril qu'en août et octobre 2014. Les néphéloïdes benthiques peuvent provenir d'une accentuation des apports terrigènes due aux horaires des prélèvements. En effet, les prélèvements d'août et octobre ont été effectués à l'étape de marée basse et fin de marée descendante, respectivement. Un pic de turbidité est également visible à la station St15 en mi-profondeur lors de la campagne d'avril 2014.
- La **fluorescence** évolue de manière similaire pour les stations St15 et St16 entre chaque campagne. Celle-ci présente un pic en mi-profondeur en avril 2014 et dans la couche de surface (~5 m) en mai 2014. Pour les deux stations, les maximums ont été relevés lors de la campagne d'avril 2014 (St15 = 3,05 mg/m³ ; St16 = 1,04 mg/m³). La station St15, directement sous l'influence des apports d'eau douce des creeks de la Baie du Prony, présente des pics de fluorescence plus élevés et plus marqués que ceux obtenus à la station St16 pour les campagnes d'avril et mai 2014. Ces pics sont à relier avec les précipitations accentuant les apports d'eaux douces dans la Baie et augmentant ainsi la quantité de sels nutritifs nécessaire à la croissance du phytoplancton. Le pic obtenu lors de la campagne d'avril à la station St15 présente une valeur maximale deux fois plus élevée que celle mesurée lors de la campagne de mai 2014, hors le cumul des précipitations de mai est plus important que celui d'avril 2014. De fortes pluies ont eu lieu le 25 mars 2014 (88,5 mm), soit 7 jours avant la mission, et peuvent être à l'origine de ce pic de fluorescence observé en avril 2014. D'autres phénomènes tels que la marée, le vent, le temps de renouvellement de l'eau peuvent avoir un impact sur la production primaire (Bujan et al., 2000, Fichez et al. 2010, Pinazo et al. 2004). En avril 2014, le vent était plus faible que lors de la campagne de mai 2014 et la mer calme. L'augmentation du temps de résidence de l'eau a du engendrer une meilleure croissance de la biomasse phytoplanctonique (Fichez et al. 2010). De plus, la masse d'eau de surface mesurée en mai 2014 est nettement plus turbide que celle d'août 2014. Cette diminution d'intensité lumineuse peut être également responsable de la plus faible activité phytoplanctonique de mai 2014 et également de sa position dans la colonne d'eau.

Les profils des deux stations étudiées obtenues lors des campagnes d'août et d'octobre 2014 montrent des valeurs plus élevées en profondeur, à l'exception du profil d'août de la station St15 dont la fluorescence est relativement homogène au sein de la colonne d'eau (0,15 ± 0,02 mg/m³). Cette augmentation de fluorescence observée à l'approche du fond est plus importante à la station St16 qu'à la station St15. En effet, les maximums relevés s'élèvent à 0,49 et 0,95 mg/m³ à la station St16 pour les campagnes d'août et octobre, respectivement, alors que pour la station St15, le maximum obtenu en octobre 2014 est de 0,28 mg/m³. L'augmentation de productivité peut être due à la libération des nutriments initialement piégés dans les sédiments à l'interface eau-sédiment (Bujan et al., 2000).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence l'influence des apports d'eaux douces provenant des Creeks de la Baie du Prony sur la station St15. Ces apports ont été accentués par les précipitations ayant eu lieu avant et pendant les campagnes de prélèvement. En effet, les campagnes d'avril et mai présentent les fluctuations des variables physico-chimiques les plus importantes avec des eaux de surface moins salées et plus turbides et l'apparition de néphéloïdes benthiques, notamment pour la campagne de mai.

Ces profils montrent également que certaines variations ne sont pas nécessairement directement liées aux apports d'eaux douces des creeks, mais peuvent être engendrées par d'autres phénomènes tels que la direction et la force du vent pouvant remettre en suspension les sédiments et entraîner la formation de néphéloïdes benthiques. A l'inverse, la force du vent et les courants peuvent avoir un impact sur le temps de résidence de l'eau de mer dans la Baie du Prony. Un temps de résidence de l'eau de mer plus long peut engendrer l'augmentation de productivité. L'horaire de la marée peut également accentuer ou diminuer les apports d'eaux douces dans la Baie du Prony.

A la station St16, l'influence des apports des creeks est nettement moins mise en évidence. Les profils de température et salinité de la campagne d'octobre 2014 présentent une fine couche de surface plus fraîche et moins salée que le reste de la colonne d'eau. En avril et octobre 2014, les turbidités les plus élevées ont été mesurées dans les couches néphéloïdes des campagnes d'avril et d'octobre 2014. Les fluctuations des variables physico-chimiques semblent faiblement corrélées aux apports d'eaux douces des creeks et peuvent également être reliées aux flux contrôlés provenant des bassins de décantation de l'usine.

Tableau 1 : Minimums, maximums et moyennes des valeurs de température, salinité, fluorescence et turbidité de la station St15 lors des campagnes trimestrielles de 2014.

Campagne	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg/m ³)
Avril	Minimum	25,57	35,15	0,31	0,11
	Maximum	26,16	35,34	1,34	3,05
	Moyenne	25,73 ± 0,17	35,31 ± 0,04	0,60 ± 0,23	1,18 ± 0,93
Mai	Minimum	24,41	34,59	0,76	0,24
	Maximum	25,51	35,61	2,67	1,46
	Moyenne	25,22 ± 0,27	35,37 ± 0,21	1,09 ± 0,36	1,02 ± 0,42
Août	Minimum	21,86	35,40	0,29	0,12
	Maximum	21,94	35,71	1,30	0,19
	Moyenne	21,92 ± 0,01	35,67 ± 0,04	0,42 ± 0,20	0,15 ± 0,02
Octobre	Minimum	22,80	35,58	0,34	0,04
	Maximum	23,45	35,68	0,65	0,28
	Moyenne	23,11 ± 0,22	35,64 ± 0,03	0,48 ± 0,10	0,16 ± 0,06

Tableau 2 : Minimums, maximums et moyennes des valeurs de température, salinité, fluorescence et turbidité de la station St16 lors des campagnes trimestrielles de 2014.

Campagne	Statistique	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Fluorescence (mg/m ³)
Avril	Minimum	25,41	35,28	0,21	0,21
	Maximum	25,80	35,35	2,53	1,04
	Moyenne	25,55 ± 0,09	35,33 ± 0,01	0,57 ± 0,44	0,63 ± 0,24
Mai	Minimum	24,97	35,41	0,48	0,34
	Maximum	25,04	35,47	1,52	0,62
	Moyenne	25,00 ± 0,02	35,45 ± 0,02	0,82 ± 0,29	0,46 ± 0,08
Août	Minimum	21,46	35,71	0,16	0,16
	Maximum	21,62	35,75	0,83	0,49
	Moyenne	21,58 ± 0,06	35,74 ± 0,01	0,41 ± 0,10	0,27 ± 0,11
Octobre	Minimum	22,59	35,54	0,28	0,01
	Maximum	23,29	35,68	2,54	0,95
	Moyenne	22,83 ± 0,18	35,66 ± 0,03	0,44 ± 0,36	0,29 ± 0,26

PRONY CREEK BAIE NORD : ST15

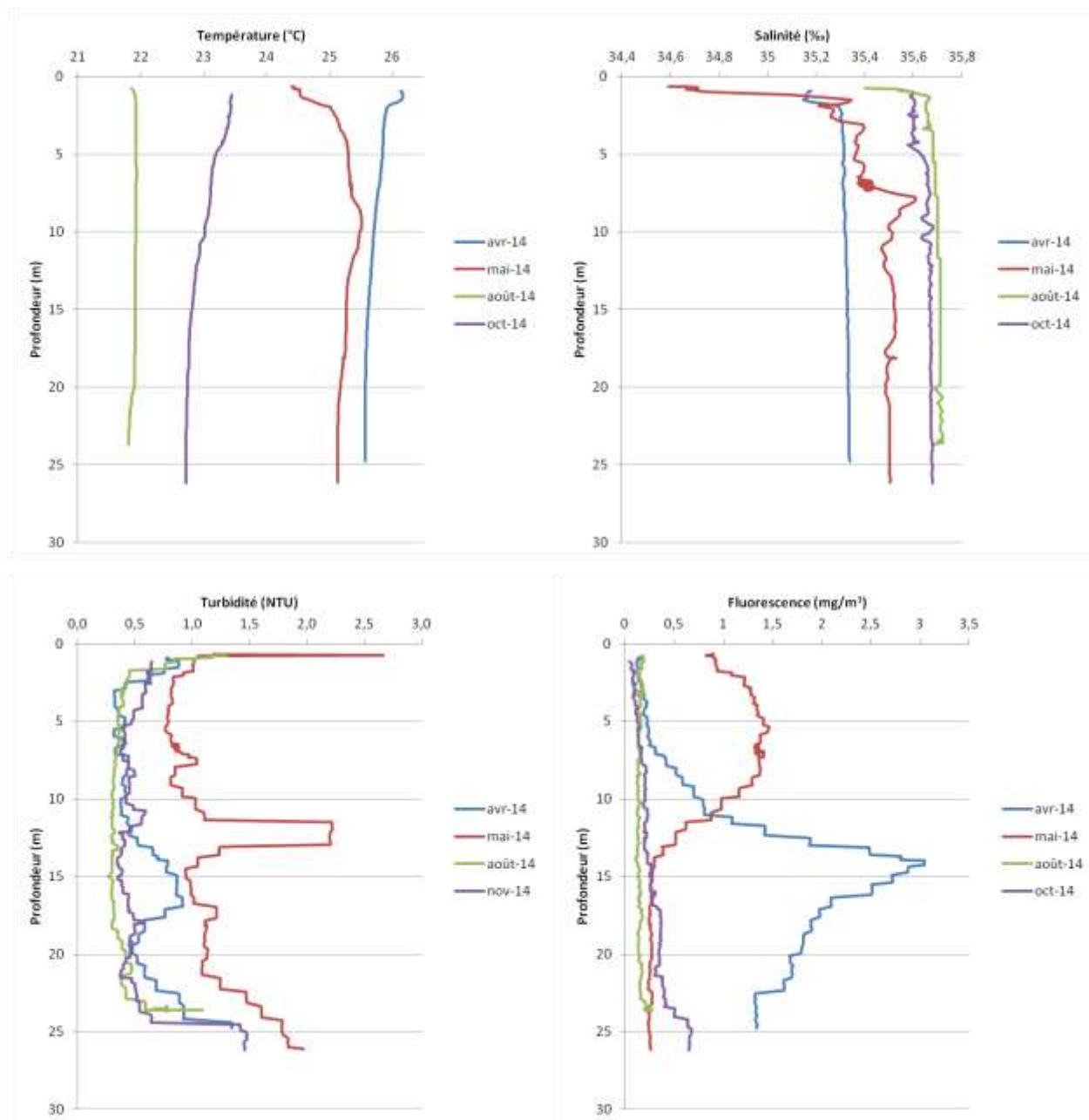


Figure 5 : Profils de température (°C), salinité (‰), turbidité (NTU) et fluorescence (mg/m³) de la station St15 aux campagnes trimestrielles de 2014.

PORT DE COMMERCE : STATION ST16

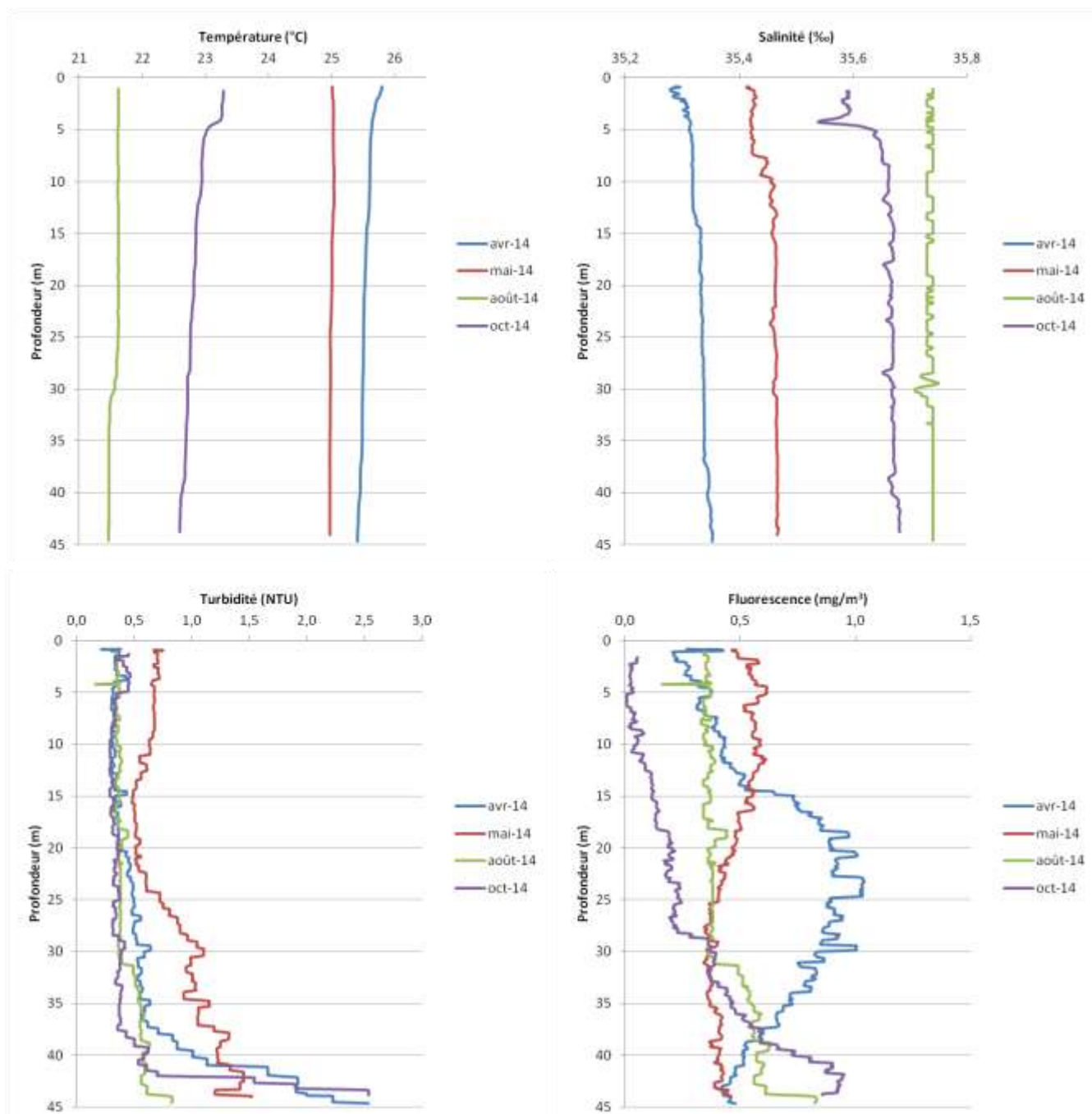


Figure 6 : Profils de température (°C), salinité (‰), turbidité (NTU) et fluorescence (mg/m³) de la station St16 aux campagnes trimestrielles de 2014.

B. ELEMENTS MAJEURS ET PH

Les résultats d'analyse des ions magnésium (Mg^{2+}) et sulfates (SO_4^{2-}) et des valeurs de pH des stations St15 et St16 sont regroupés dans les Tableau 3 et Tableau 4.

Les concentrations des ions magnésium et sulfates ne diffèrent pas entre les stations St15 et St16, ni entre les trois niveaux de profondeur échantillonnés. Les concentrations de magnésium ne diffèrent que très légèrement entre les campagnes ; les concentrations mesurées en octobre 2014 sont légèrement plus faibles que celles obtenues lors des trois autres campagnes et les plus élevées ont été relevées en mai 2014.

Le pH moyen de la station St15 est plus faible que celui de la station St16. Cette valeur reflète le faible pH mesuré en profondeur lors de la campagne de mai 2014 (Tableau 3 ; St15-F = 7,40). De forts apports terrigènes ont été détectés lors de cette campagne grâce aux variations de salinité et turbidité dans la colonne d'eau. Le prélèvement a dû être effectué dans la couche néphéloïde mise en évidence par le profil de turbidité et ainsi influencer la mesure de pH.

Les valeurs moyennes de magnésium, sulfates et pH sont conformes aux valeurs attendues et similaires avec celles obtenues lors des campagnes de suivi précédentes (Contrat AEL-LEA/Vale-NC N°C2445).

Tableau 3 : Concentrations des ions SO_4^{2-} et Mg^{2+} et valeurs du pH mesurées lors des campagnes trimestrielles 2014 à la station St15.

Campagne	Niveau	Mg^{2+} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	pH
Avril	S	1398	2935	8,21
	M	1393	2701	8,24
	F	1412	2947	8,24
Mai	S	1509	2885	8,16
	M	1623	3022	8,16
	F	1641	2910	7,40
Août	S	1449	2798	8,35
	M	1391	2829	8,33
	F	1392	2806	8,35
Octobre	S	1260	2767	8,26
	M	1239	2822	8,26
	F	1251	3003	8,25
Moyenne		1413 ± 131	2869 ± 98	8,18 ± 0,25

Tableau 4 : Concentrations des ions SO_4^{2-} et Mg^{2+} et valeurs du pH mesurées lors des campagnes trimestrielles 2014 à la station St16.

Campagne	Niveau	Mg^{2+} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	pH
Avril	S	1405	3033	8,20
	M	1416	3289	8,24
	F	1401	2892	8,23
Mai	S	1560	2681	8,13
	M	1511	2766	8,18
	F	1622	2724	8,20
Août	S	1402	2863	8,36
	M	1412	2859	8,36
	F	1468	2875	8,33
Octobre	S	1217	3010	8,25
	M	1262	2962	8,26
	F	1258	3070	8,24
Moyenne		1411 ± 122	2919 ± 168	8,25 ± 0,07

C. MATIERES EN SUSPENSION

Les résultats des concentrations des matières en suspension (MES) des stations St15 et St16 pour les campagnes trimestrielles 2014 sont regroupés dans les Figure 7 et Figure 8 ainsi qu'en Annexe 2.

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

Remarque : *la concentration de surface mesurée à la station St15 lors de la campagne d'octobre 2014 est très élevée comparée aux autres valeurs (4,63 mg/L). Cette valeur est peu probable et est sûrement due à une erreur de manipulation. La concentration de surface de la station St15 en octobre 2014 est donc considérée comme aberrante et n'est pas prise en compte dans la description et l'interprétation des résultats.*

La distribution des concentrations des matières en suspension (MES) mesurées aux stations St15 et St16 diffère entre les campagnes de prélèvement. Au niveau de la station St15, la concentration maximale a été mesurée en surface lors de la campagne de mai 2014 (1,53 mg/L) ; les concentrations de mi-profondeur (0,63 mg/L) et fond (0,44 mg/L) étant, respectivement, 2 et 3 fois moins élevées que celle de surface. Cette forte concentration est directement corrélée au profil de turbidité de cette même campagne et met clairement en évidence les apports terrigènes provenant des creeks de la Baie de Prony. A l'inverse, les concentrations de MES mesurées en août 2014 sont les plus faibles et homogènes entre les trois niveaux de profondeur échantillonnés (S = 0,14 mg/L ; M = 0,13 mg/L ; F = 0,12 mg/L). Les campagnes d'avril et octobre présentent des concentrations de MES intermédiaires et relativement similaires comprises entre 0,34 et 0,55 mg/L et 0,35 et 0,64 mg/L, respectivement (Figure 7).

A la station St16, la concentration maximale a également été relevée en surface mais lors de la campagne d'octobre 2014 (1,18 mg/L). Celle-ci est 3 fois plus élevée que les concentrations obtenues en mi-profondeur (0,34 mg/L) et fond (0,35 mg/L) et est probablement en correspondance avec la présence de la couche légèrement dessalée et plus fraîche observée en octobre 2014. Lors de la campagne d'avril 2014, la concentration de MES augmente avec la profondeur. En effet, la concentration de fond (0,82 mg/L) est 2 et 4 fois plus haute que celles mesurées en mi-profondeur (0,39 mg/L) et surface (0,23 mg/L). En mai et août 2014, les concentrations ne diffèrent que très peu avec la profondeur et restent dans le même ordre de grandeur variant entre 0,29 et 0,46 mg/L et 0,21 et 0,36 mg/L, respectivement (Figure 8).

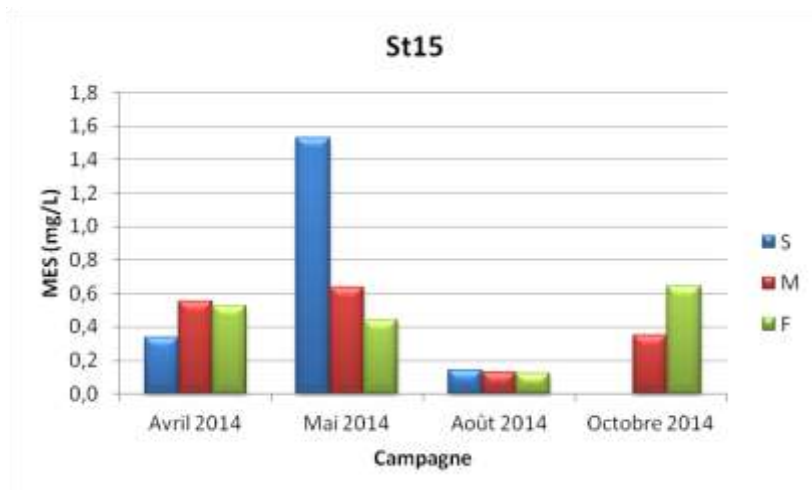


Figure 7 : Concentrations des MES de la station St15 aux trois niveaux de profondeur échantillonnés (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

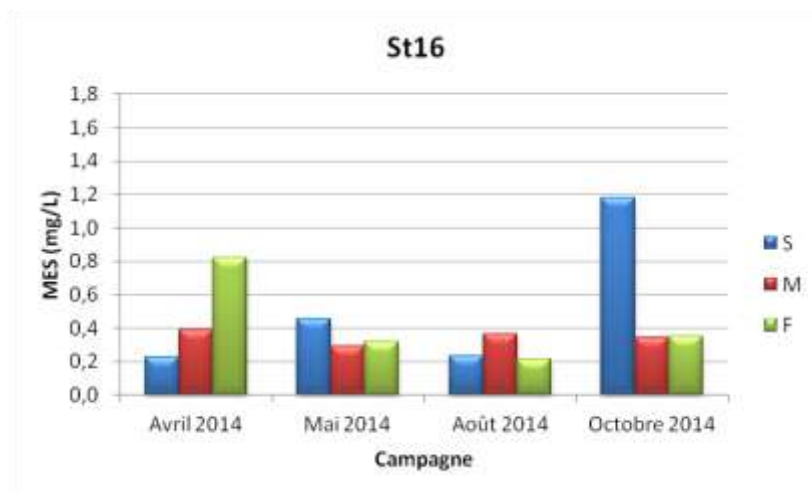


Figure 8 : Concentrations des MES de la station St16 aux trois niveaux de profondeur échantillonnés (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

D. CARBONATES (STATION ST16)

Les résultats d'analyse des carbonates mesurés à la station St16 lors des campagnes trimestrielles 2014 sont reportés dans le Tableau 5.

Les concentrations en carbonates mesurées à la station St16 lors des campagnes de 2014 sont comprises entre 1,64 et 2,93 meq/L avec une moyenne de $2,37 \pm 0,33$ meq/L. Les concentrations moyennes obtenues lors des campagnes d'avril ($2,41 \pm 0,04$ meq/L) et mai 2014 ($2,47 \pm 0,10$ meq/L) sont relativement similaires. Bien que légèrement plus élevée et dispersée, la concentration moyenne obtenue en octobre ($2,52 \pm 0,44$ meq/L) reste globalement dans le même ordre de grandeur que celles obtenues en avril et mai 2014. La concentration moyenne d'août 2014 ($2,07 \pm 0,45$ meq/L) est la plus faible des quatre campagnes effectuées. En effet, une valeur anormalement faible a été mesurée en surface lors de cette campagne (1,64 meq/L).

La valeur moyenne d'alcalinité totale mesurée à la station St16 lors des campagnes de 2014 reste néanmoins similaire à celles obtenues lors des précédentes campagnes (2011 = $2,26 \pm 0,08$ meq/L ; 2012 = $2,29 \pm 0,07$ meq/L ; 2013 = $2,43 \pm 0,24$ meq/L) (Contrat AEL-LEA/Vale N°C2445).

Tableau 5 : Concentrations des ions carbonates mesurées lors des campagnes trimestrielles 2014 à la station St16.

Campagne	Niveau	Carbonates (meq/L)
Avril 2014	S	2,40
	M	2,37
	F	2,45
Mai 2014	S	2,36
	M	2,56
	F	2,49
Août 2014	S	1,64
	M	2,54
	F	2,03
Octobre 2014	S	2,05
	M	2,93
	F	2,59

E. HYDROCARBURES TOTAUX

L'analyse des prélèvements des stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limite de quantification de la méthode (<0,1 mg/L).

F. DISTRIBUTION DES METAUX DISSOUS

1) CONTROLE QUALITE DE LA METHODE

Lors de la campagne d'avril 2014, les prélèvements de surface des stations St15 et St16 ont été échantillonnés en triplicatas afin de vérifier la répétabilité de la méthode sur l'analyse des métaux dissous par pré-concentration sur résine et analyse à l'ICP-OES.

La précision des résultats obtenus pour les métaux dissous cobalt (Co), manganèse (Mn), nickel (Ni) est très acceptable (Tableau 6). Pour le **cuivre** (Cu) et le **zinc** (Zn) les valeurs sont quasiment toutes inférieures à la limite de quantification en St15 alors qu'en St16 la répétabilité est acceptable malgré l'analyse de deux échantillons seulement (Tableau 6).

Tableau 6 : Résultats d'analyse des triplicatas effectués sur les stations St15 et St16 lors de la campagne semestrielle d'avril 2014.

Station	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
St15-S (a)	0,089	<LQ	0,875	0,414	0,038
St15-S (b)	0,069	<LQ	0,595	0,330	<LQ
St15-S (c)	0,067	<LQ	0,605	0,329	<LQ
Précision (%)	16	-	23	14	-
St16-S (a)	0,025	ND	0,170	0,188	ND
St16-S (b)	0,027	0,082	0,228	0,203	0,170
St16-S (c)	0,031	0,093	0,229	0,227	0,125
Précision (%)	11	9	16	10	22

<LQ : Valeur inférieure à la limite de quantification ; ND : Valeur non déterminée suite à un problème de pré-traitement ou d'analyse.

2) RESULTATS D'ANALYSE DES METAUX DISSOUS

Les résultats d'analyse des métaux dissous des stations St15 et St16 des campagnes trimestrielles 2014 sont regroupés dans les Figure 9, Figure 10, Figure 11, Figure 12, Figure 13 et Figure 14 ainsi qu'en Annexe 3.

Remarque : Dans les Figure 9, Figure 10, Figure 11, Figure 12, les barres correspondant aux mesures de surface de la campagne de mai 2014 ont été coupées car les valeurs correspondantes étaient trop élevées. La barre correspondant à la valeur de surface de la campagne d'avril 2014 dans la Figure 13 a également été coupée pour les mêmes raisons. Les valeurs des concentrations des métaux correspondant sont inscrites sur cette barre.

Afin de pallier à un problème technique, toutes les analyses d'arsenic **As** ont été effectuées par le laboratoire de Rouen. Les concentrations mesurées aux deux stations St15 et St16 sont comprises entre 1 et 2 µg/L comme observée habituellement dans cette zone. Certaines des concentrations n'ont pas pu être quantifiées (<1 µg/L). Aucune tendance particulière n'a pu être mise en évidence entre les campagnes, les résultats obtenus par le laboratoire manquant de sensibilité. Les échantillons seront envoyés à un autre laboratoire proposant des limites de quantification inférieures.

Les distributions par campagnes des concentrations de **cobalt** (Co) et **nickel** (Ni) pour les deux stations St15 et St16 sont sensiblement similaires. Celles des concentrations de manganèse (**Mn**) et chrome hexavalent (**CrVI**) sont relativement proches de celles de Co et Ni mais présentent néanmoins quelques différences.

Les concentrations des métaux dissous Co, Ni, Mn et Cr(VI) mesurées à la station St15 sont majoritairement plus élevées dans les eaux de surface. Lors de la campagne de mai 2014, d'importantes concentrations (Co = 0,26 µg/L ; Ni = 2,67 µg/L ; Mn = 1,82 µg/L ; Cr(VI) = 0,71 µg/L) sont observées dans la couche de surface particulièrement turbide et dessalée. Ces dernières sont nettement plus élevées que celles mesurées lors des trois autres campagnes de prélèvement. Pour le Co et Ni, les concentrations de surface mesurées lors de ces trois campagnes restent globalement similaires. Celles-ci sont comprises entre 0,06 (octobre 2014) et 0,08 (avril 2014) µg/L pour le Co et 0,36 (avril 2014) et 0,52 (août 2014) µg/L pour le Ni. Pour le Mn, la concentration de surface d'octobre 2014 (0,85 µg/L) est deux fois plus élevée que celle d'avril (0,36 µg/L) ; la concentration d'août étant comprise entre les valeurs obtenues pour ces deux campagnes (0,69 µg/L). Pour le Cr(VI), la concentration du mois d'avril 2014 (0,25 µg/L) est quasiment deux fois plus élevée que celles mesurées en août (0,15 µg/L) et octobre 2014 (0,13 µg/L).

Pour le Co et Ni, les concentrations de mi-profondeur et fond sont relativement identiques à l'exception de la campagne d'octobre où les concentrations de fond (Co = 0,10 µg/L ; Ni = 0,56 µg/L) sont deux fois plus hautes que celles de mi-profondeur (Co = 0,05 µg/L ; Ni = 0,30 µg/L).

A la station St16, les concentrations des métaux Co, Ni et Mn ne se répartissent pas de la même manière entre chaque campagne. Aucune distribution verticale particulière n'est à noter. Les maximales ont été relevées à la campagne d'octobre 2014 dans les eaux de fond pour le Co (0,08 µg/L) et Ni (0,49 µg/L) et dans les eaux de surface pour le Mn (0,50 µg/L). Les concentrations de Co, Mn et Ni mesurées aux campagnes d'août et octobre 2014 restent néanmoins du même ordre de grandeur et plus élevées que celles obtenues lors des campagnes d'avril et mai 2014. A l'inverse, les concentrations de Cr(VI) sont plus hautes en avril 2014 ($0,19 \pm 0,02$ µg/L) que celles des campagnes de mai ($0,14 \pm 0,01$ µg/L), août ($0,14 \pm 0,01$ µg/L) et octobre 2014 ($0,13 \pm 0,02$ µg/L).

A la station St15, les concentrations de Chrome total (**Cr-total**) mettent en évidence une nette distinction des eaux de surface, exception faite de la campagne d'octobre 2014 où la distinction est nettement moins flagrante. En effet, les concentrations de Cr-total sont beaucoup plus élevées dans les eaux de surface que dans le reste de la colonne d'eau. La concentration maximale a été relevée lors de la campagne d'avril 2014 et non en mai 2014 comme observé pour les métaux Co, Ni, Mn et Cr(VI). Cette dernière s'élève à 1,67 µg/L et est 7 et 8 fois plus élevée que les concentrations de mi-profondeur (0,24 µg/L) et fond (0,20 µg/L) mesurées lors de cette même campagne. Pour les campagnes de mai et octobre 2014, les concentrations de surface (0,76 µg/L et 0,71 µg/L, respectivement) sont plus hautes d'un facteur 4 entre celles de mi-profondeur (mai = 0,19 µg/L ; octobre 0,17 µg/L) et de fond (octobre 0,20 µg/L).

A l'inverse, à la station St16, les concentrations de Cr-total ne présentent pas de distribution verticale spécifique. Comme observé pour les concentrations de Cr(VI), la concentration moyenne d'avril 2014 ($0,21 \pm 0,02$ µg/L) est plus haute que celles mesurées lors des campagnes de mai ($0,17 \pm 0,02$ µg/L), août ($0,17 \pm 0,02$ µg/L) et octobre 2014 ($0,17 \pm 0,03$ µg/L).

Pour le **cuivre** (Cu), les concentrations des stations St15 et St16 se distribuent de façon aléatoire entre les campagnes 2014. Ces dernières ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur. Pour la station St15, aucune concentration n'a été quantifiée lors de la campagne d'avril 2014. En mai 2014, les deux concentrations quantifiées restent relativement faibles (0,02 µg/L). Les concentrations d'août et octobre sont plus élevées que celles obtenues lors des deux précédentes campagnes. En août, celles-ci sont effectivement, relativement homogènes, et sont comprises entre 0,07 et 0,08 µg/L. En octobre, la concentration maximale a été mesurée en profondeur (0,28 µg/L). A la station St16, une seule concentration a été quantifiée lors de la campagne d'avril (S = 0,09 µg/L). La concentration maximale, quant à elle, a été relevée dans les eaux de fond de la campagne d'août 2014 (F = 0,11 µg/L).

Pour le **zinc** (Zn), les concentrations des stations St15 et St16 sont plus élevées lors des campagnes d'août et octobre que d'avril et mai 2014. Pour la station St15, les concentrations les plus faibles ont été mesurées en surface et mi-profondeur lors de la campagne d'avril et n'ont pas pu être quantifiées. Les concentrations maximales ont été mesurées en mi-profondeur (1,22 µg/L) et fond (1,27 µg/L) lors des campagnes d'août et octobre 2014. Pour la station St16, la concentration minimale a également été obtenue en avril 2014, en mi-profondeur, mais n'a pas été quantifiée alors que la concentration maximale, relevée dans les eaux de fond en août 2014, atteint 1,79 µg/L.

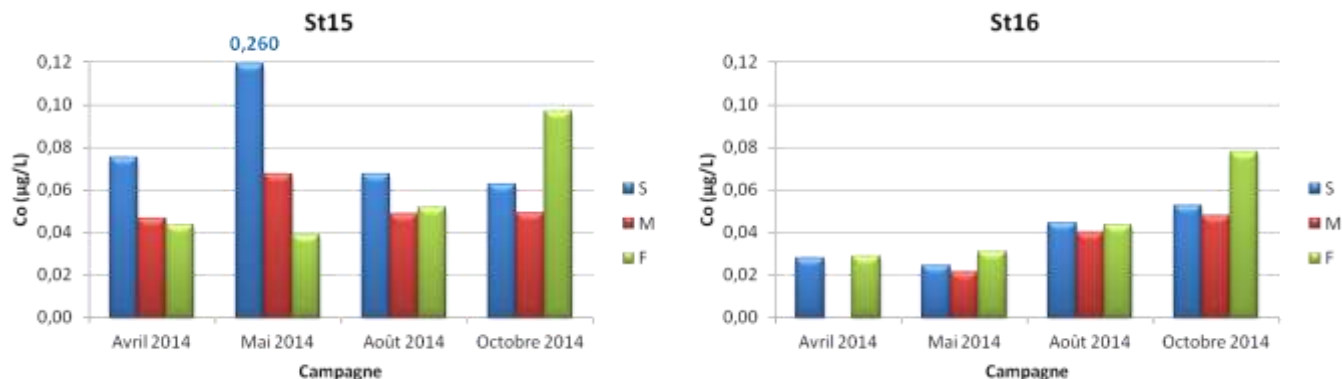


Figure 9 : Concentrations de Co aux stations St15 et St16 aux trois niveaux de profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

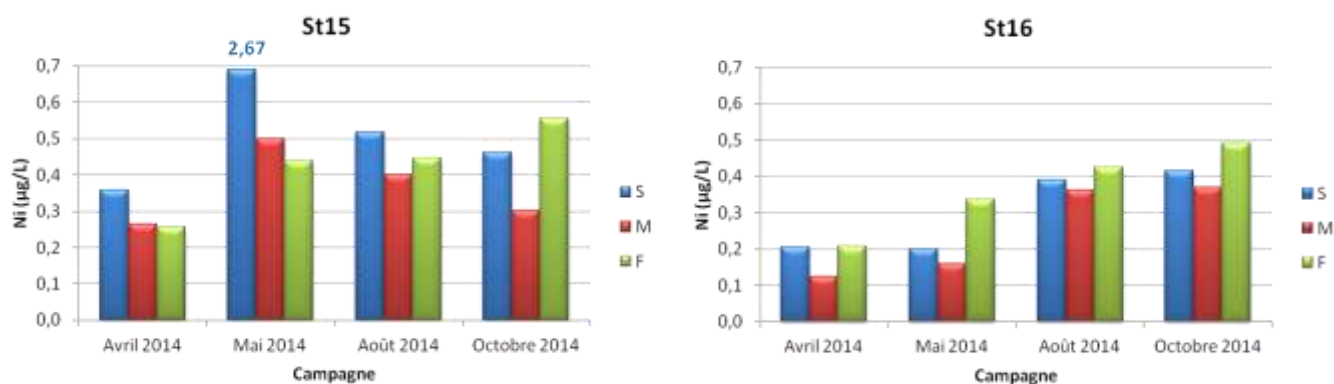


Figure 10 : Concentrations de Ni aux stations St15 et St16 aux trois niveaux de profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

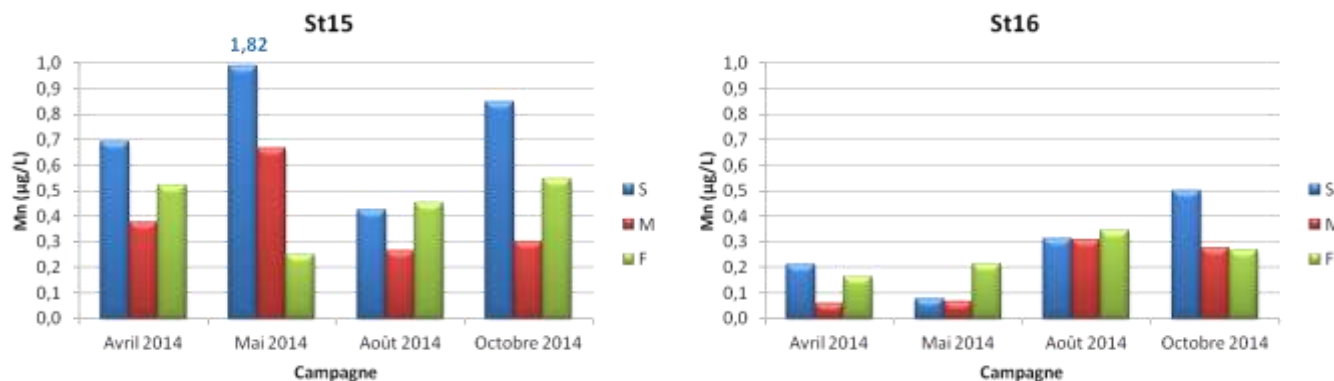


Figure 11 : Concentrations de Mn aux stations St15 et St16 aux trois profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

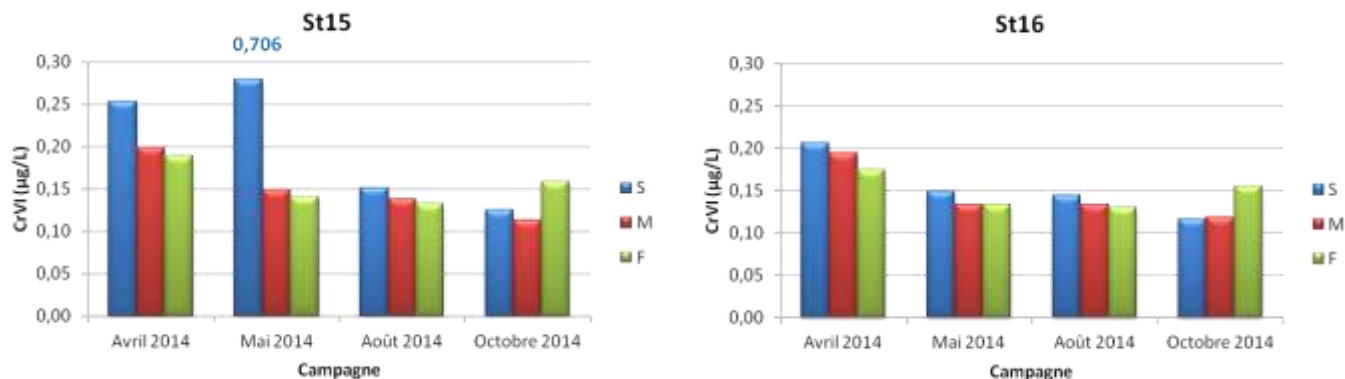


Figure 12 : Concentrations de Cr(VI) aux stations St15 et St16 aux trois profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

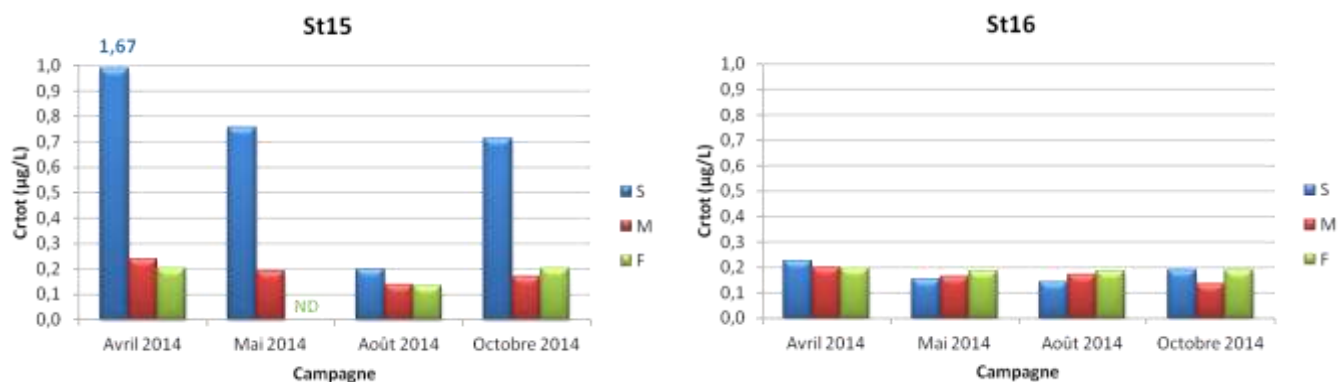


Figure 13 : Concentrations de Crtot aux stations St15 et St16 aux trois profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

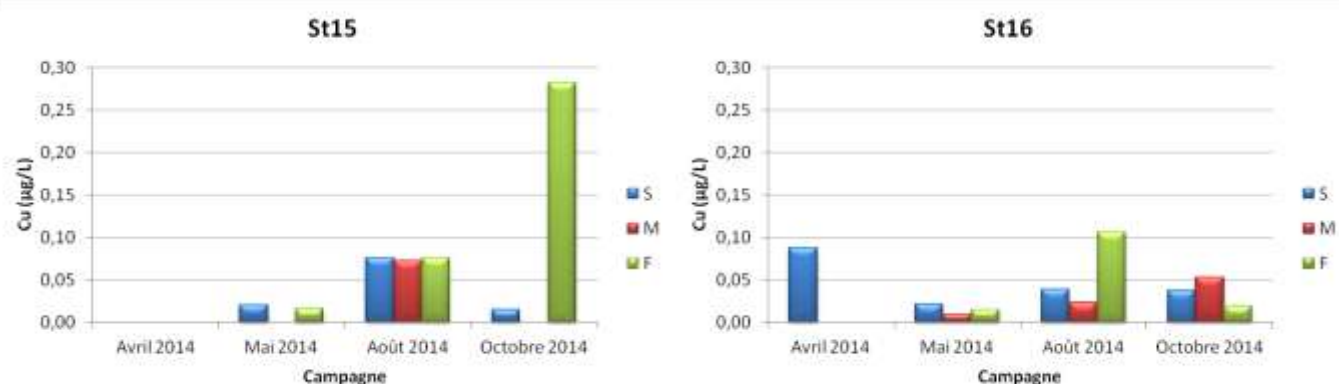


Figure 14 : Concentrations de Cu aux stations St15 et St16 aux trois profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

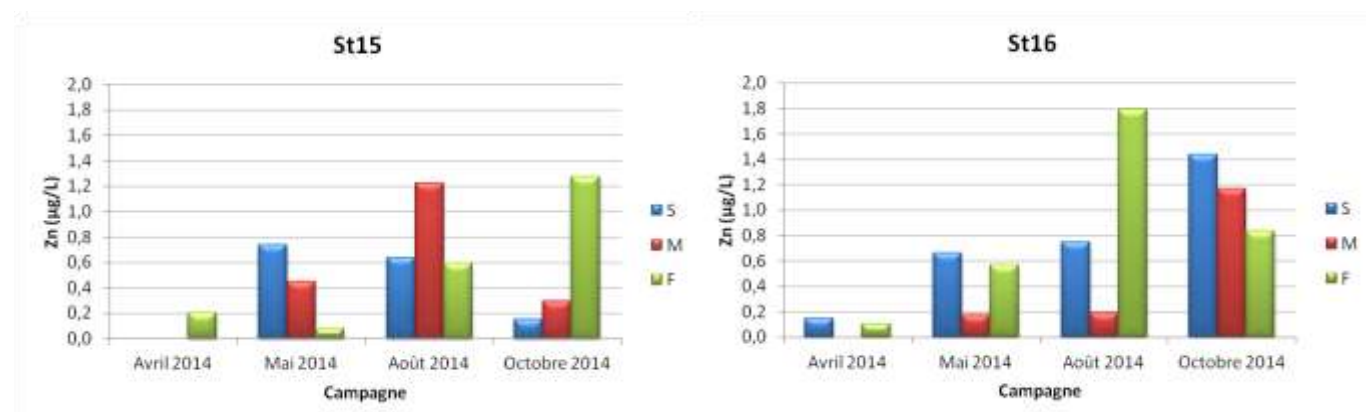


Figure 15 : Concentrations de Zn aux stations St15 et St16 aux trois profondeurs échantillonnées (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes trimestrielles de 2014.

CE QU'IL FAUT RETENIR :

Les concentrations en métaux dissous (Co, Mn, Ni et Cr(VI)) mesurées aux stations St15 et St16 présentent des distributions similaires entre les différentes campagnes.

Les concentrations maximales de ces métaux ont d'ailleurs toutes été mesurées dans les eaux de surface de la station St15 lors de la campagne de mai 2014 et sont donc directement corrélées aux apports terrigènes accentués par les précipitations cumulées avant et pendant cette campagne. A cette même station, l'étude du Cr-total met en évidence une nette distinction des eaux de surface dont les concentrations sont nettement plus élevées que dans les deux autres niveaux échantillonnés ; la concentration maximale ayant été mesurée en avril 2014.

Les concentrations des métaux Co, Mn et Ni mesurées à la station St16 sont plus élevées lors des campagnes du 2^{ème} semestre (août et octobre 2014) que lors des campagnes du 1^{er} semestre (avril et mai 2014). Les maximales ont, en effet, été mesurées dans les eaux de surface (Mn) et fond (Co et Ni) de la campagne d'octobre 2014. Les concentrations de Cr (VI et total) sont, quant à elles, plus élevées en avril 2014 que lors des trois autres campagnes. Ces résultats montrent qu'à cette station, l'influence des apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony est nettement plus faible qu'à la station St15.

Les concentrations de Cu ne présentent pas de distribution particulière au niveau des stations St15 et St16 alors que les concentrations de Zn sont plus élevées en août et novembre 2014 qu'en avril et mai 2014.

SYNTHESE

Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ayant une influence sur les concentrations en métaux dissous, le cumul des précipitations avant (5 jours) et pendant les campagnes ont donc été reportées depuis 2007 (Figure 16).

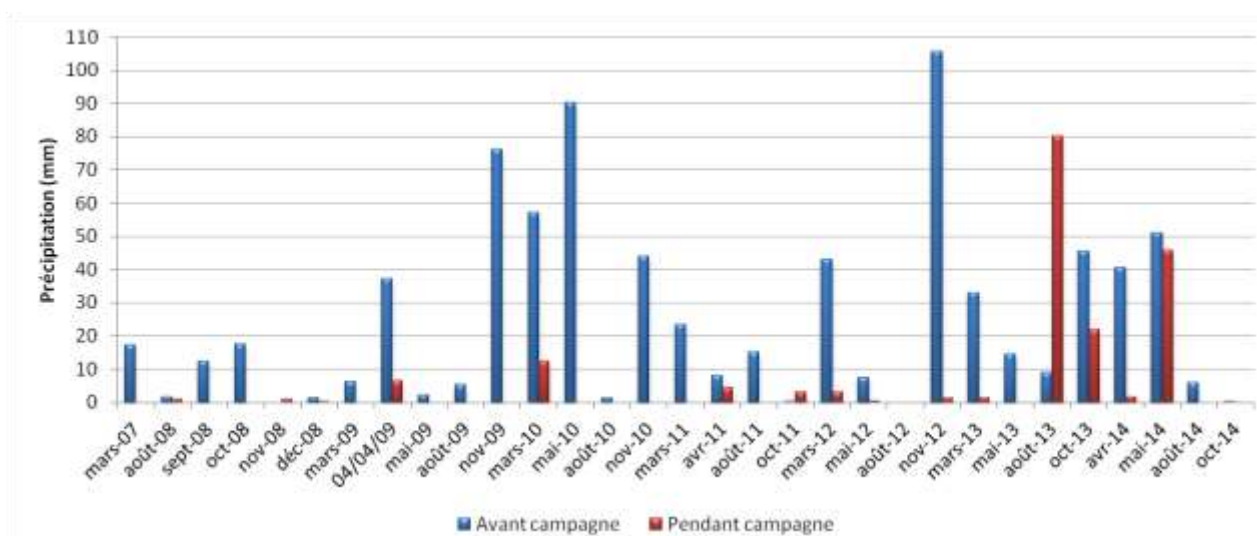


Figure 16 : Cumul des précipitations avant les campagnes (5 jours) et pendant les campagnes de prélèvement effectuées entre 2007 et 2014.

Cette synthèse regroupe les concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Cu, Mn et Ni) mesurées lors des campagnes de suivis des stations St15 et St16 réalisées depuis 2007. Afin de renforcer la surveillance de la Baie du Prony, les suivis de la station St15 sont, depuis octobre 2011, effectués trimestriellement.

Sur chaque série de données (S, M et F) a été appliquée une courbe de tendance correspondant à une régression linéaire simple afin d'examiner l'évolution des concentrations des métaux dissous au fil des années.

A. STATION St15

Les concentrations des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn, Ni et Cu analysés depuis 2007 à la station St15 sont regroupées dans les Figure 17, Figure 18, Figure 19, Figure 20 et Figure 21, respectivement.

La plupart des droites de régression obtenues pour chaque métal ne montrent pas de tendance particulière et l'examen visuel confirme l'absence de variation remarquable au fil des années. Certaines droites (ex : Ni en surface ou Cu en profondeur) dessinent une tendance à l'augmentation, cependant les pentes de ces droites sont si faibles qu'elles ne permettent pas de mettre en évidence de variations significatives, ni à l'augmentation, ni à la diminution.

Les coefficients de pente obtenus pour les différentes droites sont tous très faibles et montrent qu'il est impossible de dégager des tendances statistiques, de plus, les coefficients de corrélation (R^2) soulignent la forte dispersion des valeurs, notamment celles des valeurs de surface et fond.

L'ensemble des données montre que la station St15 est très sensible aux influences terrigènes générées par l'altération des sols sous l'action répétée des précipitations atmosphériques. Les précipitations ayant eu lieu avant et pendant la campagne de mai 2014 ont conduit à de fortes concentrations de Co (0,26 µg/L), Cr(VI) (0,71 µg/L), Mn (1,82 µg/L) et Ni (2,67 µg/L) mesurées dans les eaux de surface. Ces concentrations correspondent aux valeurs maximales de Mn et Ni relevées depuis le début des campagnes dans les eaux de surface de la station St15. La concentration de Co est quasiment similaire à la maximale obtenue lors de la campagne de mars 2010 (0,27 µg/L). Pour le Cr(VI), cette concentration, bien que relativement élevée, reste inférieure ou quasiment similaire aux concentrations de surface des campagnes de mars 2010 (0,78 µg/L), mars 2011 (1,22 µg/L), mai 2012 (0,78 µg/L) et août 2013 (0,62 µg/L).

Les variations de concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni, bien que souvent directement reliées à l'érosion, peuvent être également engendrées par d'autres phénomènes tels que la remise en suspension des sédiments (vent et/ou marée) qui favorise la resolubilisation des métaux. En effet, les précipitations importantes du mois de novembre 2012 n'ont pas engendré de concentrations de métaux dissous plus élevées que celles mesurées en mars 2010 et 2011 ainsi qu'en mai 2014.

Pour le Cu, seulement trois concentrations se démarquent ; celles mesurées lors des campagnes de mars 2012 en surface (0,48 µg/L), d'août 2012 en profondeur (0,53 µg/L) et d'octobre 2014 en profondeur (0,28 µg/L). Les concentrations de Cu ne montrent, cependant, pas de tendance particulière au fil des campagnes.

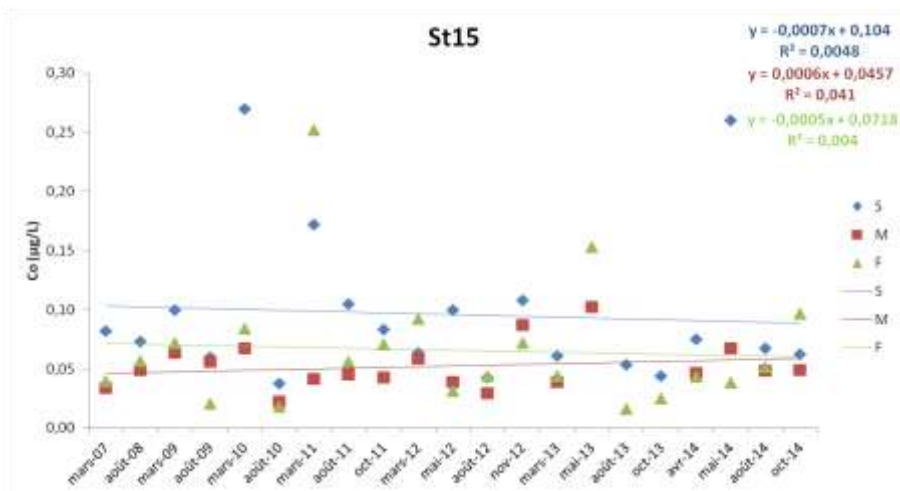


Figure 17 : Concentrations de Co mesurées à la station St15 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

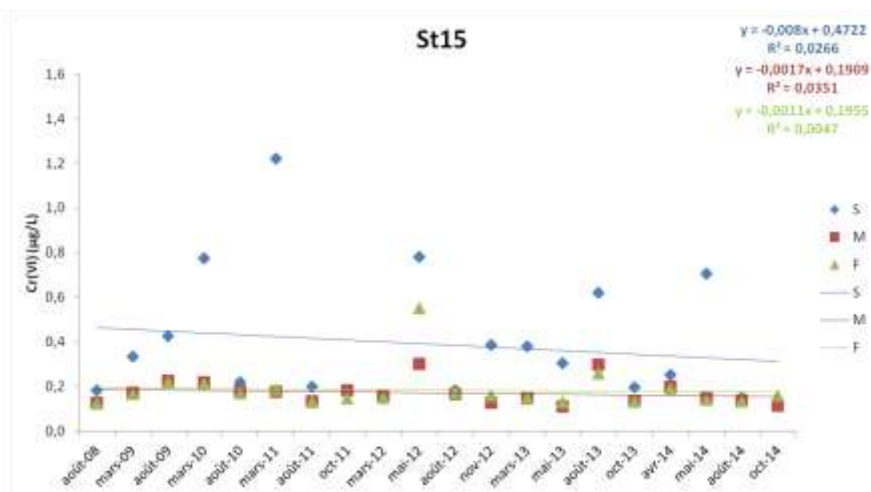


Figure 18 : Concentrations de Cr(VI) mesurées à la station St15 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2008 et 2014.

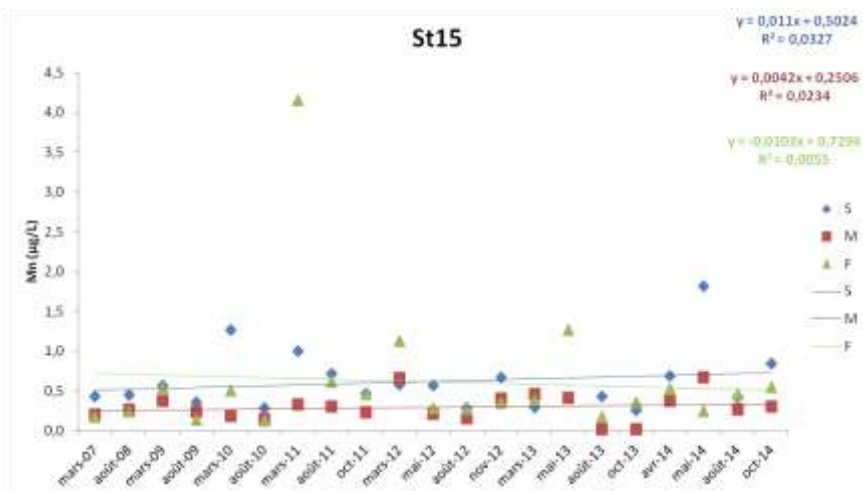


Figure 19 : Concentrations de Mn mesurées à la station St15 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

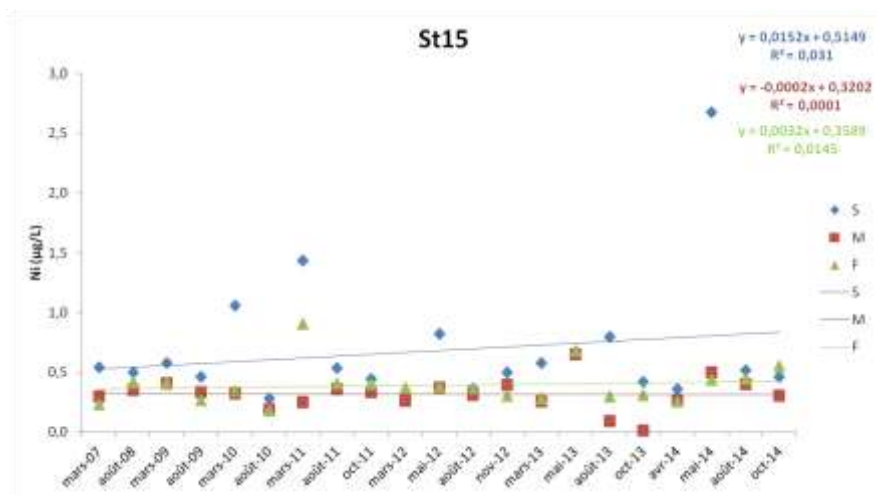


Figure 20 : Concentrations de Ni mesurées à la station St15 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

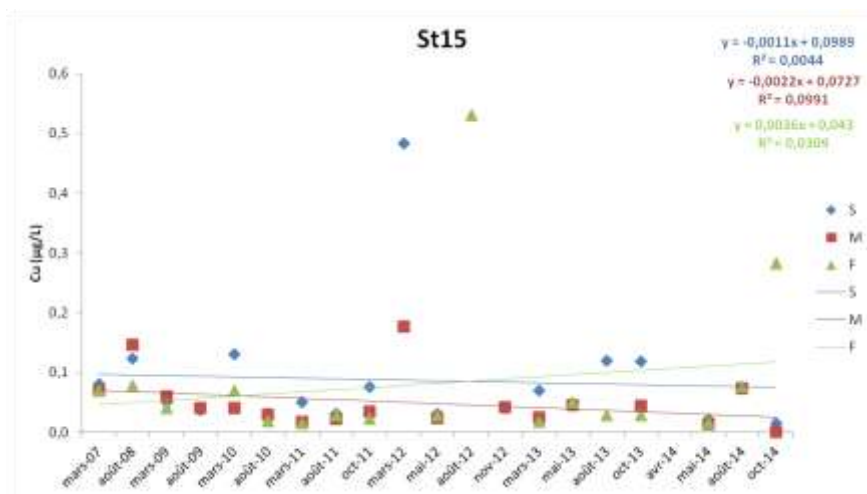


Figure 21 : Concentrations de Cu mesurées à la station St15 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

B. STATION St16

Les concentrations des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn, Ni et Cu mesurées lors des campagnes de suivis de la station St16 réalisées depuis 2007 sont regroupées dans les Figure 22, Figure 23, Figure 24, Figure 25 et Figure 26.

Comme observé pour la station St15, les droites de régression obtenues pour chaque métal ne montrent pas de tendance particulière avérée au fil des années. Les coefficients de pentes obtenus pour les différentes droites sont tous très faibles et montrent qu'il est impossible de dégager des tendances statistiques. Comme pour la station St15, les coefficients de corrélation (R^2) soulignent la forte dispersion des valeurs.

Les variations des concentrations (Co, Cr(VI), Mn et Ni) présentent des similitudes entre les campagnes. En effet, les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans les eaux de surface lors des campagnes de mai 2010, mars 2011 et mai 2013. Les concentrations maximales de Co et Mn ont été mesurées en mai 2013 (Co = 0,18 µg/L ; Mn = 1,94 µg/L) et pour Cr(VI) et Ni en mai 2010 (Cr(VI) = 1,43 µg/L ; Ni = 1,0 µg/L).

Les concentrations de Co, Mn et Ni mesurées lors des campagnes de 2014, bien que comprises dans le bruit de fond géochimique de ces deux métaux, montrent une légère tendance à l'augmentation. A l'inverse, les concentrations de Cr(VI) relevées entre les différentes campagnes 2014 restent très stables.

Seulement deux concentrations de Cu se démarquent entre les différentes campagnes depuis 2007. Celles-ci ont été mesurées en octobre 2008 (0,53 µg/l) et en mai 2013 (0,35 µg/L). Il est difficile d'interpréter ces valeurs car ce sont des valeurs uniques ; celles-ci ne sont cependant pas inquiétantes car elles correspondent à seulement 3 % des mesures sur cette station depuis 2007.

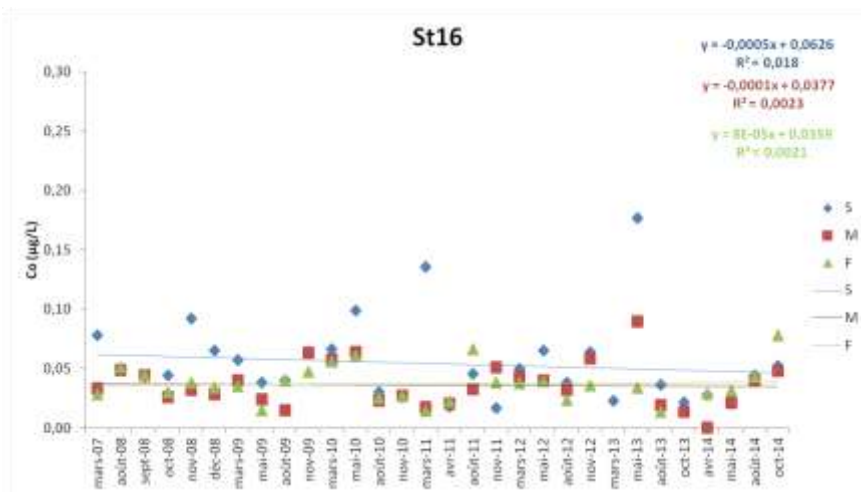


Figure 22 ; Concentrations de Co mesurée station St16 (S : surface ; M : mi-profonde ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

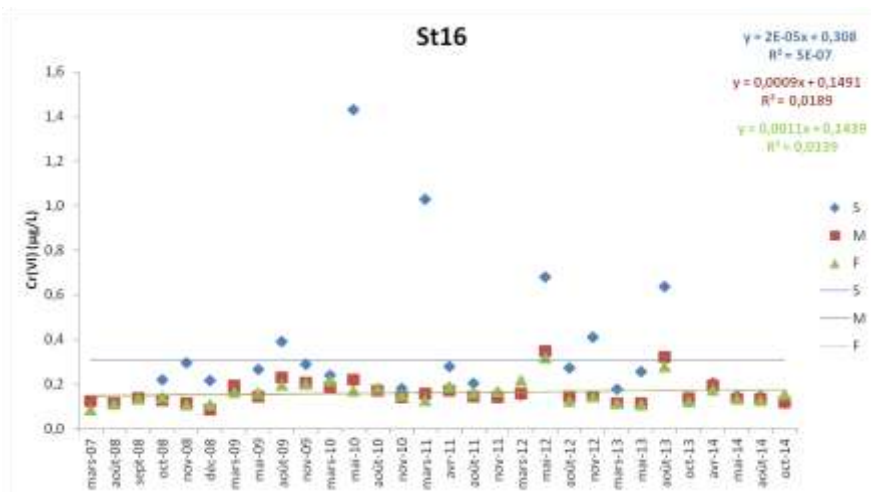


Figure 23 : Concentrations de Cr(VI) mes la station St16 (S : surface ; M : mi-profo F : fond) lors des campagnes de prélèver réalisées entre 2007 et 2014.

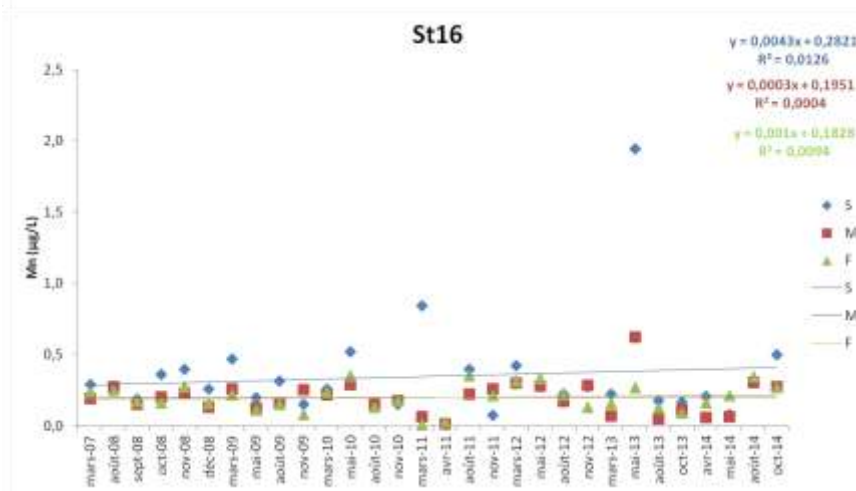


Figure 24 : Concentrations de Mn mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2013.

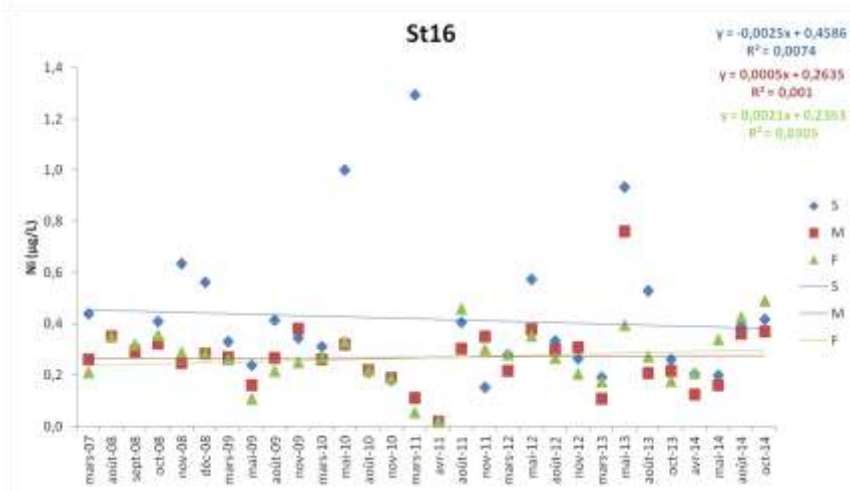


Figure 25 : Concentrations de Ni mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement entre 2007 et 2014.

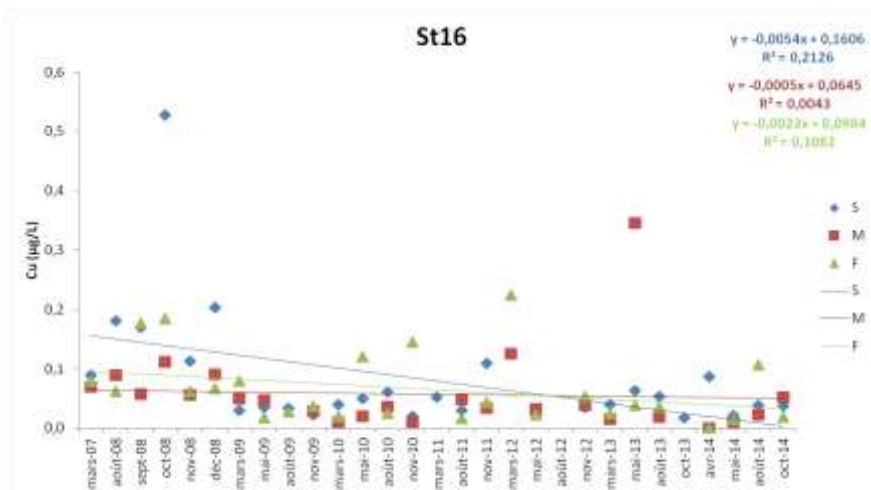


Figure 26 : Concentrations de Cu mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2014.

CE QU'IL FAUT RETENIR :

Bien que ponctuellement quelques valeurs de métaux dissous se démarquent (ex : mars 2011, mai 2014), les concentrations des métaux dissous de la station St15 ne présentent pas de tendance particulière au fil des années. Bien que plus élevées que toutes les concentrations mesurées depuis le début des campagnes, les concentrations de Mn et Ni de mai 2014 sont tout de même redescendues à des valeurs comprises dans le bruit de fond géochimique de ces deux métaux lors des campagnes d'août et octobre 2014.

Les concentrations des métaux dissous de la station St16 ne présentent également pas de tendance particulière au fil des années. Une légère tendance à l'augmentation est cependant visible depuis le début des campagnes de 2014 et sera à surveiller lors des prochaines campagnes de prélèvement.

CONCLUSION

Cette étude met en évidence l'influence des apports terrigènes sur la qualité physico-chimique des masses d'eaux de la Baie du Prony particulièrement sur la station St15. L'importance de ces apports varie en fonction de la saison, mais elle est essentiellement liée à l'intensité des facteurs météorologiques.

En effet, lors de la campagne de mai 2014, les variables physico-chimiques, les concentrations de MES et les concentrations de Co, Mn, Ni et Cr(VI) de la station St15 ont montré une corrélation forte avec les apports d'eaux douces dont l'importance est plus marquée que lors des autres campagnes.

L'influence des apports terrigènes est nettement moins mise en évidence au niveau de la station St16. En effet, les variations des variables physico-chimiques, des concentrations de MES ainsi que des concentrations des métaux dissous Co, Mn et Ni ne semblent que très peu reliées aux facteurs météorologiques. Celles-ci peuvent également être reliées aux flux contrôlés provenant des bassins de décantation de l'usine.

Les niveaux de concentrations des éléments majeurs, du pH, des carbonates et des hydrocarbures des stations St15 et St16 ne montrent pas de tendance particulière pour l'année 2014.

L'évolution temporelle des concentrations en métaux dissous ne dessine pas de tendances particulières entre les différentes campagnes. La majorité des concentrations de Cr(VI), Mn et Ni mesurées depuis 2007 aux stations St15 et St16, classent le milieu comme « non perturbé » (Bélieff et al., 2011). Toutefois, des concentrations de Mn, Ni et Cr(VI) peuvent ponctuellement et momentanément atteindre des valeurs bien plus fortes. En effet, ce type d'évolution n'affecte pas la totalité de la masse d'eau, mais n'est observable que pour la couche de surface, principalement. Les perturbations qui engendrent ces niveaux de concentration sont liées aux conditions hydro-climatiques, telles que le taux des précipitations atmosphériques qui altèrent les sols latéritiques, l'intensité des courants de marée ou la direction et force du vent qui remettent en suspension des particules issues de la première sédimentation.

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 et son environnement". 169p.

Bujan S, Grenz C, Fichez R, Douillet P (2000). Evolution saisonnière du cycle biogéochimique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Application d'un modèle compartimental. C.R. Acad. Sci. Paris, Life Sciences 323 : 225-233.

Fichez R, Chifflet S, Douillet P, Gérard P, Gutierrez F, Jouon A, Ouillon S, Grenz C (2010). Biogeochemical typology and temporal variability of lagoon waters in a coral reef ecosystem subject to terrigenous and anthropogenic inputs (New Caledonia). Marine Pollution Bulletin 61 : 309-322.

Le Borgne R, Douillet P, Fichez R, Torréton JP (2010) Hydrography and plankton temporal variabilities at different time scales in the southwest lagoon of New Caledonia: A review. Marine Pollution Bulletin 61: 297-308.

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 (1^{er} semestre 2010). Convention AEL-LEA/Vale-Nc n°C2445, 79 p.

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 (2^{ième} semestre 2010). Convention AEL-LEA/Vale-Nc n°C2445, 73 p.

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 des eaux (1^{er} semestre 2011). Convention AEL-LEA/Vale-Nc n°C2445, 73 p.

Le Grand H, Moreton B, Rounsard F, Haddad L, Hulliger M, Fernandez JM (2012) Suivi environnemental du milieu marin 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux (St15 & St16) et des sédiments (St16). Convention AEL-LEA/Vale-Nc n°C2445, 58 p.

Le Grand H, Kaplan H, Haddad L, Goyaud A, Moreton B, Kumar-Roiné S et Fernandez JM (2013). Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : 1^{er} semestre. Contrat Vale-NC/AEL N°T1368, rapport AEL 121205-VI-18, 80 p.

Le Grand H, Kaplan H, Senia J, Pluchino S, Raynal A, Kumar-Roiné S et Fernandez JM (2013). Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : 2^{ième} semestre. Contrat Vale-NC/AEL n° T1368, Rapport AEL 121205-VI-18, 84 p.

Le Grand H, Kaplan H, Haddad L, Raynal A, Moreton B et Fernandez JM (2014). Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : 1^{er} semestre 2014. Contrat Vale-NC/AEL n° T1368, Rapport AEL 121205-VI-18, 66 p.

Le Grand H, Kaplan H, Raynal A, Pluchino S, Achard R, Moreton B et Fernandez JM (2014). Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : 2^{ième} semestre 2014. Contrat Vale-NC/AEL n° T1368, Rapport AEL 121205-VI-18, 84 p.

Pinazo C, Bujan S, Douillet P, Fichez R, Grenz C, Maurin A, (2004). Impact of wind and freshwater inputs on phytoplankton biomass in the coral reef lagoon of New Caledonia during the summer cyclonis period : a coupled three-dimensional modeling approach. Coral Reefs 23 : 281-296.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS DE PRELEVEMENTS DANS LA COLONNE D'EAU.	7
FIGURE 2 : CUMUL DES PRECIPITATIONS AVANT (5 JOURS) ET PENDANT LES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	9
FIGURE 3 : HEURES DE PRELEVEMENTS DANS LA COLONNE D'EAU ET MAREGRAMMES DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DU 1 ^{ER} AVRIL ET 15 MAI 2014.	9
FIGURE 4 : HEURES DE PRELEVEMENTS DANS LA COLONNE D'EAU ET MAREGRAMMES DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DU 5 AOUT ET DU 23 OCTOBRE 2014.	10
FIGURE 5 : PROFILS DE TEMPERATURE (°C), SALINITE (‰), TURBIDITE (NTU) ET FLUORESCENCE (MG/M ⁻³) DE LA STATION St15 AUX CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	14
FIGURE 6 : PROFILS DE TEMPERATURE (°C), SALINITE (‰), TURBIDITE (NTU) ET FLUORESCENCE (MG/M ⁻³) DE LA STATION St16 AUX CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	15
FIGURE 7 : CONCENTRATIONS DES MES DE LA STATION St15 AUX TROIS NIVEAUX DE PROFONDEUR ECHANTILLONNES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	18
FIGURE 8 : CONCENTRATIONS DES MES DE LA STATION St16 AUX TROIS NIVEAUX DE PROFONDEUR ECHANTILLONNES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	18
FIGURE 9 : CONCENTRATIONS DE Co AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS NIVEAUX DE PROFONDEURS ECHANTILLONNES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	22
FIGURE 10 : CONCENTRATIONS DE Ni AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS NIVEAUX DE PROFONDEURS ECHANTILLONNES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	22
FIGURE 11 : CONCENTRATIONS DE Mn AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS PROFONDEURS ECHANTILLONNEES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	22
FIGURE 12 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS PROFONDEURS ECHANTILLONNEES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	23
FIGURE 13 : CONCENTRATIONS DE CRTOT AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS PROFONDEURS ECHANTILLONNEES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	23
FIGURE 14 : CONCENTRATIONS DE Cu AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS PROFONDEURS ECHANTILLONNEES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	23
FIGURE 15 : CONCENTRATIONS DE Zn AUX STATIONS St15 ET St16 AUX TROIS PROFONDEURS ECHANTILLONNEES (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	24
FIGURE 16 : CUMUL DES PRECIPITATIONS AVANT LES CAMPAGNES (5 JOURS) ET PENDANT LES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT EFFECTUEES ENTRE 2007 ET 2014.	25
FIGURE 17 : CONCENTRATIONS DE Co MESUREES A LA STATION St15 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.	27
FIGURE 18 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) MESUREES A LA STATION St15 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2008 ET 2014.	27
FIGURE 19 : CONCENTRATIONS DE Mn MESUREES A LA STATION St15 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.	27
FIGURE 20 : CONCENTRATIONS DE Ni MESUREES A LA STATION St15 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.	28
FIGURE 21 : CONCENTRATIONS DE Cu MESUREES A LA STATION St15 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.	28
FIGURE 22 : CONCENTRATIONS DE Co MESUREES A LA STATION St16 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.	29

FIGURE 23 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) MESUREES A LA STATION St16 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.....	30
FIGURE 24 : CONCENTRATIONS DE Mn MESUREES A LA STATION St16 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2013.....	30
FIGURE 25 : CONCENTRATIONS DE Ni MESUREES A LA STATION St16 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.....	30
FIGURE 26 : CONCENTRATIONS DE Cu MESUREES A LA STATION St16 (S : SURFACE ; M : MI-PROFONDEUR ; F : FOND) LORS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT REALISEES ENTRE 2007 ET 2014.....	31

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : MINIMUMS, MAXIMUMS ET MOYENNES DES VALEURS DE TEMPERATURE, SALINITE, FLUORESCENCE ET TURBIDITE DE LA STATION St15 LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	13
TABEAU 2 : MINIMUMS, MAXIMUMS ET MOYENNES DES VALEURS DE TEMPERATURE, SALINITE, FLUORESCENCE ET TURBIDITE DE LA STATION St16 LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES DE 2014.	13
TABEAU 3 : CONCENTRATIONS DES IONS SO_4^{2-} ET Mg^{2+} ET VALEURS DU PH MESUREES LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES 2014 A LA STATION St15.	16
TABEAU 4 : CONCENTRATIONS DES IONS SO_4^{2-} ET Mg^{2+} ET VALEURS DU PH MESUREES LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES 2014 A LA STATION St16.	16
TABEAU 5 : CONCENTRATIONS DES IONS CARBONATES MESUREES LORS DES CAMPAGNES TRIMESTRIELLES 2014 A LA STATION St16.	19
TABEAU 6 : RESULTATS D'ANALYSE DES TRIPLICATAS EFFECTUEES SUR LES STATIONS St15 ET St16 LORS DE LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE D'AVRIL 2014.	20

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie

Annexe 2 : Concentrations des matières en suspension (MES)

Annexe 3 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

ANNEXE 1

METHODOLOGIE

Eléments majeurs, MES et pH

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

- le dosage des ions magnésium (Mg^{2+}) a été déterminé par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'Emission Optique couplée à une torche plasma, marque Varian, modèle 730 ES) ;
- le dosage des sulfates (SO_4^{2-}) a été réalisé 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 ($S.m^{-1}$)	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

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Conditionnement et analyse

Pour chacune des stations, les trois profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en triple :

- Les 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 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 sont destinés aux analyses des ions magnésium et sulfates ;
- Les 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, Cu, 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	1
Co	0,012
Cr(VI)	0,050
Cu	0,015
Mn	0,011
Ni	0,012
Zn	0,020

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

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié d'eau de mer : CASS-5 (Tableau 3).

Remarque : La concentration de zinc (Zn) obtenue est plus élevée que la concentration certifiée. Les concentrations de Zn mesurées dans les échantillons d'eau de mer doivent donc être interprétées avec précaution car celles-ci sont probablement surestimées.

Tableau 3 : Résultats d'analyses de l'échantillon de référence CASS-5 (2014).

CASS-5 (n=3)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Conc. MESUREE	0,088	0,267	2,56	0,30	1,68
Ecart-type	0,008	0,031	0,05	0,02	0,16
Conc. CERTIFIEE	0,095	0,380	2,62	0,33	0,72
Ecart-type	*	0,028	0,20	0,02	0,07

ANNEXE 2

Concentrations des matières en suspension

Concentrations des matières en suspension (MES) des stations St15 et St16 échantillonnées lors des campagnes trimestrielles de mars, mai, août et novembre 2014. Niveaux de prélèvement : S = surface +3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3 m.

Campagne	Niveau	St15	St16
Avril 2014	S	0,34	0,23
	M	0,55	0,39
	F	0,53	0,82
Mai 2014	S	1,53	0,46
	M	0,63	0,29
	F	0,44	0,32
Août 2014	S	0,14	0,24
	M	0,13	0,36
	F	0,12	0,21
Octobre 2014	S	ND	1,18
	M	0,348	0,34
	F	0,642	0,35

ND : Valeur non déterminée suite à un problème de pré-traitement ou d'analyse.

ANNEXE 3

Concentration des métaux dissous dans la colonne d'eau

Concentrations des métaux dissous (Co, Cr(VI), Cu, Mn, Ni et Zn) des stations St15 et St16 échantillonnées lors des campagnes trimestrielles de mars, mai, août et novembre 2014. Niveaux de prélèvement : S = surface +3 m ; M = mi-profondeur ; F = fond -3 m.

Station St15

Campagne	Niveau	As (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)	Zn (µg/L)
Avril 2014	S	<1	0,075	0,254	1,670	<LQ	<LQ	0,692	0,358	<LQ
	M	1	0,047	0,199	0,237	<LQ	<LQ	0,375	0,265	<LQ
	F	2	0,043	0,189	0,203	<LQ	<LQ	0,520	0,256	0,203
Mai 2014	S	<1	0,260	0,706	0,755	0,021	0,053	1,819	2,674	0,740
	M	<1	0,068	0,149	0,190	0,013	0,038	0,666	0,499	0,445
	F	1	0,039	0,141	ND	0,016	0,031	0,251	0,440	0,079
Août 2014	S	<1	0,068	0,151	0,198	0,076	0,040	0,423	0,519	0,638
	M	<1	0,049	0,138	0,138	0,073	0,202	0,264	0,402	1,225
	F	<1	0,052	0,133	0,133	0,076	0,198	0,454	0,447	0,590
Octobre 2014	S	2	0,063	0,125	0,712	0,015	0,025	0,848	0,462	0,151
	M	2	0,049	0,113	0,170		0,017	0,299	0,302	0,293
	F	1	0,097	0,159	0,204	0,282	0,026	0,547	0,556	1,270

<LQ : Valeur inférieure à la limite de quantification ; ND : Valeur non déterminée suite à un problème de pré-traitement ou d'analyse.

Station St16

Campagne	Niveau	As (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)	Zn (µg/L)
Avril 2014	S	<1	0,028	0,207	0,227	0,087	0,022	0,209	0,206	0,148
	M	2	<LQ	0,195	0,202	<LQ	<LQ	0,060	0,124	<LQ
	F	2	0,029	0,175	0,197	<LQ	<LQ	0,164	0,208	0,104
Mai 2014	S	1	0,025	0,149	0,153	0,021	0,017	0,078	0,199	0,662
	M	1	0,021	0,134	0,166	<LQ	0,014	0,066	0,160	0,173
	F	1	0,031	0,134	0,187	0,015	0,037	0,214	0,338	0,568
Août 2014	S	1	0,044	0,144	0,144	0,039	0,160	0,310	0,391	0,751
	M	2	0,040	0,134	0,170	0,023	0,048	0,307	0,362	0,191
	F	1	0,043	0,130	0,187	0,107	0,270	0,345	0,426	1,790
Octobre 2014	S	2	0,052	0,116	0,190	0,038	0,028	0,500	0,416	1,438
	M	2	0,048	0,118	0,134	0,053	0,029	0,274	0,370	1,169
	F	2	0,078	0,155	0,188	0,019	0,021	0,270	0,490	0,836

<LQ : Valeur inférieure à la limite de quantification ; ND : Valeur non déterminée suite à un problème de pré-traitement ou d'analyse.