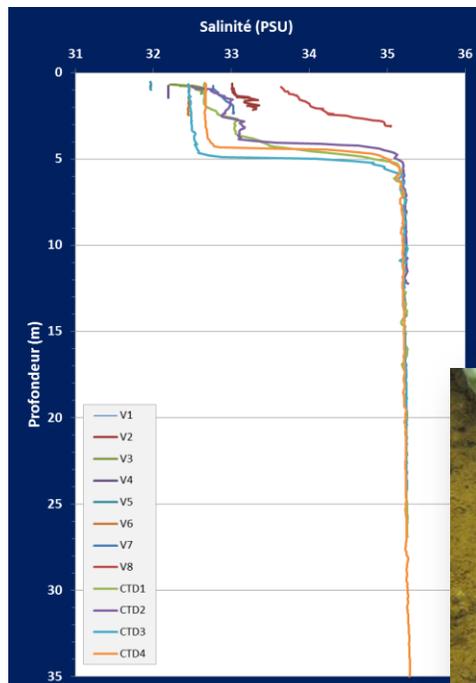


# RADE NORD : PHYSICO-CHEMIE DE LA COLONNE D'EAU CONSECUTIVEMENT AU PASSAGE DU CYCLONE FREDA

## MISSION DU 18 JANVIER



Photos de couverture AEL : Cyclone Freda. Thermocline dans les eaux de la Rade du Nord et déposition de MES sur un fond coralien.

Nombre de pages : 33

	N/Ref	V/Ref	
Identification	A130117-V-002	E54930/0001	
Titre complet	Rade Nord : physico-chimie de la colonne d'eau consécutivement au passage du cyclone Freda		
Auteurs	Fernandez Jean-Michel et Moreton Benjamin		
Résumé	<p>Le samedi 12 janvier, suite à une mission de contrôle routinier d'un bateau de pêche en Rade Nord (Baie du Prony), il a été signalé à la brigade de surveillance de la Direction de l'Environnement (DENV), une mortalité anormalement élevée de spécimens marins et de quantités très importantes de coraux blanchis. Le rapport DENV a été pris en considération par le « Département Environnement » de Vale-NC qui a donné suite en sollicitant AEL pour intervenir et réaliser des prélèvements et des mesures pour déterminer l'origine de ce phénomène.</p> <p>Les résultats des analyses montrent que le passage du cyclone Fréda a eu pour conséquences :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'apporter un volume d'eau douce très important dans la Rade Nord, notamment par les émissaires naturels que sont Kadji et Creek de la Rade Nord. Ce volume, estimé à partir des profils de salinité, peut représenter entre <math>10.10^6</math> et <math>15.10^6</math> m<sup>3</sup> ;</li> <li>• de lessiver les bassins versants, notamment des deux principaux creeks nommés et d'injecter dans le lagon des masses conséquentes de particules arrachées aux sols latéritiques de surface ;</li> <li>• de bloquer les eaux douces entrant dans la Rade Nord par les creeks et de les confiner le long de sa côte nord, poussées par les vents forts (&gt; 30 nœuds) de secteurs sud-sud/est à sud/est.</li> </ul> <p>L'ensemble de ces mécanismes sont à l'origine probable des mortalités observées.</p>		
<b>APPROBATION</b>			
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Fernandez JM		24/04/2013
Vérificateur 1	Moreton Ben		24/04/2013
Vérificateur 2			
Approbateur(s)	Fernandez JM		24/04/2013
<b>EVOLUTION</b>			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR		DATE
V1.0	Rapport initial		02/05/2013
<b>COPIE - DIFFUSION</b>			
NOM	ORGANISME		
C Casalis JM N'Guyen	Département Environnement, Vale-NC		

Ce rapport est cité comme suit :

Fernandez J-M. et Moreton B., 2013. Rade Nord : physico-chimie de la colonne d'eau consécutivement au passage du cyclone Freda. Rapport AEL A130117-V-002, contrat Vale-NC/AEL n°E54930, 33p.

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	5
OBJECTIFS .....	6
METHODOLOGIE.....	7
A.    ECHANTILLONNAGE.....	7
B.    TECHNIQUES ANALYTIQUES .....	9
RESULTATS.....	10
A.    COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DE LA COLONNE D'EAU .....	10
1.    Structure verticale de la colonne d'eau .....	10
2.    chlorophylle <i>a</i> et Sels nutritifs .....	13
B.    COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MES DEPOSEES.....	20
C.    OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES : CYANOBACTERIES ET DINOFLAGELLES .....	23
CONCLUSION .....	24
LISTE DES FIGURES.....	28
LISTE DES TABLEAUX .....	29
ANNEXES.....	30

# INTRODUCTION

Le samedi 12 janvier, suite à une mission de contrôle routinier d'un bateau de pêche en Rade Nord (Baie du Prony), les pêcheurs ont signalé à la brigade de surveillance de la Direction de l'Environnement (DENV), une mortalité anormalement élevée de spécimens marins, notamment des porcelaines ainsi que des holothuries. Les constatations transmises ont également fait mention de quantités très importantes de coraux blanchis tout le long de la côte nord de la Rade Nord ainsi que de la présence de nombreux coraux morts, probablement, de longue date en raison de leur recouvrement par des algues ; cette dernière observation ne semblait affecter que le pourtour de l'Ilot Gabriel.

Un rapport DENV a été émis le 12 janvier relatant ces constatations et contact a été pris avec le « Département Environnement » de Vale-NC pour donner suite.

A son tour, AEL a donc été averti le 17 janvier pour organiser une intervention sur site afin de caractériser le milieu et de déterminer, si possible, l'origine probable de cette altération de la qualité du milieu marin.

L'intervention du laboratoire AEL a été programmée pour le 18 janvier dans l'après-midi et une équipe a été dépêchée sur les lieux pour réaliser des prélèvements et relevés pour assurer des analyses.

## OBJECTIFS

L'intervention sur le terrain avait pour double objectif de :

- mesurer in-situ un certain nombre de paramètres physico-chimiques de base permettant de caractériser la structure de la colonne d'eau ; cette prise de données a été réalisée avec une sonde multiparamétrique ;
- collecter des échantillons d'eau et de MES pour procéder à des analyses approfondies en laboratoire en termes de concentrations en métaux et de sels nutritifs dissous dans l'eau.

L'interprétation des données recueillies devait pouvoir statuer sur l'origine probable du phénomène de mortalité constaté.

# METHODOLOGIE

## A. ECHANTILLONNAGE

Les opérations d'échantillons ont été effectuées par l'équipe d'AEL le 18 janvier 2013.

En l'absence de coordonnées GPS précises des observations retranscrites dans le rapport de la Province-sud, les stations de prélèvement AEL ont été sélectionnées d'après leur positionnement géographique approximatif fourni par la carte du rapport de la DENV. Toutefois, une brève exploration sous-marine préalable des localisations a été nécessaire. Celle-ci a rapidement permis de constater que tout le secteur était globalement affecté par le même phénomène de mortalité et de sédimentation intense de particules brunes ; sur ces deux points, les constatations ont montré une grande homogénéité spatiale.

Huit stations (V1 à V8) ont été donc retenues le long de tout le pourtour de la Rade Nord. Ces points ont été sélectionnés pour les particularités observées lors des explorations préliminaires ; 2 d'entre-elles (V7 et V8) pouvant être étant considérées comme des sites témoins en raison de l'absence de couche de particules sédimentées et de la vitalité des coraux et/ou organismes marins observés (Tableau 1).

Sur chacune des 8 stations des profils multiparamétriques avec une sonde CTD (SBE 19+) ont été réalisés. Quatre autres profils ont aussi été enregistrés sur 4 stations supplémentaires localisées de part et d'autre de l'îlot Gabriel (CTD1 à CTD4) et formant deux radiales, dont l'une est dans l'axe du Creek Kadji (Figure 2). Six paramètres physico-chimiques ont été mesurés simultanément et en continu dans la colonne d'eau : la salinité, la température, la turbidité, la fluorescence, le pH et l'oxygène dissous.

La chronologie de l'échantillonnage de la colonne d'eau et des mesures est reportée sur le marégramme de la journée du 18 janvier 2013 (Figure 1) dont l'amplitude de marée calculée pour la Baie du Prony est d'intensité intermédiaire.

Les conditions météorologiques de la journée du 18 janvier étaient calmes : alizés de S-SE modérés (vitesse < 10 nœuds) et ciel clair.

Le Tableau 1 fournit la liste des coordonnées GPS exactes des lieux de prélèvement et de mesure.

La liste exhaustive des paramètres analysés dans les échantillons ou mesurés la colonne d'eau ainsi que les coordonnées exactes des stations sont listés dans les Tableau 2.

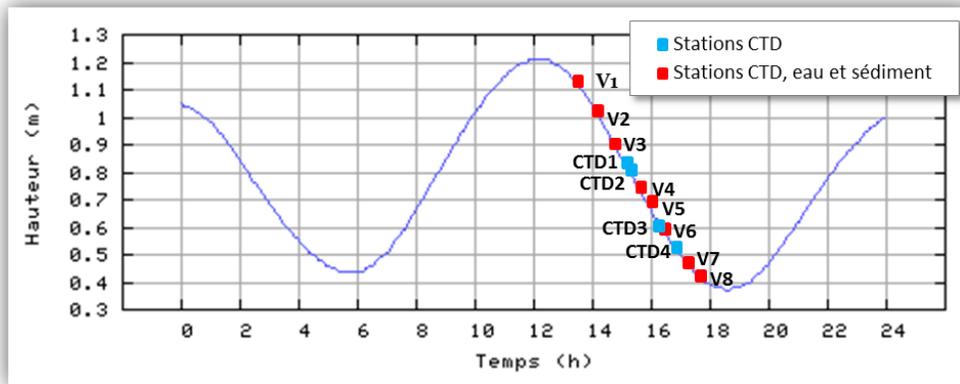


Figure 1 : Chronologie des prélèvements et mesures reportée sur le marégramme du 18/01/13

Tableau 1 : Liste des stations et coordonnées GPS des stations de prélèvements et de mesures.

STATION	HEURE DE PRELEVEMENT	LATITUDE	LONGITUDE
V1	13h37	S22°20,071	E166°52,692
V2	14h10	S22°19,642	E166°52,574
V3	14h51	S22°19,439	E166°52,232
CTD1	15h12	S22°19,625	E166°52,373
CTD2	15h19	S22°19,394	E166°52,497
V4	15h40	S22°19,342	E166°51,753
V5	16h09	S22°19,715	E166°51,518
CTD3	16h30	S22°19,771	E166°51,659
V6	16h38	S22°20,159	E166°51,482
CTD4	16h54	S22°20,118	E166°51,832
V7	17h12	S22°20,600	E166°51,898
V8	17h30	S22°20,544	E166°52,940

Tableau 2 : Liste des paramètres analysés et des mesures effectuées dans les prélèvements et nombre d'échantillons d'eau prélevés.

PARAMETRES ANALYSES/MESURES	MATRICE	NOMBRE D'ECHANTILLONS
Cr(VI)	Eau de mer surface	8
Métaux dissous (Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn)	Eau de mer surface	8
Chl a	Eau de mer surface	8
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	Eau de mer surface	8
NH <sub>4</sub>	Eau de mer surface	8
HCT	Eau de mer surface	8
CTD (Turbidité, fluorescence, salinité, température, O <sub>2</sub> -dissous)	Colonne d'eau	12
Eléments métalliques (As, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn)	Particules/couche de sédiments fins	8
Cyanobactéries, dinoflagellés	Particules/couche de sédiments fins	8



Figure 2 : Positionnement cartographique des stations de prélèvement et de mesure ; Localisation des stations de suivi physico-chimique trimestriel (St15 et St16) de la colonne d'eau.

## B. TECHNIQUES ANALYTIQUES

Les techniques analytiques employées pour les différents dosages sont décrites en Annexe 1.

# RESULTATS

## A. COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DE LA COLONNE D'EAU

### 1. STRUCTURE VERTICALE DE LA COLONNE D'EAU

Les profils de salinité réalisés ont permis de mettre en évidence une desalure importante dans les eaux de surface de toutes les stations du pourtour de la Rade Nord.. Cette dessalure, qui atteint des valeurs de 31,9 à 33,6 ‰, affecte une couche d'eau de, parfois, plusieurs mètres d'épaisseur. Toutefois celle-ci bien est moins prononcée au niveau de la station V8 localisée sur la côte est, en sortie de la Rade Nord.

Le long des radiales, la dessalure occupe environ 5 mètres d'épaisseur au fond de la Rade Nord (ex : CTD3) et se poursuit vers le large en s'amincissant à 4 m progressivement (ex : CTD4 ; Figure 3).

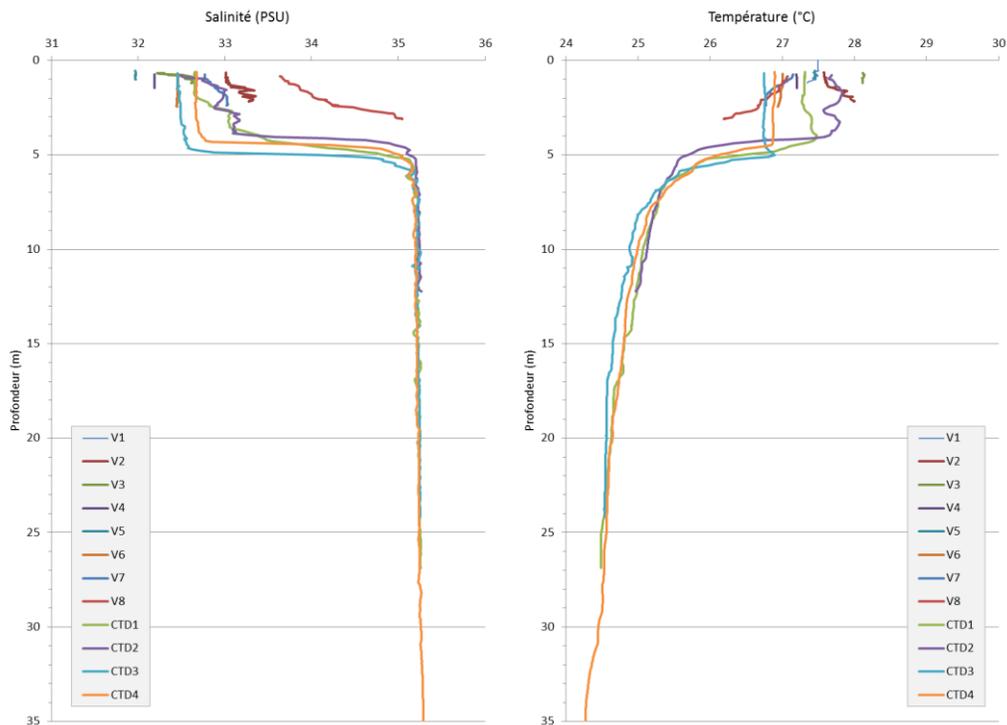


Figure 3 : Profils de salinité et de température aux 8 stations (V1 à V8) et aux 4 stations formant les deux radiales (CTD1 à CTD4).

Au-dessous de cette couche de surface, la valeur repasse brusquement (halocline) à la salinité normale du lagon, soit 35 ‰ environ jusqu'au fond.

En termes de température, la même couche de surface se singularise par des valeurs élevées comprises entre 27,3 et 28,1°C, les plus faibles étant attribuées aux stations V7 et V8 localisées en sortie de la Rade Nord.

Les profils de température réalisés en eau profonde (CTD1 à CTD4) ont clairement montré que les valeurs étaient plus élevées dans les 5 premiers mètres de la colonne d'eau qu'en profondeur, le changement de température se produisant par une chute drastique de 2 à 3 °C (thermocline ; Figure 3) ; les températures les plus hautes ont été mesurées pour les stations CTD1 et CTD2 localisées dans l'axe du creek Kadjj (respectivement, 27,3°C et 27,7°C environ), les plus fraîches au centre de la rade (CTD3 et CTD4) avec respectivement 26,8°C et 26,9°C.

Les profils de turbidité réalisés dans les eaux peu profondes correspondant à la ligne de côte (stations V1 à V8 ; Figure 4) fournissent une large gamme de valeurs comprises entre 0,5 et 2,3 NTU (Figure 4). Cette dispersion est le reflet de la mise en place de mécanismes localisés de remise en suspension des particules déposées ; l'intensité de ce phénomène étant fonction de l'exposition de la station échantillonnée par rapport à la direction du vent le jour de la campagne de mesures (18/01/13).

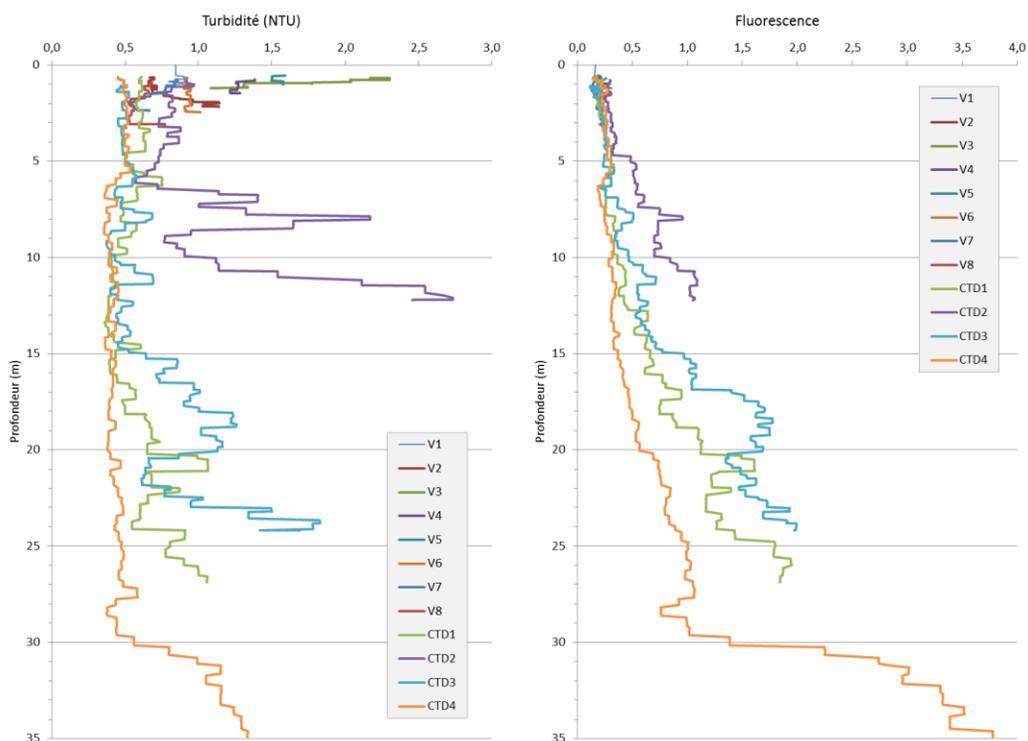


Figure 4 : Profils de turbidité et de fluorescence aux 8 stations (V1 à V8) et aux 4 stations formant les deux radiales (CTD1 à CTD4).

En ce qui concerne les 4 profils obtenus aux stations formant les deux radiales, ils sont caractéristiques des phases de décantation progressive et de transport des MES après un apport important dans le système lagunaire ; ce type de réponse est classiquement et régulièrement observé après un épisode pluvieux de forte amplitude.

En effet, les couches néphéloïdes les plus développées sont rencontrées au niveau des stations CTD2 et CTD3, proches de la ligne de côte, où deux structures turbides peuvent être nettement distinguées : une première couche dite « benthique » et une deuxième couche à une profondeur intermédiaire. A l'inverse, la station CTD4, au centre de la Rade Nord, ne montre qu'une couche benthique faiblement turbide laissant supposer que le centre de la rade a reçu moins d'apports terrigènes. A l'inverse, l'absence de couche turbide notable à la station CTD1, localisée au droit du creek Kadji, montre que le processus de renouvellement de l'eau est en cours.

En tout état de cause, les niveaux de turbidité mesurés sont dans la normale des valeurs enregistrées pour un fond de baie (Beliaeff, 2011).

Les profils de fluorescence soulignent un déficit de pigments chlorophylliens dans les 5 premiers mètres de profondeur, quelle que soit la station (Figure 4). Au niveau des stations plus profondes formant la radiale, l'augmentation de la fluorescence s'observe progressivement, sauf en CTD2 où une nette augmentation s'observe sous les 5 m de profondeur.

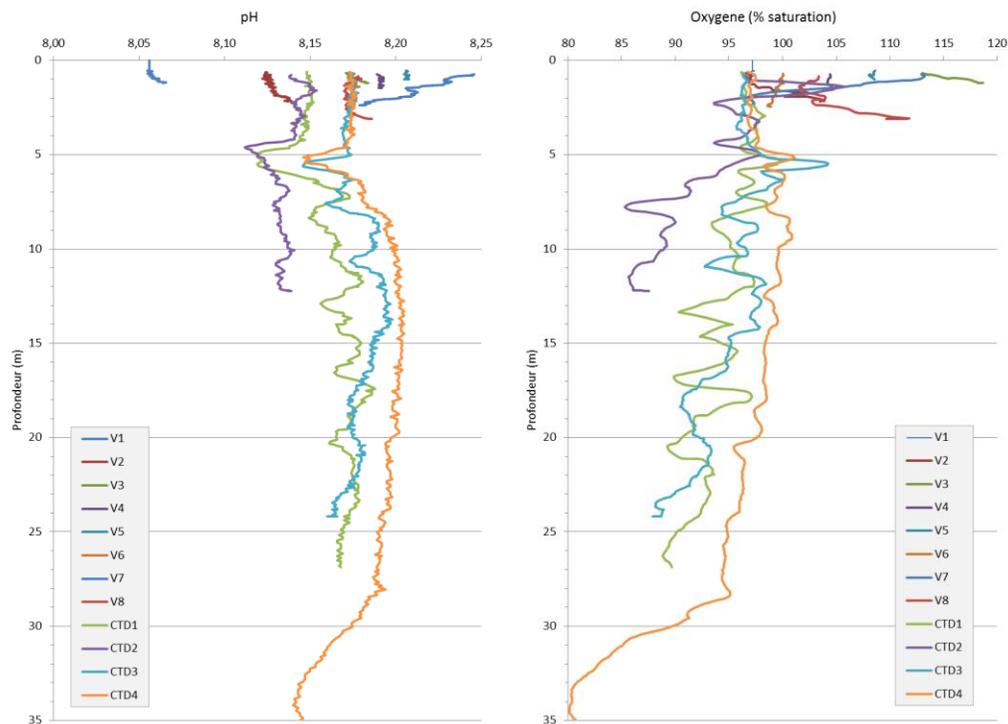


Figure 5 : Profils de pH et d'oxygène dissous aux 8 stations (V1 à V8) et aux 4 stations formant les deux radiales (CTD1 à CTD4).

Les valeurs maximales en chlorophylle coïncident avec les maxima observés pour les couches turbides.

Les valeurs du pH et les concentrations en oxygène dissous confirment que la couche des 5 premiers mètres sous la surface est différenciable du reste de la colonne d'eau (Figure 5). En effet, les eaux sont légèrement plus acides ( $\text{pH} < 8,15$ ) pour les stations V1 et V2 ainsi que CTD1 et CTD2 qui sont, respectivement localisées sous influence des creeks de la Rade Nord et Kadji. Plus la station est éloignée des termes sources d'eau douce, plus le pH se rapproche des valeurs normales pour le lagon ( $\text{pH} \approx 8,25$ ), comme à la station V7.

En ce qui concerne l'oxygène dissous, une sursaturation semble affecter la couche de surface de 5 m de profondeur pour les stations V1 à V8 (Figure 5). Ailleurs, une valeur assez constante proche de la saturation s'observe.

## 2. CHLOROPHYLLE A ET SELS NUTRITIFS

### a) CHLOROPHYLLE A

Le résultat des dosages de chlorophylle *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) effectués pour les stations V1 à V8 sont présentés dans le Tableau 3.

Toutes les valeurs en chlorophylle *a* sans exception, sont bien inférieures aux concentrations moyennes ( $0,462 \pm 0,184 \mu\text{g/L}$ ) habituellement mesurées dans la Baie du Prony depuis 2008 ; celles-ci étant en accord avec les mesures de fluorescence obtenues avec la sonde multiparamétrique qui traduisent un déficit en pigments chlorophylliens c'est-à-dire en masse phytoplanctonique.

Ces valeurs sont par ailleurs, considérées comme bonnes, selon le guide CNRT-2011, voire pauvres puisqu'elles se situent dans la partie inférieure de la « *gamme des concentrations des fonds de baies* » où, habituellement, elles sont sensiblement plus élevées (Tableau 4).

Tableau 3 : Concentrations en chlorophylle *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013.

STATION	Chlorophylle <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )
V1	0,236
V2	0,337
V3	0,280
V4	0,335
V5	0,372
V6	0,279
V7	0,184
V8	0,262

Tableau 4 : Concentrations de référence pour la chlorophylle  $a$  ( $\mu\text{g/L}$ ), d'après Beliaef et al. (2011). La gamme cerclée de rouge correspond à la valeur moyenne mesurée dans les stations V1 à V8.

CHLOROPHYLLE A ( $\mu\text{g/L}$ )	Bon	Moyen	Mauvais
Fond de baie, littoral	0,2 – 1,5	1,5 – 5,0	$\geq 5,0$
Lagon en milieu côtier	0,1 – 1,0	1,0 – 2,0	$\geq 2,0$
Proche récif barrière	< 0,3	Upwelling, bloom 0,3 – 0,5	$\geq 0,5$

## b) NITRATES ET NITRITES

Le résultat des dosages de nitrates ( $\mu\text{mol/L}$ ) effectués pour les stations V1 à V8 sont présentés dans le Tableau 5.

Les teneurs mesurées sont très variables l'une de l'autre, puisqu'elles s'échelonnent de la limite de quantification (LQ =  $0,02 \mu\text{mol/L}$ ) à plus de  $1 \mu\text{mol/L}$  (Tableau 5) : ces dernières étant proches des concentrations maximales ( $1,86 \mu\text{mol/L}$ ) mesurées depuis la mise en place du suivi physico-chimique (2008), la valeur moyenne mesurée en saison chaude étant de  $0,063 \pm 0,016 \mu\text{mol/L}$ .

Tableau 5 : Concentrations en nitrates ( $\mu\text{mol/L}$ ) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013.

STATION	NITRATES ( $\mu\text{mol/L}$ )
V1	0,031
V2	<LQ
V3	1,029
V4	0,124
V5	0,078
V6	<LQ
V7	0,058
V8	0,241

Tableau 6 : Concentrations de référence pour les nitrates ( $\mu\text{mol/L}$ ), d'après Beliaef et al. (2011). La gamme cerclée de rouge correspond à la valeur moyenne mesurée dans les stations V1 à V8

NITRATES ( $\mu\text{mol/L}$ )	Bon	Moyen	Mauvais (Eutrophisation)
Fond de baie, littoral	< 0.2	[0.2 – 20[	> 20
Lagon en milieu côtier	< 0.5	[0.5 – 3.0[	> 3.0
Proche récif barrière	< 0.1	[0.1 – 0.7[	> 0.7

Alors que les valeurs élevées peuvent conforter l'hypothèse selon laquelle il existe un déficit de masse phytoplanctonique capable de consommer les nitrates présents dans l'eau, comme à la station V3, les

faibles concentrations sont plus difficilement interprétables avec les seules données disponibles. Toutefois, cette variabilité conduit à penser qu'une certaine hétérogénéité des masses d'eau est encore présente et que l'équilibre dans le développement des communautés phytoplanctoniques n'est pas encore rétabli.

Exception faite de V3, la qualité des eaux demeure, cependant, bonne (Tableau 6).

### c) AMMONIUM (NH<sub>4</sub>)

Le résultat des dosages de NH<sub>4</sub> (µmol/L) effectués pour les stations V1 à V8, sont présentés dans le Tableau 7.

Les concentrations en ammonium sont toutes plus élevées que la valeur moyenne obtenue depuis la mise en place du suivi (2008) ; les dépassements peuvent atteindre un facteur 2, comme observé aux stations V4 et V5. Ces augmentations sont le signe d'un accroissement des phénomènes de dégradation de la matière organique.

Tableau 7 : Concentrations en ammonium (NH<sub>4</sub>, en µmol/L) aux huit stations de la Rade Nord prélevées le 18 janvier 2013.

STATION	NH <sub>4</sub> (µmol/L)
V1	0,087
V2	0,059
V3	0,048
V4	0,114
V5	0,148
V6	0,069
V7	0,067
V8	0,056

Tableau 8 : Concentrations de référence pour l'ammonium, (µmol/L) d'après Beliaef et al. (2011). La gamme cerclée de rouge correspond à la valeur moyenne mesurée dans les stations V1 à V8.

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol/L)	Bon	Moyen	Mauvais
Fond de baie, littoral	< 0,5	0,5 – 1,0	≥ 1,0
Lagon en milieu côtier	< 0,3	0,3 – 0,7	≥ 0,7
Proche récif barrière	< 0,2	Upwelling, bloom 0,2 – 0,5	≥ 0,5

Bien que ces valeurs soient en augmentation par rapport aux concentrations normales de la Rade Nord, celles-ci ne modifient pas la qualité physico-chimique de la colonne d'eau qui est qualifiée de bonne (Tableau 8).

d) METAUX DISSOUS

(1) Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn

Le résultat des dosages en métaux dissous (Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn) effectués aux stations V1 à V8, sont présentées dans le Tableau 9, Figure 6 et Figure 7.

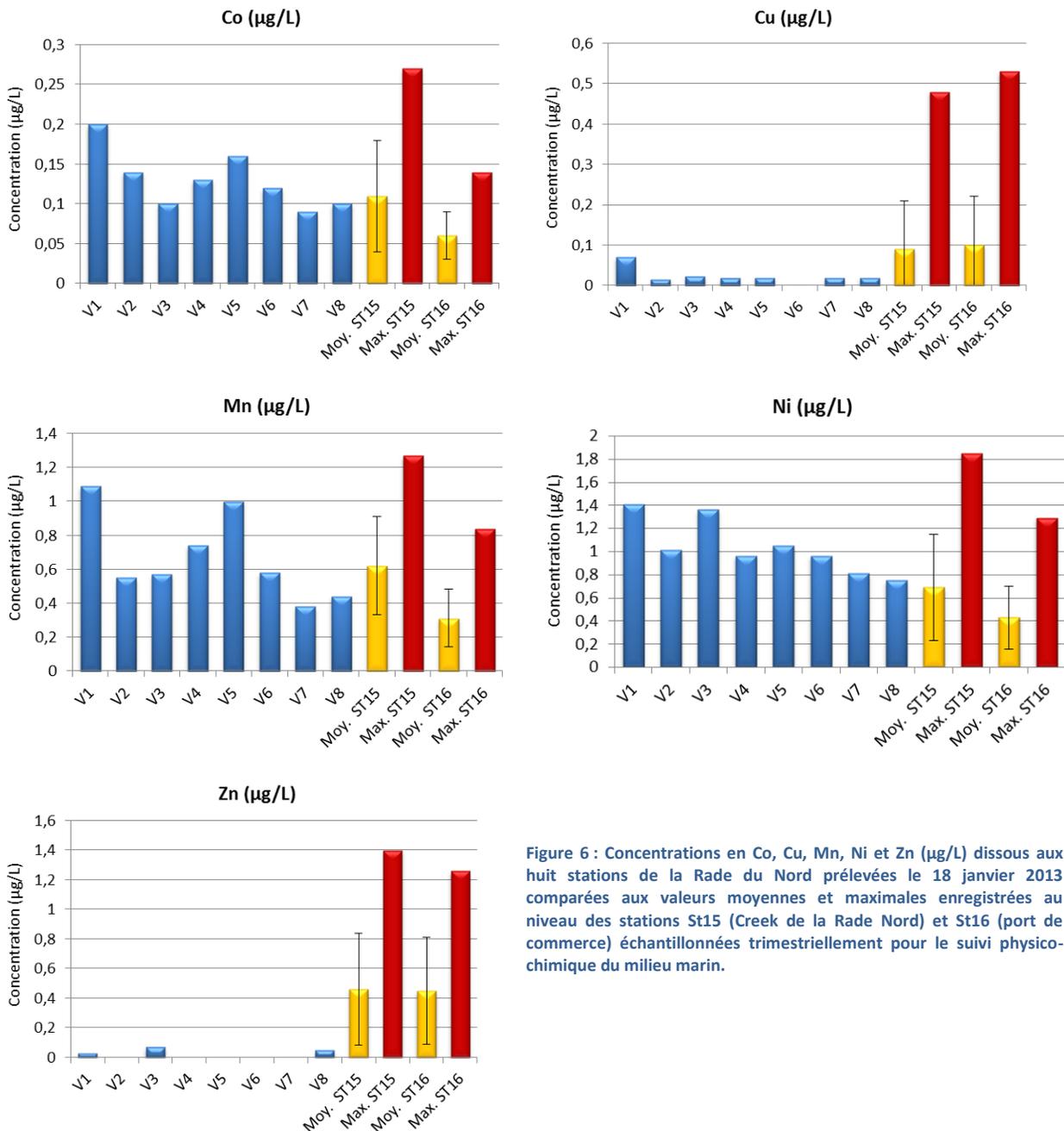


Figure 6 : Concentrations en Co, Cu, Mn, Ni et Zn (µg/L) dissous aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013 comparées aux valeurs moyennes et maximales enregistrées au niveau des stations St15 (Creek de la Rade Nord) et St16 (port de commerce) échantillonnées trimestriellement pour le suivi physico-chimique du milieu marin.

Les concentrations en Co et Ni sont quasiment toutes supérieures aux moyennes habituellement obtenues depuis la mise en place du suivi physico-chimique trimestriel, au droit du Creek de la Rade Nord (station St15).

Pour Mn, cette constatation s'applique également mais seulement pour les stations V1 à V5 soumises quasi directement à l'influence des deux principaux creeks (Creek de la Rade Nord et Kadji). Les 3 autres stations (V6 à V8) montrent des niveaux de concentrations inférieures à la moyenne relevée pour le suivi trimestriel, cette différence s'expliquant par leur positionnement géographique, c'est à dire leur éloignement vis-à-vis des termes sources. Toutefois, dans tous les cas, les concentrations mesurées aux huit stations restent inférieures aux valeurs maximales enregistrées à la station St15 (ex. : Figure 6). A des fins de comparaison, la concentration moyenne obtenue pour la station St16 (port de commerce) est bien plus faible que les valeurs mesurées aux huit stations (V1 à V8) ; les concentrations maximales en St16 sont-elles, en général, également plus faibles (ex. : Figure 6).

En ce qui concerne les concentrations en Cu et Zn mesurées autour de la Rade Nord (V1 à V8), celles-ci sont toutes faibles, voire très faibles (< LQ) par rapport aux conditions typiques rencontrées lors des suivis trimestriel.

**Tableau 9 : Concentrations en Co, Cu, Mn, Ni et Zn ( $\mu\text{g/L}$ ) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013 comparées aux valeurs moyennes et maximales enregistrées au niveau des stations St15 (Creek de la Rade Nord) et St16 (port de commerce) échantillonnées trimestriellement pour le suivi physico-chimique du milieu marin.**

Station	Co ( $\mu\text{g/L}$ )	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )
V1	0,2	0,07	0,053	1,09	1,41	0,03
V2	0,14	0,016	0,053	0,55	1,01	<LQ
V3	0,1	0,024	0,013	0,57	1,36	0,07
V4	0,13	0,019	0,036	0,74	0,96	<LQ
V5	0,16	0,02	0,025	1	1,05	<LQ
V6	0,12	<LQ	0,039	0,58	0,96	<LQ
V7	0,09	0,02	0,046	0,38	0,81	<LQ
V8	0,1	0,02	0,023	0,44	0,75	0,05

Station	Co ( $\mu\text{g/L}$ )	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )
Moy. ST15	0,11	0,09	0,07	0,62	0,69	0,46
Max. ST15	0,27	0,48	0,02	1,27	1,85	1,4
Moy. ST16	0,06	0,1	0,06	0,31	0,43	0,45
Max. ST16	0,14	0,53	0,03	0,84	1,29	1,26

\*Concentration moyenne dans l'eau de surface à la station St16 déterminée entre Mars 2007 et Novembre 2012.

\*\*Ecart-type des concentrations dans l'eau de surface à la station St16 déterminée entre Mars 2007 et Novembre 2012.

\*\*\*Concentration maximum dans l'eau de surface à la station St16 déterminée entre Mars 2007 et Novembre 2012.

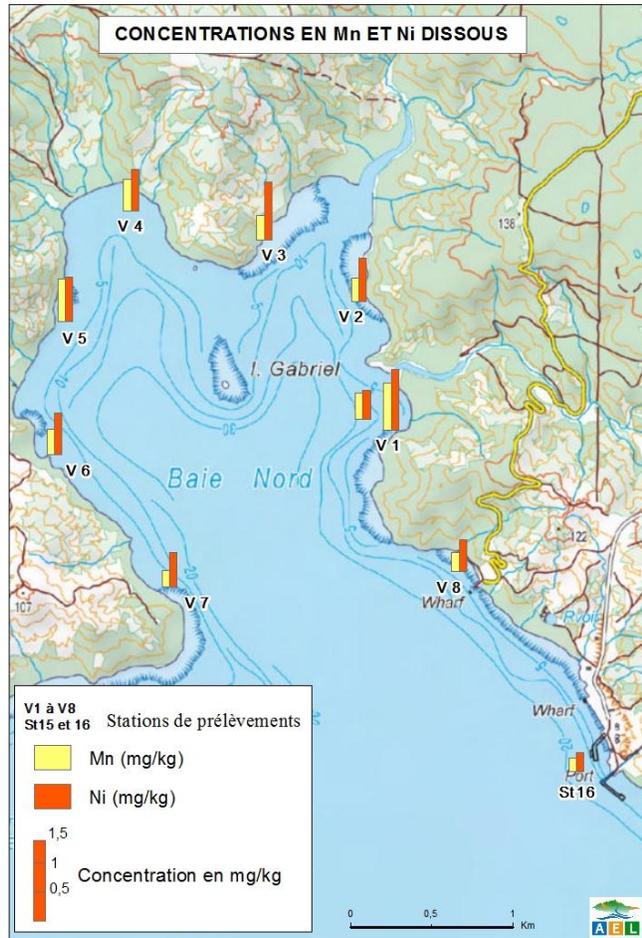


Figure 7 : Distribution spatiale des concentrations en nickel et en manganèse dissous dans les huit stations de la Rade Nord (mission du 18 janvier 2013 ; comparaison avec les valeurs moyennes aux stations de suivi trimestriel St15 et St16.

## (2) CHROME HEXAVALENT (Cr(VI))

Le résultat des dosages du Cr(VI) effectués aux stations V1 à V8 sont présentés dans le Tableau 10.

Les concentrations de toutes les stations échantillonnées le 18 janvier 2013 sont inférieures à la limite de quantification.

Les concentrations sont étonnamment faibles. En effet, il est habituellement observé dans la Baie du Prony entre 0,3 et 0,4 µg/L de Cr(VI). Cette différence est difficilement explicable si ce n'est pas un effet de dilution massif avec des eaux appauvries en Cr(VI) ; la réaction de solubilisation du chrome à partir de la chromite présente naturellement dans le bassin du Creek de la Rade Nord résultant d'un mécanisme assez lent. Il est à noter qu'autour de l'embouchure du creek, les apports en chromite ont été relativement importants pendant l'épisode pluvieux qui a accompagné Fréda.

Tableau 10 : Concentrations de Cr(VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013 comparées aux valeurs moyennes et maximales enregistrées au niveau des stations St15 (Creek de la Rade Nord) et St16 (port de commerce) échantillonnées trimestriellement pour le suivi physico-chimique du milieu marin.

STATION	Cr(VI) ( $\mu\text{g/L}$ )
V1	<0,050
V2	<0,050
V3	<0,050
V4	<0,050
V5	<0,050
V6	<0,050
V7	<0,050
V8	<0,050
Moy. ST15 *	0,470
Ecart-type**	0,371
Max. ST15***	1,22
Moy. ST16*	0,338
Ecart-type**	0,321
Max. ST16***	1,43

#### e) HYDROCARBURES TOTAUX (HCT)

Les résultats des analyses d'hydrocarbures totaux sont présentés dans le Tableau 11.

Toutes les valeurs sont en dessous de la limite de quantification de la méthode.

Tableau 11 : Concentrations en HCT ( $\text{mg/L}$ ) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013.

Station	HCT ( $\text{mg/L}$ )
V1	<0,1
V2	<0,1
V3	<0,1
V4	<0,1
V5	<0,1
V6	<0,1
V7	<0,1
V8	<0,1

## B. COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MES DEPOSEES

Les teneurs en métaux totaux (mg/kg) pour Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni sont présentées dans le Tableau 12 et les

Figure 8 et Figure 9. Les résultats sont compris dans la gamme des teneurs obtenues pour les sédiments de surface des stations St15 et St16.

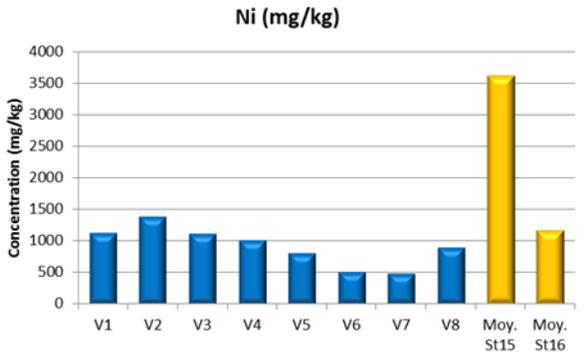
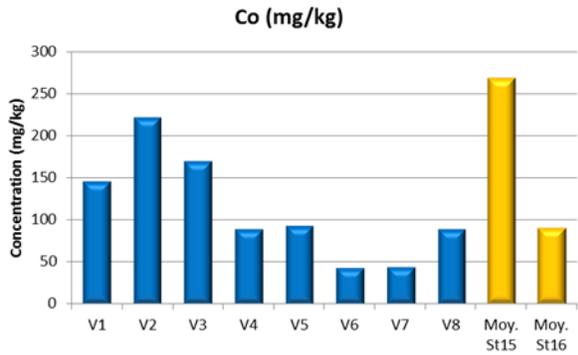
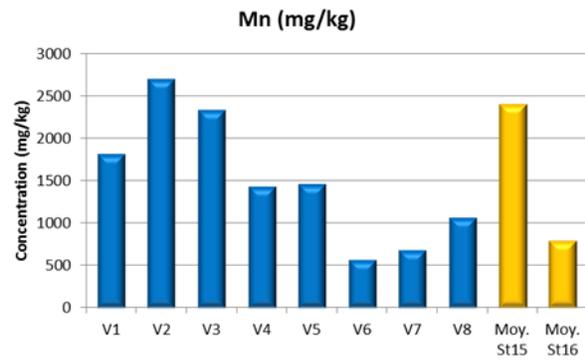
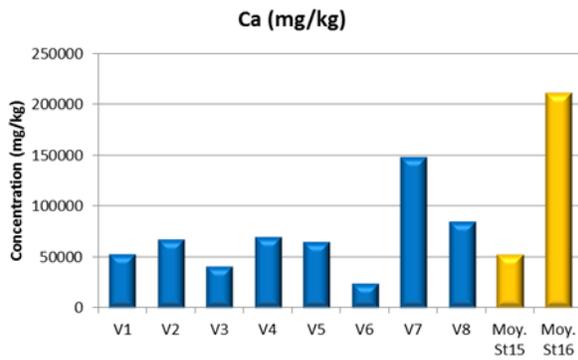
Il apparaît clairement que les stations, V1 à V4, proches des émissaires naturels d'influence terrigène comme le Creek de la Rade Nord et Kadji, montrent que les niveaux de concentration en métaux dans les MES sont très comparables aux valeurs mesurées dans les sédiments de St15. Cette observation est corroborée par les distributions des éléments métalliques comme Co, Cr et Mn, en particulier. Probablement sous forme de chromite, minéral de forte densité, Cr ne se retrouve en forte concentrations qu'au niveau des stations les plus proches des embouchures (V1 à V3). Pour Ni, de manière surprenante, les concentrations dans les MES sont faibles pour toutes les stations de V1 à V8

A l'inverse, exception faite des deux stations prises comme références en sortie de la rade (V7 et V8), les teneurs en Ca (traceur de l'influence marine) des prélèvements V1 à V6 sont très faibles.

D'une manière globale, en direction de la sortie de rade, les concentrations aux stations V5 à V8 sont du même ordre de grandeur que celles habituellement mesurées à la station St16 du port de commerce, bien moins influencée par les apports terrigènes directs.

**Tableau 12 : Teneurs en métaux et calcium (mg/kg) des MES déposées aux huit stations V1 à V8 de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013 comparées aux valeurs moyennes enregistrées dans les sédiments de surface au niveau des stations St15 (Creek de la Rade Nord) et St16 (port de commerce) pour le suivi géochimiques des sédiments.**

Station	As (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)
V1	<20	52814	146	22	11393	166652	1820	1124	99
V2	<20	67152	222	8	15285	179013	2705	1379	111
V3	<20	41159	170	24	11280	127537	2334	1115	901
V4	<20	69535	89	12	5214	103179	1433	1012	132
V5	<20	64976	94	27	2655	77266	1459	808	158
V6	<20	23774	43	24	1851	72159	566	518	190
V7	<20	148270	44	29	1254	52423	678	485	33
V8	<20	84610	89	22	3539	80234	1069	898	34
Station	As (mg/kg)*	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cu (mg/kg)*	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)*
Moy. St15	43	52670	269	14	12954	287954	2404	3619	200
Ecart-type St15			10		3765	81862	290	558	
Moy. St16	<20	211837	90	10	2938	83674	795	1163	82
Ecart-type St16			5		1241	30087	54	275	



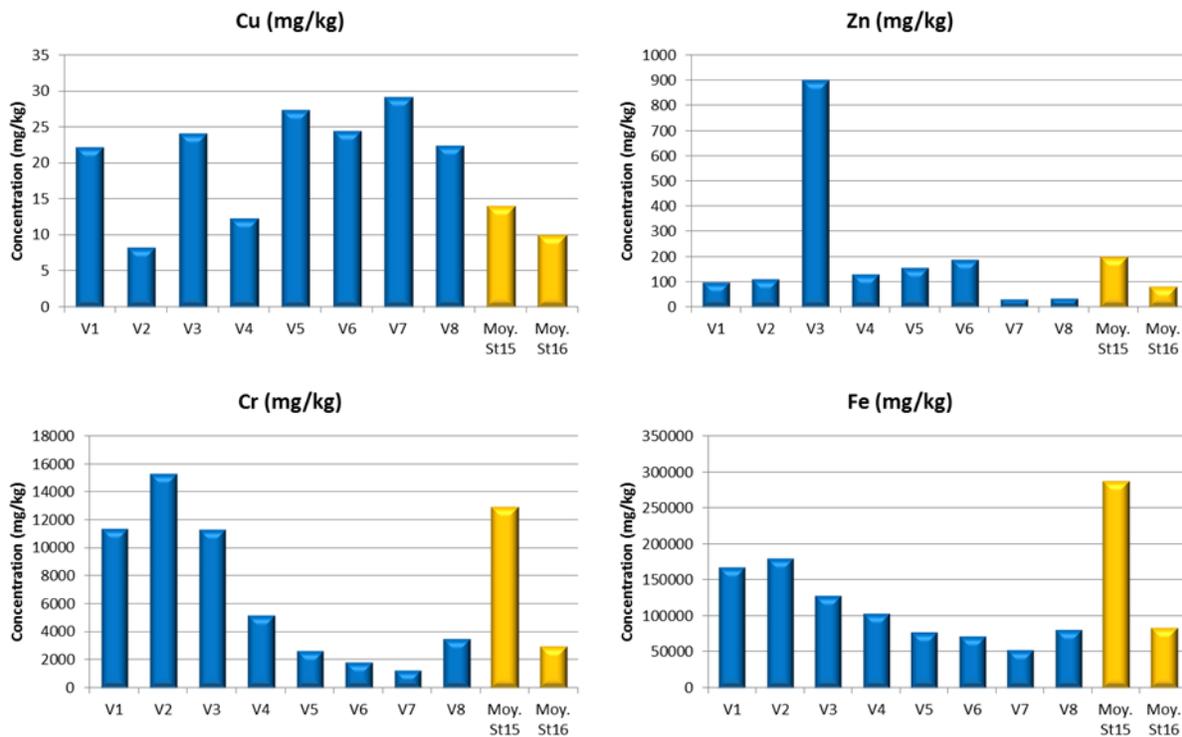


Figure 8 : Concentrations en Ca, Co, Cr, Mn, Ni et Zn particulaires (mg/kg) aux huit stations de la Rade du Nord prélevées le 18 janvier 2013 comparées aux valeurs moyennes enregistrées au niveau des stations St15 (Creek de la Rade Nord) et St16 (port de commerce) pour le suivi géochimiques des sédiments.

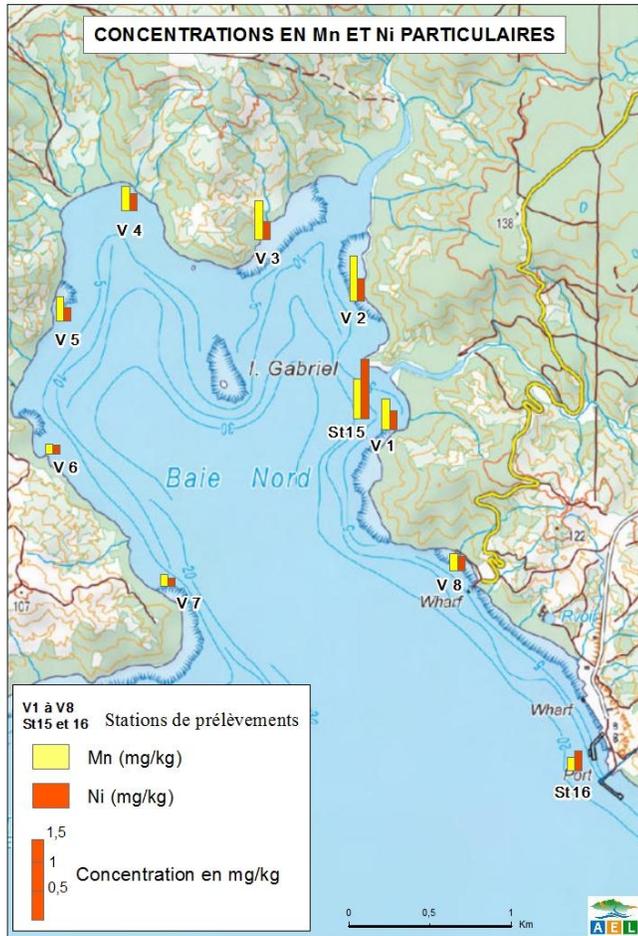


Figure 9 : Représentation cartographique des concentrations du nickel et du manganèse particulaire dans les huit stations de la Rade Nord (mission du 18 janvier 2013 ; comparaison avec les valeurs aux stations de suivi trimestriel St15 et St16).

### C. OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES : CYANOBACTERIES ET DINOFLAGELLES

Aucune efflorescence de dinoflagellés ou de cyanobactéries n'ont été observées dans les 8 échantillons de matière en suspension collectée le 18 janvier 2013.

# CONCLUSION

Le début d'année 2013 a été marqué par le passage d'une dépression classée en cyclone tropical (Fréda) qui a concerné le Territoire entre 21/12/2012 et le 04/01/2013.

Cette dépression a été caractérisée par une pluviométrie relativement importante mais localisée essentiellement le long des côtes est et sud de la Grande Terre. Ainsi, il a été enregistré 376,5mm le 02 janvier 2013 à la station dite « Goro-Usine » (Figure 10). Après cette date, aucune pluie significative n'a été mesurée jusqu'au 17 janvier 2013 où il est tombé un peu plus de 12 mm.

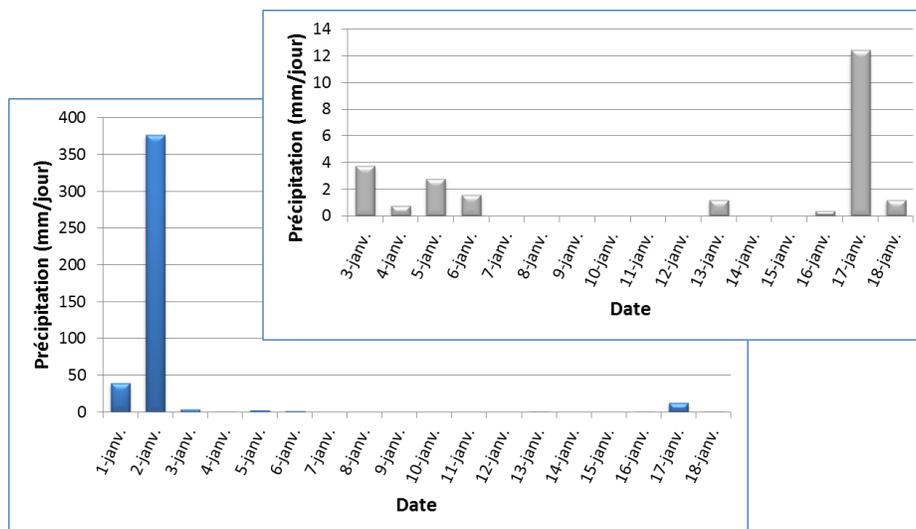


Figure 10 : Taux de précipitations en mm/jour enregistrés à la station dite « Goro-Usine » de Vale pour le mois de Janvier 2013.

Une autre particularité de ce cyclone a été la trajectoire qu'il a suivi puisque celle-ci a longé la côte est de la Nouvelle Calédonie. Pour le sud de la Grande Terre, cette trajectoire a eu pour conséquence de générer des vents de secteurs est à sud avec des accélérations de plus de 30 nœuds de secteurs sud-est à sud/sud-est (Figure 11). La vitesse moyenne maximale observée à la station de l'« usine de Goro » a été de  $33,4 \pm 0,4$  m/s pour les journées du 2 et 3 janvier 2013, coïncidant avec l'épisode pluvieux de forte intensité.

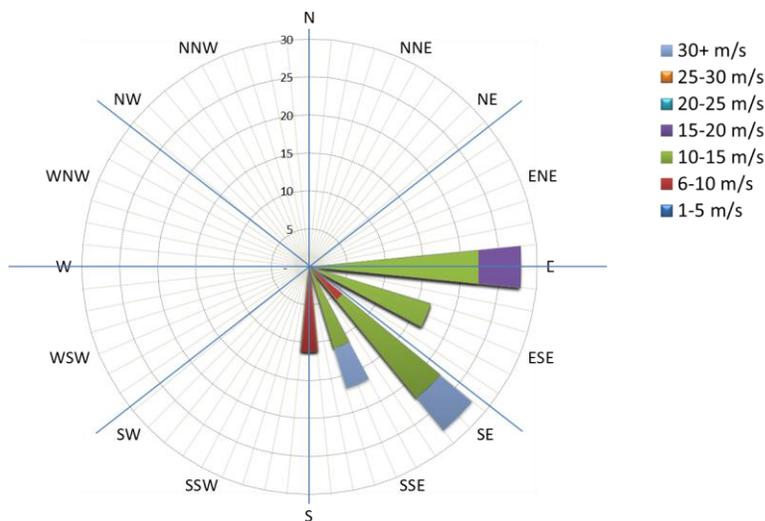


Figure 11 : Direction et nombre de jours de vent moyen par 24 h par tranche de 5 nœuds entre le 01 et le 18 janvier 2013

Le passage de cette perturbation tropicale a eu pour conséquences :

- d'apporter un volume d'eau douce très important dans la Rade Nord, directement ( $\approx 0,400 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ) et indirectement par les émissaires naturels que sont Kadji et Creek de la Rade Nord. Ce volume, estimé à partir des profils de salinité, peut représenter entre  $10 \cdot 10^6$  et  $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ( $1,3 \cdot 10^6$  pour la seule contribution atmosphérique directe) ;
- de lessiver les bassins versants, notamment des deux principaux creeks nommés et d'injecter dans le lagon des masses conséquentes de particules arrachées aux sols latéritiques de surface. Cependant, les quantités mises en jeu ne peuvent pas être estimées avec les données collectées le 18 janvier 2013 ;
- de bloquer les eaux douces entrant dans la Rade Nord par les creeks et de les confiner le long de sa côte nord, poussées par les vents forts ( $> 30$  nœuds) de secteurs sud-sud/est à sud/est ; les courants de marée dans ce secteur sont très faibles ( $< 1 \text{ cm/s}$ ) et ne peuvent assurer un renouvellement des eaux comme l'a montré la récente modélisation du secteur E de la Baie du Prony (Fernandez et Douillet, 2012).

Cette hypothèse est étayée, en premier lieu par la lecture des profils multiparamétriques qui permettent de mettre en évidence une stratification très bien circonscrite et de grande ampleur puisqu'elle est encore bien visible 16 jours après le passage Freda. Des paramètres comme le pH et la teneur en oxygène dissous confortent cette idée en démarquant un peu plus la couche de surface avec une légère acidification et une sursaturation en  $\text{O}_2$  dissous, évolutions attribuables aux retombées atmosphériques plus acides. La mesure de la turbidité et de la fluorescence, données souvent complémentaires, montrent-elles, clairement, l'existence de couches turbides en voie de décantation. Par ailleurs, la couche de surface se distingue par des valeurs de fluorescence (reliée à la teneur en chlorophylle  $a$ )

extrêmement faibles traduisant une activité phytoplanctonique quasiment inexistante : l'apport massif d'eau douce à probablement réduit drastiquement, voire décimé une fraction non négligeable des souches marines de la rade.

Par ailleurs, la modélisation hydrodynamique (Fernandez et Douillet, 2012) montre qu'après un simple rejet d'eau douce par le Creek de la Rade Nord (débit moyen = 1 m<sup>3</sup>/s) et sous l'effet des régimes d'alizés modérés (10m/s de S-SE), le panache saumâtre est visible dans toute la rade 3 jours après (Figure 12). Toutefois, le panache est ensuite poussé vers le secteur ouest de la rade par lequel il s'évacue vers l'Ilot Casy. En revanche, il affecte dans une moindre mesure les côtes est et sud-est de la rade.

Par ailleurs, la modélisation suggère que le panache occupe une couche d'une épaisseur de 3 à 4 mètres ce qui est en parfait accord avec les observations réalisées sur le terrain (Figure 13). Il est à noter que la dispersion verticale des eaux de pluie qui ont accompagné Fréda a probablement été fortement atténuée par la température plus élevée en surface des eaux de pluie, séparées par une nette thermocline de la couche sous-jacente.

Le taux de dilution moyen, calculé dans la rade, est de 5.10<sup>3</sup>, valeur qui est du même ordre de grandeur que la dessalure encore observée. Sur la base de cette hypothèse, le débit du Creek de la Rade Nord a pu atteindre plus de 100 m<sup>3</sup>/s.

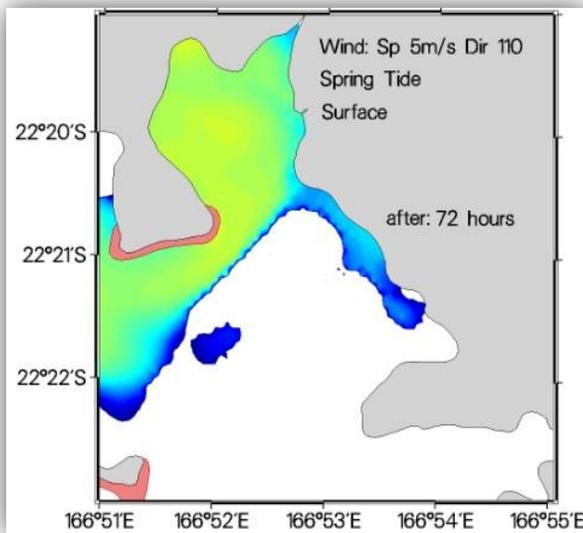


Figure 12 : Simulation de la dispersion d'un panache d'eau douce émis par le Creek de Rade Nord.

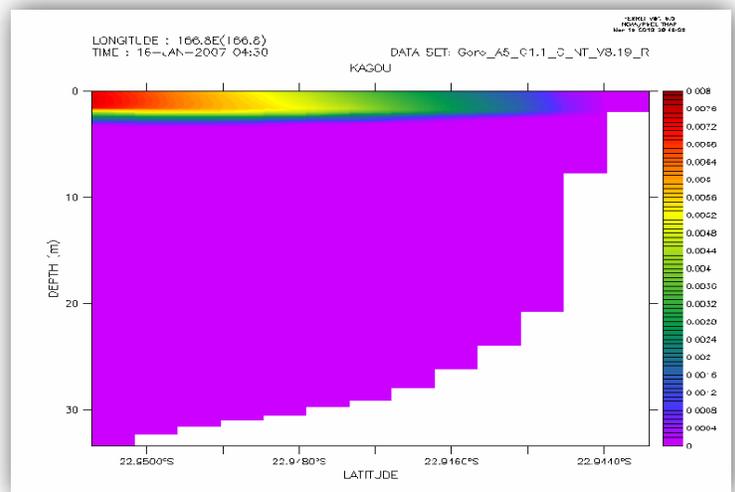


Figure 13 : Simulation de la dispersion d'un panache d'eau douce émis par le Creek de Rade Nord : coupe verticale au droit de l'émissaire.

# RÉFÉRENCES

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.

Fernandez JM. et Douillet P, Moreton B et Danes C, 2012. Modélisation hydrodynamique raffinée de la Baie du Prony: Maille à 60m. Contrat Vale-NC/AEL E29926/0001, 205p.

# LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : CHRONOLOGIE DES PRELEVEMENTS ET MESURES REPORTEE SUR LE MAREGRAMME DU 18/01/13 .....	8
FIGURE 2 : POSITIONNEMENT CARTOGRAPHIQUE DES STATIONS DE PRELEVEMENT ET DE MESURE ; LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVI PHYSICO-CHEMIE TRIMESTRIEL (ST15 ET ST16) DE LA COLONNE D'EAU.....	9
FIGURE 3 : PROFILS DE SALINITE ET DE TEMPERATURE AUX 8 STATIONS (V1 A V8) ET AUX 4 STATIONS FORMANT LES DEUX RADIALES (CTD1 A CTD4). .....	10
FIGURE 4 : PROFILS DE TURBIDITE ET DE FLUORESCENCE AUX 8 STATIONS (V1 A V8) ET AUX 4 STATIONS FORMANT LES DEUX RADIALES (CTD1 A CTD4). .....	11
FIGURE 5 : PROFILS DE PH ET D'OXYGENE DISSOUS AUX 8 STATIONS (V1 A V8) ET AUX 4 STATIONS FORMANT LES DEUX RADIALES (CTD1 A CTD4). .....	12
FIGURE 6 : CONCENTRATIONS EN Co, Cu, Mn, Ni ET Zn ( $\mu\text{g/L}$ ) DISSOUS AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013 COMPAREES AUX VALEURS MOYENNES ET MAXIMALES ENREGISTREES AU NIVEAU DES STATIONS St15 (CREEK DE LA RADE NORD) ET St16 (PORT DE COMMERCE) ECHANTILLONNEES TRIMESTRIELLEMENT POUR LE SUIVI PHYSICO-CHEMIE DU MILIEU MARIN. ....	16
FIGURE 7 : DISTRIBUTION SPATIALE DES CONCENTRATIONS EN NICKEL ET EN MANGANESE DISSOUS DANS LES HUIT STATIONS DE LA RADE NORD (MISSION DU 18 JANVIER 2013 ; COMPARAISON AVEC LES VALEURS MOYENNES AUX STATIONS DE SUIVI TRIMESTRIEL St15 ET St16. ....	18
FIGURE 8 : CONCENTRATIONS EN Ca, Co, Cr, Mn, Ni ET Zn PARTICULAIRES (MG/KG) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013 COMPAREES AUX VALEURS MOYENNES ENREGISTREES AU NIVEAU DES STATIONS St15 (CREEK DE LA RADE NORD) ET St16 (PORT DE COMMERCE) POUR LE SUIVI GEOCHIMIQUES DES SEDIMENTS. ....	22
FIGURE 9 : REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES CONCENTRATIONS DU NICKEL ET DU MANGANESE PARTICULAIRE DANS LES HUIT STATIONS DE LA RADE NORD (MISSION DU 18 JANVIER 2013 ; COMPARAISON AVEC LES VALEURS AUX STATIONS DE SUIVI TRIMESTRIEL St15 ET St16.....	23
FIGURE 10 : TAUX DE PRECIPITATIONS EN MM/JOUR ENREGISTRES A LA STATION DITE « GORO-USINE » DE VALE POUR LE MOIS DE JANVIER 2013. ....	24
FIGURE 11 : DIRECTION ET NOMBRE DE JOURS DE VENT MOYEN PAR 24 H PAR TRANCHE DE 5 NOEUDS ENTRE LE 01 ET LE 18 JANVIER 2013 .....	25
FIGURE 12 : SIMULATION DE LA DISPERSION D'UN PANACHE D'EAU DOUCE EMIS PAR UN EMISSAIRE .....	26

# LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE DES STATIONS ET COORDONNEES GPS DES STATIONS DE PRELEVEMENTS ET DE MESURES. ....	8
TABLEAU 2 : LISTE DES PARAMETRES ANALYSES ET DES MESURES EFFECTUEES DANS LES PRELEVEMENTS ET NOMBRE D'ECHANTILLONS D'EAU PRELEVES.....	8
TABLEAU 3 : CONCENTRATIONS EN CHLOROPHYLLE A ( $\mu\text{G/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013.....	13
TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS DE REFERENCE POUR LA CHLOROPHYLLE A ( $\mu\text{G/L}$ ), D'APRES BELIAEF ET AL. (2011). LA GAMME CERCLEE DE ROUGE CORRESPOND A LA VALEUR MOYENNE MESUREE DANS LES STATIONS V1 A V8.....	14
TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS EN NITRATES ( $\mu\text{MOL/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013.....	14
TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS DE REFERENCE POUR LES NITRATES ( $\mu\text{MOL/L}$ ), D'APRES BELIAEF ET AL. (2011). LA GAMME CERCLEE DE ROUGE CORRESPOND A LA VALEUR MOYENNE MESUREE DANS LES STATIONS V1 A V8.....	14
TABLEAU 7 : CONCENTRATIONS EN AMMONIUM ( $\text{NH}_4$ EN $\mu\text{MOL/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013.....	15
TABLEAU 8 : CONCENTRATIONS DE REFERENCE POUR L'AMMONIUM, ( $\mu\text{MOL/L}$ ) D'APRES BELIAEF ET AL. (2011). LA GAMME CERCLEE DE ROUGE CORRESPOND A LA VALEUR MOYENNE MESUREE DANS LES STATIONS V1 A V8.....	15
TABLEAU 9 : CONCENTRATIONS EN Co, Cu, Mn, Ni ET Zn ( $\mu\text{G/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013 COMPAREES AUX VALEURS MOYENNES ET MAXIMALES ENREGISTREES AU NIVEAU DES STATIONS St15 (CREEK DE LA RADE NORD) ET St16 (PORT DE COMMERCE) ECHANTILLONNEES TRIMESTRIELLEMENT POUR LE SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU MARIN. ....	17
TABLEAU 10 : CONCENTRATIONS DE Cr(VI) ( $\mu\text{G/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013 COMPAREES AUX VALEURS MOYENNES ET MAXIMALES ENREGISTREES AU NIVEAU DES STATIONS St15 (CREEK DE LA RADE NORD) ET St16 (PORT DE COMMERCE) ECHANTILLONNEES TRIMESTRIELLEMENT POUR LE SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU MARIN. ....	19
TABLEAU 11 : CONCENTRATIONS EN HCT ( $\text{MG/L}$ ) AUX HUIT STATIONS DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013.....	19
TABLEAU 12 : TENEURS EN METAUX ET CALCIUM ( $\text{MG/KG}$ ) DES MES DEPOSEES AUX HUIT STATIONS V1 A V8 DE LA RADE DU NORD PRELEVEES LE 18 JANVIER 2013 COMPAREES AUX VALEURS MOYENNES ENREGISTREES DANS LES SEDIMENTS DE SURFACE AU NIVEAU DES STATIONS St15 (CREEK DE LA RADE NORD) ET St16 (PORT DE COMMERCE) POUR LE SUIVI GEOCHIMIQUES DES SEDIMENTS.....	20

# ANNEXES

## 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  $\text{mg}/\text{m}^3$ , permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens (capteurs Wet labs) ;
- L'oxygène dissous ;
- Le pH.

**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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0 - 50	NA*	0,025
Oxygène dissous (mg/L)	0-120	2%	0,5%
pH	0-14	0,1	0,01

## 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 dans les 6 heures qui suivent le prélèvement de l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ). Chaque échantillon 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 ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) sont traités au chlorure de mercure dès retour à la terre et conservés à la température ambiante jusqu'à l'analyse. Chaque échantillon a fait l'objet d'un triplicat.

### **Nitrates + Nitrites**

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

### **Ammonium**

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac  $\text{NH}_3$  et d'ion ammonium  $\text{NH}_4^+$ , ce dernier étant prépondérant dans le milieu marin. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles et la méthode décrite par Holmes *et al.* (1999) est la plus adaptée. Il s'agit d'une méthode manuelle basée sur le principe d'une mesure fluorométrique qui permet de doser des quantités sub-micromolaires d'ammonium. Les proportions de réactifs ont été déterminées pour des concentrations maximales d'ammonium de 3  $\mu\text{M}$ , la limite de détection de la méthode est de 1,5 nM.

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

Pour chacune des stations de la campagne, les échantillons ont été prélevés en double :

- Les 8 échantillons du premier lot ont été filtrés en ligne à 0,45  $\mu\text{m}$  (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont destinés aux analyses des éléments Cr(total)/Cr(VI) effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire de AEL ;
- Les 8 échantillons du deuxième lot ont été directement filtrés à 0,45  $\mu\text{m}$  en ligne (filtres Millipore<sup>®</sup>, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer<sup>®</sup>) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement. De retour au laboratoire, les métaux ont été

élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M). L'analyse des éléments dissous Co, Fe, Mn, Ni et Zn a ensuite été effectués par ICP-OES (Marque Varian, modèle SE730).

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

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

Élément	LQ (µg/L)
Co	0,012
Cr(VI)	0,050
Cu	0,250
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012
Zn	0,015

La validation de la méthode de percolation et d'analyse des métaux dissous (Co, Fe, Mn, Ni et Zn) a été conduite avec deux échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26,3 et TMDA-61) délivrées par la société *Environment Canada* ont été intercalés 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 des échantillons certifiés TM-26,3 et TMDA-61.

Élément	TM-26,3 (µg/L)		TMDA-61 (µg/L)	
	Valeur déterminée	Valeur certifiée	Valeur déterminée	Valeur certifiée
Co	9,5 ± 0,7	8,1 ± 1,0	66,8 ± 0,7	62,9 ± 5,8
Fe	22,4 ± 0,6	21 ± 3,6	82,9 ± 1,9	81,1 ± 10,1
Mn	17,4 ± 0,3	17 ± 1,4	77,8 ± 1,1	74,8 ± 7,3
Ni	14,1 ± 1,6	10,2 ± 1,3	68,3 ± 1,7	58,7 ± 6,4
Zn	48,0 ± 2,8	39	83,5 ± 3,7	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

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

## ANALYSE DES HYDROCARBURES TOTAUX (HCT) DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

L'analyse est réalisée par un laboratoire externe en métropole selon une méthode interne et adaptée de la norme NF EN ISO 9377-2.

**OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES DES CYANOBACTERIES ET DES DINOFLAGELLES.**

Les prélèvements ont été réalisés sur 8 sites avec des tubes Flacon® de 50mL. Les échantillons ont été aussitôt stabilisés dans une solution de formaldéhyde à 5%, jusqu'à la phase d'observation microscopique.