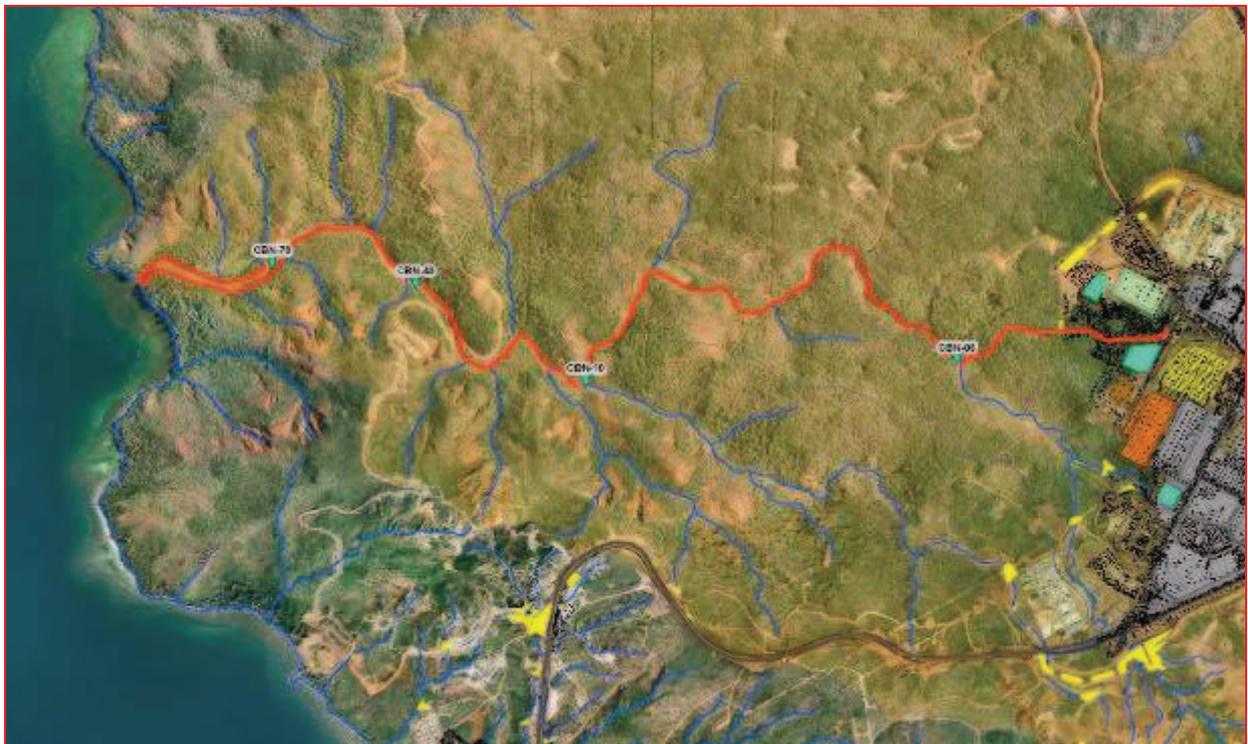


SUIVI ENVIRONNEMENTAL SUITE À L'ÉMISSION ACCIDENTELLE D'ACIDE DANS LE CREEK DE LA BAIE NORD



Mars 2010

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. EVALUATION DE L'EMISSION D'ACIDE DANS LE CREEK DE LA BAIE NORD	2
1.1. PROGRAMME D'EVALUATION	2
1.2. VALEURS DE REFERENCE	2
1.3. VALEURS OBTENUES	2
1.3.1. <i>Mesure d'acidité dans le milieu</i>	2
1.3.2. <i>Débit du Creek de la Baie Nord le 1er avril 2009</i>	3
1.3.3. <i>Estimation de la dispersion du panache d'acide</i>	5
1.4. QUANTIFICATION DE L'EMISSION D'ACIDE	6
1.4.1. <i>Evaluation de l'acide libre dans le Creek de la Baie Nord</i>	6
1.4.2. <i>Test de sensibilité associée aux hypothèses d'estimation</i>	7
1.4.2.1. Hypothèses associées à la mesure du débit.....	7
1.4.2.2. Hypothèses associées à la factorisation du débit	7
1.4.2.3. Hypothèses associées à l'estimation de la concentration en acide à partir du pH.....	7
1.4.2.4. Hypothèses associées à la calibration des pH-mètres	8
2. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE SURFACE	9
2.1. PROGRAMME D'EVALUATION	9
2.2. VALEURS DE REFERENCE	10
2.2.1. <i>Méthode</i>	10
2.2.1.1. Mesures in situ.....	10
2.2.1.2. Mesure des paramètres physico-chimiques en solution	10
2.2.1.3. Mesure des métaux	11
2.2.2. <i>Bilan</i>	12
2.2.2.1. Commentaires sur la qualité des données.....	12
2.2.2.2. Résultats.....	12
2.2.3. <i>Interprétation</i>	12
2.3. VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT.....	12
2.4. QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT	13
3. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA FAUNE DULCICOLE - MACRO INVERTEBRES	14
3.1. VALEURS DE REFERENCE	15
3.2. VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT.....	15
3.3. QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT	17
3.4. LES ETUDES DE SUIVI DE LA RECOLONISATION DU CREEK (ETUDES A MOYEN TERME).....	18
3.4.1. <i>La richesse taxonomique</i>	18
3.4.2. <i>La densité (nombre d'individus par m²)</i>	19
3.4.3. <i>Abondance relative</i>	20
3.4.3.1. Comparaison des suivis réalisés par Biotop et Hytec	23
4. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA FAUNE DULCICOLE – POISSONS	25
4.1. PROGRAMME D'EVALUATION	25
4.2. VALEURS DE REFERENCE	25
4.3. VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT.....	25
4.3.1. <i>Inventaire préliminaire des poissons morts</i>	25
4.3.2. <i>Campagnes d'observation dans le cours aval du creek de la Baie Nord</i>	26
4.3.2.1. Campagne du jeudi 23 avril 2009	26
4.3.2.2. Campagne du 7 mai 2009.....	27
4.3.3. <i>Première campagne de suivi par pêche électrique</i>	28
4.3.4. <i>Deuxième campagne de suivi par pêche électrique</i>	29
4.4. QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT	30
5. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES SEDIMENTS DE RIVIERE	31

5.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	31
5.2.	VALEURS DE REFERENCE.....	31
5.2.1.	<i>Prélèvements</i>	31
5.2.2.	<i>Mesures des paramètres chimiques des sédiments</i>	32
5.2.3.	<i>Bilan</i>	32
5.2.4.	<i>Composition minérale des sédiments</i>	32
5.2.5.	<i>Teneurs en matière organique</i>	32
5.2.6.	<i>Interprétations</i>	33
5.3.	VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT	33
5.4.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT.....	33
6.	MILIEU MARIN - BIOLOGIE DES ECOSYSTEMES SOUS-MARIN.....	35
6.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	35
6.1.1.	<i>Evaluation de l'impact au niveau de la station fixe ST02 de suivi la plus proche de l'embouchure du Creek de la Baie Nord</i>	35
6.1.2.	<i>Evaluation de l'aire potentiellement impactée (au plus près du creek de la Baie Nord)</i>	37
6.2.	VALEURS DE REFERENCE.....	41
6.2.1.	<i>Résumé de l'état des lieux 2008 sur la station fixe ST02</i>	43
6.2.2.	<i>Schéma structural général de la station ST02</i>	43
6.2.3.	<i>Evaluation du substrat de la station ST02 sur ses deux transects</i>	44
6.2.3.1.	<i>Les Sclérouctiniaux (ST02A)</i>	46
6.2.4.	<i>Evaluation de l'ichtyofaune sur la station ST02</i>	48
6.3.	VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT AU NIVEAU DE ST02	52
6.3.1.	<i>Mission n°1 (du 7 et 8 avril 2009)</i>	52
6.3.1.1.	<i>Schéma structural général de la station ST02 (avril 2009 une semaine après l'accident de la fuite d'acide dans le creek)</i>	53
6.3.2.	<i>Le substrat</i>	53
6.3.3.	<i>Le benthos</i>	56
6.3.4.	<i>L'ichtyofaune</i>	58
6.3.5.	<i>Conclusions sur la Station ST02</i>	60
6.4.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT AU NIVEAU DE LA STATION ST02 (MISSION DU 7 ET 8 AVRIL 2009).....	60
6.5.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT AU NIVEAU DE L'EMBOUCHURE DU CREEK ET SUR LES RADIALES ETUDIEES (MISSION N°1 DU 7 AU 9 AVRIL 2009)	61
6.5.1.	<i>En conclusion</i>	69
6.6.	MISSION DE SUIVI N°2, DEUX MOIS APRES L'ACCIDENT (22 AU 25 JUIN 2009).....	70
6.7.	MISSION DE SUIVI N°3, 9 MOIS APRES L'ACCIDENT (2009).....	78
7.	MILIEU MARIN – SEDIMENTS.....	86
7.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	86
7.2.	VALEURS DE REFERENCE.....	86
7.3.	VALEURS OBTENUES APRES LA FUITE D'ACIDE DANS LE CREEK.....	89
7.4.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT.....	92
8.	MILIEU MARIN - BIO INDICATEURS : BIVALVES ET ALGUES	93
8.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	93
8.2.	VALEURS DE REFERENCE.....	93
8.3.	VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT	94
8.4.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT.....	94
9.	SIMULATION HYDRODYNAMIQUE ET DISPERSION DU PANACHE	95
9.1.	CONCLUSIONS	100
10.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU.....	101
10.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	101
10.2.	VALEURS DE REFERENCE.....	102
10.3.	EVOLUTION SUR UN AN DES CONCENTRATIONS EN METAUX :	103
10.4.	VALEURS OBTENUES APRES L'ACCIDENT.....	105
10.5.	CONCLUSIONS	108
10.6.	QUANTIFICATION DE L'IMPACT	108

11.	CONCLUSION SUR LE MILIEU MARIN	110
12.	AUTRES ETUDES INDEPENDANTES	112
12.1.	SUIVI SEMESTRIEL DES TRANSPLANTS CORALLIENS	112
12.2.	SUIVI SEMESTRIEL EFFECTUE SUR 12 STATIONS FIXES EN JUIN 2009-	113
13.	EAUX SOUTERRAINES	115
13.1.	PROGRAMME D'EVALUATION	115
13.2.	VALEURS DE REFERENCE	115
13.2.1.	<i>Méthode</i>	<i>116</i>
13.2.2.	<i>Mesures In situ</i>	<i>116</i>
13.2.3.	<i>Mesure des paramètres physico-chimiques en solution</i>	<i>116</i>
13.2.4.	<i>Mesure des métaux</i>	<i>117</i>
13.2.5.	<i>Résultats</i>	<i>117</i>
13.3.	VALEURS OBTENUES APRES L'INCIDENT	118
13.4.	QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DE L'IMPACT	118
14.	SUIVI DE LA FLORE RIVULAIRE DU CREEK DE LA BAIE NORD	119
14.1.	METHODE ET VALEURS DE REFERENCE	119
14.1.1.	<i>Inventaire des espèces présentes dans les parcelles</i>	<i>119</i>
14.1.2.	<i>Echantillons de sol</i>	<i>121</i>
14.2.	RESULTATS DES SUIVIS	121
14.2.1.	<i>Inventaire des espèces présentes dans les parcelles</i>	<i>121</i>
14.2.2.	<i>Comptage des individus des espèces présentent au contact direct de l'eau</i>	<i>123</i>
15.	METHODOLOGIE UTILISEE EN EVALUATION D'IMPACT	128
15.1.	INTRODUCTION	128
15.1.1.	<i>Définition des éléments importants de l'environnement EIE</i>	<i>128</i>
15.2.	IDENTIFICATION DES ELEMENTS IMPORTANTS DE L'ENVIRONNEMENT	131
15.3.	CAS DE L'ACCIDENT ACIDE DU CREEK DE LA BAIE NORD	131
15.4.	DEFINITION DES EFFETS	131
15.5.	OUTILS UTILISES POUR CARACTERISER LES EFFETS RESIDUELS	132
15.5.1.	<i>Avis des experts</i>	<i>133</i>
15.5.2.	<i>Modélisation</i>	<i>133</i>
15.5.3.	<i>Cartographie et systèmes d'information géographique</i>	<i>133</i>
15.5.4.	<i>Matrices</i>	<i>133</i>
15.5.5.	<i>Autre outils</i>	<i>133</i>
15.6.	L'EVALUATION PAR MATRICES	133
15.7.	LES ELEMENTS ENVIRONNEMENTAUX IMPORTANTS RETENUS	137
15.8.	EVALUATION	137
15.8.1.	<i>Les effets mineurs</i>	<i>137</i>
15.8.2.	<i>Les effets modérés (en évaluation détaillée et suivi à long terme)</i>	<i>139</i>
15.9.	EAUX DOUCES ET LEUR BIODIVERSITE	142
15.10.	RESUME SYNTHETIQUE	147

Liste des figures

Figure 1-1 :	Corrélation entre les débits des stations 6-deb-7 et 6-deb-11	4
Figure 1-2 :	Chronique des débits aux stations 6-deb-7 et 6-deb-11	4
Figure 1-3 :	Circuits schématiques et réacteurs	5
Figure 1-4 :	Evolution de la concentration de l'acide sulfurique (mole/L)	6
Figure 3-1 :	Résultats historiques des suivis et IBNC réalisés dans le creek de la Baie Nord aux stations 6-T et 6-bnor1	15
Figure 6-1 :	Localisation des stations fixes de surveillance du milieu marin en Baie de Prony (2007, 2008 et 2009)	37
Figure 6-2 :	Localisation des zones témoin et de suivi dans la Baie de Prony	38
Figure 6-3 :	Carte de la structure horizontale des masses d'eaux dans le Canal de la Havannah et la Baie de Prony	39

Figure 6-4 : Localisation de la zone proche de l'embouchure du creek de la Baie Nord	40
Figure 6-5 : Fréquentation des stations de suivi du milieu marin autour du site de Vale Inco Nouvelle-Calédonie (2007)	42
Figure 6-6 : Schéma structural de la radiale en zone 02.....	43
Figure 6-7 : Représentation du recouvrement (en%) du substrat pour ST02A (9 m de profondeur).....	44
Figure 6-8 : Représentation du recouvrement (en%) du substrat pour ST02B (12 m de profondeur).....	44
Figure 6-9 : Richesse spécifique par famille de poissons ST02.....	48
Figure 6-10 : Densité par famille de poissons (ST02)	49
Figure 6-11 : Carte de localisation des stations de suivi à proximité du creek de la Baie Nord	52
Figure 6-12 : Schéma structural de la station ST02	53
Figure 6-13 : Pourcentage de couverture du substrat, transect A.....	54
Figure 6-14 : Pourcentage de couverture du substrat, transect B.....	54
Figure 6-15: Densité (nb d'individus/m ²) par famille de poissons (ST02)	58
Figure 6-16: Richesse spécifique par famille de poissons (ST02)	59
Figure 6-17: Biodiversité, densité et biomasse pour les poissons de 2009 à 2007 (ST02)	59
Figure 6-18 : Localisation et distance entre l'embouchure du creek de la Baie Nord et de l'îlot Gabriel.....	60
Figure 6.19. Rappel des zones inspectées au plus proche de l'embouchure du creek.....	61
Figure 6-20 : Colonie corallienne la plus proche de l'embouchure du creek, mission n°1 une semaine après l'accident d'acide.	62
Figure 6-21 : Photographies des poissons inventoriés	63
Figure 6-22 : Algues, une éponge et une actinie sur le fond sédimentaire de vase latéritique à l'embouchure même du creek (par 3 m de profondeur).....	64
Figure 6-23 Photographies en zone Z 02. Extrait de l'atlas photographique qui montre le détail d'étude des espèces coralliennes blanchies	64
Figure 6-24 : Richesse spécifique par famille de poisson	66
Figure 6-25 : Densité par famille de poissons (Transect zone 02).....	66
Figure 6-26 : Macro benthos en zone 04 proche de l'embouchure du creek de la baie Nord, une semaine après la fuite d'acide dans le creek	66
Figure 6-27 : Zone 7, zone témoin de référence dite du « Est port de Prony », au Sud -Est du wharf et du port.....	67
Figure 6-28 : Zone 8, zone de référence dite « du Carénage »	67
Figure 6-29 : La zone de référence 7 (au Sud Est du port, figure carte 6-20) présente du corail blanchi.	68
Figure 6-30 : Photographies montrant la présence de coraux blanchis en zone de référence témoin 8 (en baie du carénage, Cf., Figure carte 6-28), entre 3 et 5 m. (Extraits de l'atlas photographique)	68
Figure 6-31 : Coraux blanchis en zone 8 (3 et 5 m)	68
Figure 6-32 : Photographies extraites de l'atlas photographique, elles montrent que le blanchiment corallien disparaît, que les Polypes sont bien vivants et qu'ils ont repris leur activité symbiotique avec des zooxanthelles. Mission n°2.	72
Figure 6-33 : Blanchiment corallien sur toute la zone du creek de la Baie Nord et deux stations témoins en baie de Prony. Juin 2009	74
Figure 6-34 : Blanchiment corallien sur toute la zone du creek de la Baie Nord et deux stations témoins en baie de Prony. Avril 2009.....	75
Figure 6-35 : Profil de la colonne d'eau au niveau de la station ST15 (Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux de canal de la Havannah et de la baie du Prony IRD 2007).....	77
Figure 6-36 : Profil de la colonne d'eau au niveau de points de suivis marins station ST17 plus éloignée du creek (Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux de canal de la Havannah et de la baie du Prony IRD 2007)	77
Figure 7-1 : Stations de prélèvement des sédiments (campagnes de : Rescan 2000 et l'IRD 2006).....	86
Figure 7-2 : Stations de prélèvement des sédiments (campagne IRD 2005)	87
Figure 7-3 : Distribution spatiale type des métaux dans les pélites des sédiments de surface – cas du manganèse total (IRD, février 2006) et d'autres métaux : Cu, Cr, Fer et Ni	87
Figure 7-4 : Evolution spatiale des concentrations en Co, Mn, Ni et Cr dans les eaux interstitielles des sédiments des stations ST15, ST151, ST152, ST153 et ST154.....	90
Figure 7-5 : Evolution spatiale des concentrations en Co, Mn, Ni et Cr dans les phases géochimiques constitutives des sédiments des stations ST15, ST151, ST152, ST153 et ST154 (MO=phase organique ; Carb = phase carbonatée ; Ox = phase hydroxydée.)	91
Figure 9-1 : Carte des courants en Rade du Nord (Baie du Prony) le 01/04/09 à 18h30 (heure à laquelle la baisse de pH du à la fuite d'acide dans le creek a atteint l'embouchure)	95
Figure 9-2 : Fuite d'acide. Chronologie en fonction de la marée.....	96

Figure 9-3 : Vitesses moyennes des courants aux maxima des marées montantes et descendantes pour la période d'études de l'IRD	96
Figure 9-4 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface. (Simulation pour le 02 avril 09/ 12h. Les ronds évidés représentent les stations de prélèvements)	97
Figure 9-5 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (Simulation pour le 04 avril 09/ 12h).....	98
Figure 9-6 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (Simulation pour le 10 avril 09/ 12h).....	98
Figure 9-7 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (Simulation pour le 15 avril 09/ 12h).....	99
Figure 9-8 : Coupe transversale dans le cadre de la simulation de la dispersion du panache. (Le 02 avril 09 / 12 h).....	99
Figure 10-1 : Position des ces stations	101
Figure 10-2 : Les stations d'étude de la qualité physico-chimique des eaux de mer et leurs positions pour les stations en baie de Prony	102
Figure 10-3 : Stations étudiées en baie de Prony en 2005.....	103
Figure 10-4 : Qualité physico-chimique de la colonne d'eau à la station ST15 dite du creek de la Baie Nord.....	105
Figure 10-5 : Evolution dans le temps et dans l'espace des concentrations en en Co, Mn, Ni et Zn dans la colonne d'eau de mer.....	107
Figure 10-6 : Simulation de la dispersion du front de Ni dissous libéré par l'acide du à la fuite dans le creek de la Baie Nord, en fonction de l'espace et du temps, la teneur en Ni est un indicateur permettant de visualiser le front.....	109
Figure 12-1 : Transplantation corallienne.....	112
Figure 14-1 : Carte de localisation des parcelles de suivi de la flore rivulaire du creek de la Baie Nord	120
Figure 14-2 : Parcelle N°1 le 09/10/09	123
Figure 14-3 : Parcelle n°1 le 09/10/09.....	124
Figure 14-4 : Parcelle n°2 le 09/10/09.....	124
Figure 14-5 : Parcelle n°2 le 09/10/09.....	125
Figure 14-6 : Parcelle n°3 le 09/10/09.....	125
Figure 14-7 : Parcelle n°3 le 09/10/09.....	126
Figure 14-8 : Parcelle n°4 le 09/10/09.....	126
Figure 14-9 : Parcelle n°4 le 09/10/09.....	127
Figure 15-1 : Consultations des populations.....	129
Figure 15-2 Préoccupations de nature internationale. Référentiels consultés. Liste non exhaustive	130

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Chronique des pH les 1 ^{ers} et 2 avril 2009 dans le Creek de la Baie Nord au niveau du radier.....	3
Tableau 1-2 : Concentrations d'acide sulfurique calculées par le modèle.....	8
Tableau 2-1 : Description des stations de suivi pour l'évaluation de l'impact du déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord	9
Tableau 2-2 : Localisation et description des points de suivi qualitatif des eaux de surface.....	10
Tableau 2-3 : Méthodes d'analyse pour les paramètres physico-chimiques	11
Tableau 2-4 : Méthode d'analyse pour les métaux	11
Tableau 3-1 : Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique	16
Tableau3-2 : Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique	16
Tableau 3-3 : Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique	17
Tableau 4-1: Résultats de l'inventaire réalisé par ERBIO sur les poissons morts récupérés suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord.....	26
Tableau 4-2 : Espèces protégées ou sur la liste rouge de l'UICN inventoriées suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord.....	26
Tableau 4-3 : Résultats de la première campagne d'observation du 23 avril 2009 dans le creek de la Baie Nord (Suivi en apnée).....	27
Tableau 4-4 : Résultats de la deuxième campagne d'observation du 7mai 2009 dans le creek de la Baie Nord (Suivi en apnée).....	27
Tableau 4-5 : Nombre de poissons par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi de juin.....	28

Tableau 4-6 : Nombre de crustacés par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi de juin.....	28
Tableau 4-7 : Nombre de poissons par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi d'octobre.....	29
Tableau 4-8 : Nombre de crustacés par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi d'octobre.....	30
Tableau 5-1 : Localisation et description des points de suivi de la nature et de la quantité des sédiments.....	31
Tableau 5-2 : Résultats moyens de la composition en aluminium, chrome et fer des échantillons de sédiments.....	32
Tableau 6-1 : Campagnes de suivi et bureaux d'étude impliqués.....	41
Tableau 6-2 : Liste du benthos (taxons cibles) pour la station ST02.....	45
En octobre 2008 donc avant tout impact acide.....	45
Tableau 6-3 : Biodiversité et abondance des coraux par famille (ST02A, transect à 9m de profondeur).....	47
Tableau 6-4 : Biodiversité et abondance des coraux par famille (ST02B Transect B à 12 m de profondeur).....	48
Tableau 6-5 : Densité de poissons par station et par campagne.....	50
Tableau 6-6 : Biomasse de poissons (g/m ²) par station et par campagne.....	51
Tableau 6-7 : La biodiversité Alpha des poissons, par station, lors de 3 campagnes d'études (listes exhaustives non restreintes).....	51
Tableau 6-8 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune. Campagne 2008.....	52
Tableau 6-9 : Concentration en métaux totaux exprimés en par de sédiments brut échantillonné ; (-) = Absence de pérites ; (<ld) = Valeur d'analyse inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES.....	55
Tableau 6-10 : Liste du benthos (taxons cibles) pour la station 02.....	56
Tableau 6-11 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02).....	57
Tableau 6-12 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02).....	58
Tableau 6-13 : Biodiversité, densité et biomasse des poissons pour les années 2009 à 2007.....	59
(ST02 globale).....	59
Tableau 6-14 : l'ichtyofaune sur 3 années de suivi sur la station ST02.....	60
Tableau 6-15 : Nature des échantillonnages évaluateurs pour chaque zone.....	62
Tableau 6-16 : Poissons inventoriés dans la zone Z01 dans l'embouchure du creek de la baie Nord.....	63
Tableau 6-17 : Poissons échantillonnés sur le transect de la zone 02.....	65
Tableau 6-18 : Richesse spécifique corallienne et blanchiment corallien pour chaque zone étudiée. Les zones 7 et 8 sont les zones témoins de référence.....	70
Tableau 6-19 : Nature de l'échantillonnage en fonction des stations.....	71
Tableau 6-20 : Richesse spécifique totale des coraux en avril et en juin 2009. Baie de Prony, zones proches de l'embouchure du creek de la baie Nord.....	71
Tableau 6-21 : Taux de blanchiment au niveau spécifique, par zone et période.....	73
Tableau 6-22 : Taux de blanchiment au niveau du recouvrement – estimation visuelle par zone et période ..	73
Tableau 8-1 : Stations de prélèvements d'échantillons de Bivalves et d'algues brunes pour analyses de leur chair.....	93
Tableau 10-1 : Stations de prélèvement.....	101
Tableau 10-2 : Evolution temporelle des concentrations en métaux dissous pour les périodes 2007 et 2008 dans l'ensemble de la Baie de Prony.....	103
Tableau 10-3 : Evolution des pH dans les eaux de surface, à mi-profondeur et au fond pour les stations.....	106
Tableau 13-1 : Description des piézomètres suivis suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord.....	115
Tableau 13-2 : Localisation et description des points de suivi.....	116
Tableau 13-3 : Méthode d'analyses pour les paramètres physico-chimiques.....	117
Tableau 13-4 : Méthodes d'analyse pour les métaux.....	117
Tableau 14-1 : Coordonnées des parcelles de suivi de la flore.....	119
Tableau 14-2 : Description des échantillons prélevés.....	121
Tableau 14-3 : Espèces répertoriées sur les parcelles de suivi (suivi du 9 octobre 2009).....	121
Tableau 14-4 : Comptage des individus floristiques au contact de l'eau.....	123

Liste des Annexes

Annexe I : Localisation des points de suivi du pH du 1 ^{er} au 7 avril	
Annexe II : Suivi des pH du 1 ^{er} au 7 avril 2009	
Annexe III : Carte des suivis physico-chimiques à court terme.....	
Annexe IV : Résultats partiels des suivis physico-chimiques du creek de la Baie Nord 2008.....	
Annexe V : Evolution des paramètres exploitables du suivi physico-chimiques du creek de la Baie Nord du 1er janvier 2008 au 20 avril 2009	
Annexe VI : Constat d'impact sur les communautés benthiques de creek de la Baie Nord	
Annexe VII : Carte de localisation des points de suivis dulcicole et marin	
Annexe VIII : Résultats des suivis de la nature des sédiments du creek de la Baie Nord 2008.....	
Annexe IX : Résultats partiels des suivis des eaux souterraines des stations 6-2, 6-2A, 6-8 et 6-8A en 2008.....	
Annexe X : Evolution des paramètres exploitables du suivi des eaux souterraines du 1er janvier 2008 au 20 avril 2009	
Annexe XI : Etat des lieux de la station ST02. Octobre 08.	
Annexe XII : Documents et textes de référence pour la méthode d'impact	
Annexe XIII : Scénario synthétique des flux et traitement mis en œuvre les 1er et 2 avril.....	
Annexe XIV : Etude et identification des espèces de crevettes et de poissons morts lors de l'accident survenu le 1 ^{er} avril 2009 au Creek de la Baie Nord.....	
Annexe XV : Etude de l'impact de la fuite de H ₂ SO ₄ à l'embouchure du creek de la Rade Nord	
Annexe XVI : Rapport de suivi de la faune Ichtyologique de juin et juillet 2009	
Annexe XVII : Résultats des suivis de la nature des sédiments du creek de la Baie Nord	
Annexe XVIII : Rapport final : Evaluation de l'impact sur le milieu marin MISSION AVRIL 2009. Aqua Terra. Mission n°1.	
Annexe XIX : Rapport final : Evaluation de l'impact sur le milieu marin MISSION JUIN 2009. Aqua Terra ; Mission n°2.	
Annexe XX : Rapport final : Impact de la fuite d'acide H ₂ SO ₄ : Etudes à l'embouchure du creek de la Baie Nord et dans sa zone d'expansion. IRD.....	
Annexe XXI : Etat des lieux en baie de Prony avant l'accident d'acide dans le creek de la baie Nord. Rapport complet d'octobre 2008. (MER 100).....	

Introduction

Suite à l'émission accidentelle d'acide sulfurique dans le Creek de la Baie Nord le 1^{er} avril 2009, une évaluation détaillée des conséquences de cet incident sur le milieu récepteur à court, moyen et long terme a été entreprise.

Ce rapport correspond à la compilation et à la synthèse des évaluations de l'impact dans les différents milieux potentiellement touchés. Ces résultats correspondent aux évaluations de **moyen terme** telles qu'elles sont définies dans la réponse de Vale Inco Nouvelle-Calédonie à l'article 3 point n° 2 de l'arrêté 175-2009/PS du 3 avril 2009.

Ce rapport est le rapport final d'évaluation d'impact; il synthétise l'ensemble des données acquises depuis l'incident jusqu'à fin 2009. Sauf information nouvelle lors des suivis ultérieurs (long terme), il n'aura pas de suite.

Les évaluations sont présentées par milieu, dans l'ordre du milieu *a priori* le plus impacté au milieu *a priori* le moins impacté.

Une synthèse des écoulements ayant conduit à l'impact des milieux, et des actions et traitements mis en œuvre pour les atténuer « de l'usine à la mer » est représentée sous forme d'un diagramme de flux (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) montrant le devenir (dilution, neutralisation...) de l'acide émis.

Le diagramme présente l'ensemble des informations disponibles à ce jour en termes de débits, de concentrations, de quantités d'additifs depuis l'usine d'acide sulfurique où la fuite s'est produite, d'une part jusqu'au bassin de premier flot Nord, et d'autre part jusqu'à la mer.

1. Evaluation de l'émission d'acide dans le Creek de la Baie Nord

1.1. Programme d'évaluation

Durant l'écoulement de la « vague d'acide » le 1^{er} avril 2009 des mesures de pH ont été effectuées heure par heure entre 12h30 et 20h15 en 10 points permettant de suivre son déplacement. Les jours suivants, un suivi du pH a également été réalisé. L'Annexe III (*Suivi physico-chimiques*) présente la localisation de ces mesures.

Le débit du Creek de la Baie Nord durant la journée de l'incident a été mesuré sur la station 6-deb7 (695.049E, 7.529.168N - IGN72) représentée sur la carte en Annexe III. La station 6-deb7 est instrumentée pour la mesure de la hauteur d'eau en continu à raison d'une mesure toutes les 5 minutes. Cette mesure convertible en débit est enregistrée depuis début 2006.

Les échantillons d'eau prélevés n'ont pas été analysés; seul le pH a été mesuré. En conséquence nous n'avons que des mesures de **l'acide libre** et pas de mesure des **sels correspondant à la partie neutralisée** de l'acide.

1.2. Valeurs de référence

Nous n'utilisons pas de valeur de référence à proprement parler pour cette estimation. Nous prenons simplement l'hypothèse d'une eau non impactée qui serait neutre (pH = 7).

Cette hypothèse n'a aucune influence sur le résultat final. En effet, si nous prenons comme référence un pH de 6 ou de 8 au lieu de 7, on a 10^{-6} mol/L de H^+ en plus ou en moins de la quantité estimée d'acide libre ce qui représente pour un pH dans le milieu de 3 une erreur relative de un pour mille ou encore de un pour 10 000 si on a pH = 2 dans le milieu.

1.3. Valeurs obtenues

1.3.1. Mesure d'acidité dans le milieu

Le seul point de mesure sur lequel le pH montre clairement la totalité de la vague a été obtenu au niveau du radier. Le Tableau 1-1 montre la vague d'acide (en caractères gras) au niveau du radier (« *Radier CBN* » de la carte en Annexe I.

Tableau 1-1 : Chronique des pH les 1^{ers} et 2 avril 2009 dans le Creek de la Baie Nord au niveau du radier

Station	Date et Heure	pH
Radier CBN	1/4/09 14:00	7.5
Radier CBN	1/4/09 15:35	6.25
Radier CBN	1/4/09 16:17	7.46
Radier CBN	1/4/09 16:31	4.23
Radier CBN	1/4/09 17:47	1.8
Radier CBN	1/4/09 17:52	1.68
Radier CBN	1/4/09 18:30	1.71
Radier CBN	1/4/09 18:44	1.91
Radier CBN	1/4/09 19:10	2.31
Radier CBN	1/4/09 19:20	2.4
Radier CBN	2/4/09 6:30	6
Radier CBN	2/4/09 8:00	7.24
Radier CBN	2/4/09 8:20	7.22
Radier CBN	2/4/09 8:30	7.21
Radier CBN	2/4/09 8:48	7.2
Radier CBN	2/4/09 9:10	7.14
Radier CBN	2/4/09 9:45	7.18
Radier CBN	2/4/09 13:00	7.12
Radier CBN	2/4/09 14:10	7.2
Radier CBN	2/4/09 14:45	7.15
Radier CBN	2/4/09 16:45	7.23

Les autres valeurs obtenues sont reportées à titre indicatif sous forme de graphique dans l'Annexe II.

1.3.2. Débit du Creek de la Baie Nord le 1er avril 2009

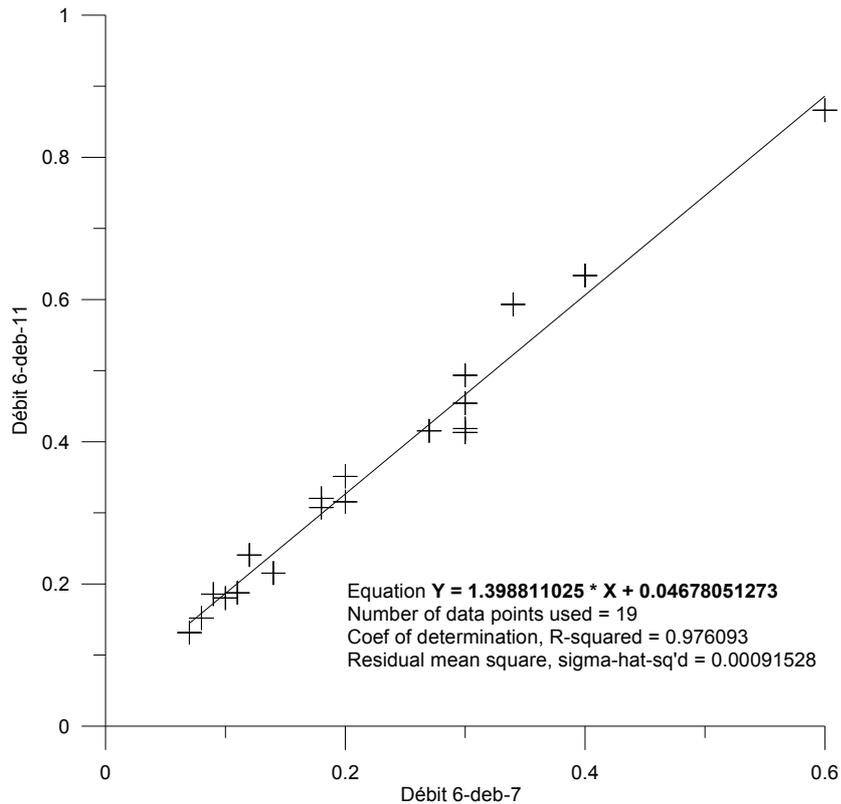
Le débit au niveau du radier a été obtenu par un facteur proportionnel du débit mesuré au niveau de la station 6-deb-7 située 900 m en amont.

Nous avons considéré pour cela l'hypothèse d'un débit identique au point *Radier CBN* à celui de la station 6-deb-11. En effet aucun affluent permanent n'existe entre ces deux points.

Notons que cette approximation ne peut que surévaluer le débit au point *Radier CBN* et par là même ne peut que **surévaluer la quantité d'acide libre émise** dans le Creek de la Baie Nord le 1^{er} avril 2009.

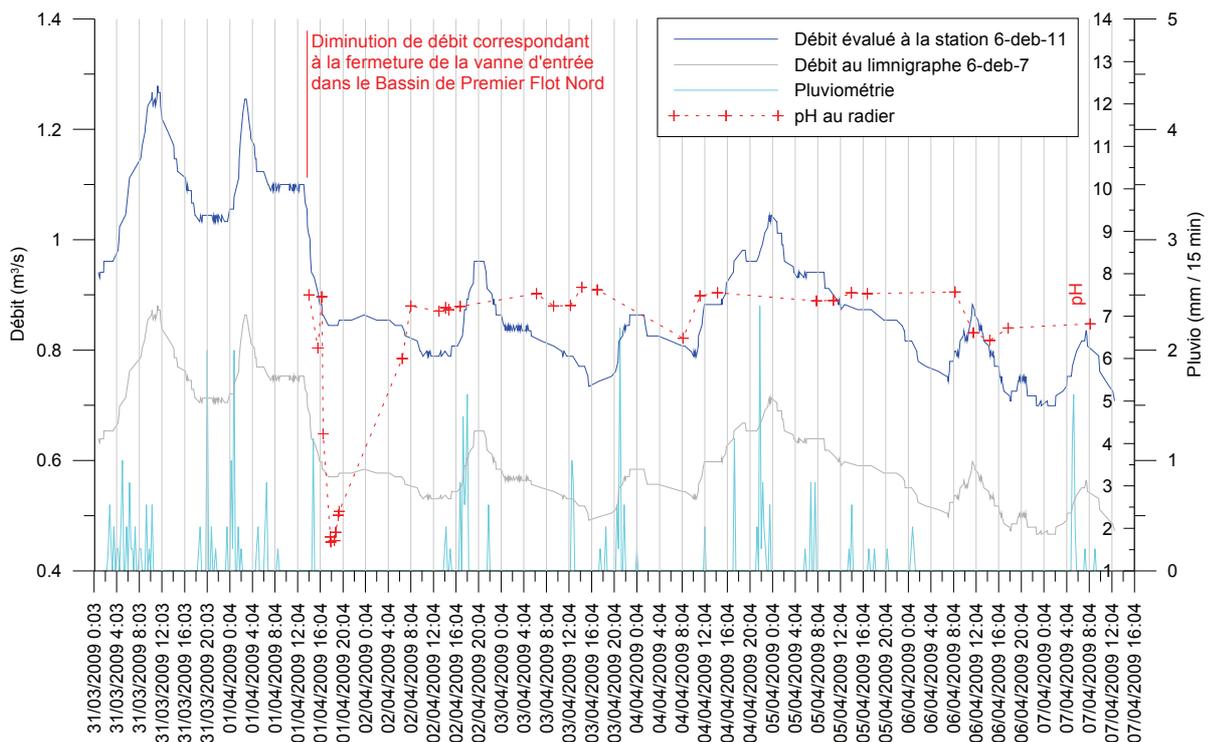
La méthode d'évaluation du débit consiste à factoriser le débit connu en continu le 1er avril 2009 à la station 6-deb-7 pour obtenir celui inconnu ce jour là à la station 6-deb-11. La corrélation est basée sur 19 jaugeages effectuées simultanément sur ces deux points depuis 2008 et qui montrent une excellente corrélation ($R^2 > 0.975$) pour des données de ce type. La Figure 1-1 montre cette corrélation.

Figure 1-1 : Corrélation entre les débits des stations 6-deb-7 et 6-deb-11



Au final nous en déduisons un **débit moyen durant la vague acide de 0,85 m³/s**. La Figure 1-2 montre la chronique des débits mesurés à la station 6-deb-7 ainsi que celle déduite par corrélation à la station 6-deb-11 (surévaluation du débit au point Radier CBN).

Figure 1-2 : Chronique des débits aux stations 6-deb-7 et 6-deb-11



On pourra objecter que l'application du facteur n'est valable que lorsque le sous bassin versant intercepté par le bassin de contrôle Nord 6-g (bassin de premier flot Nord) se déverse dans le Creek de la Baie Nord. En effet la contribution des affluents situés à l'aval de 6-deb-7 et à l'amont du point *Radier CBN* est indépendante de l'orientation du flux en provenance de l'usine (déviation ou non vers le bassin de premiers flots Nord).

Aussi dans le paragraphe suivant nous testons la sensibilité de l'évaluation de la quantité d'acide libre observée au niveau du *Radier CBN* le 1^{er} avril 2009 à cette hypothèse de factorisation des débits.

1.3.3. Estimation de la dispersion du panache d'acide

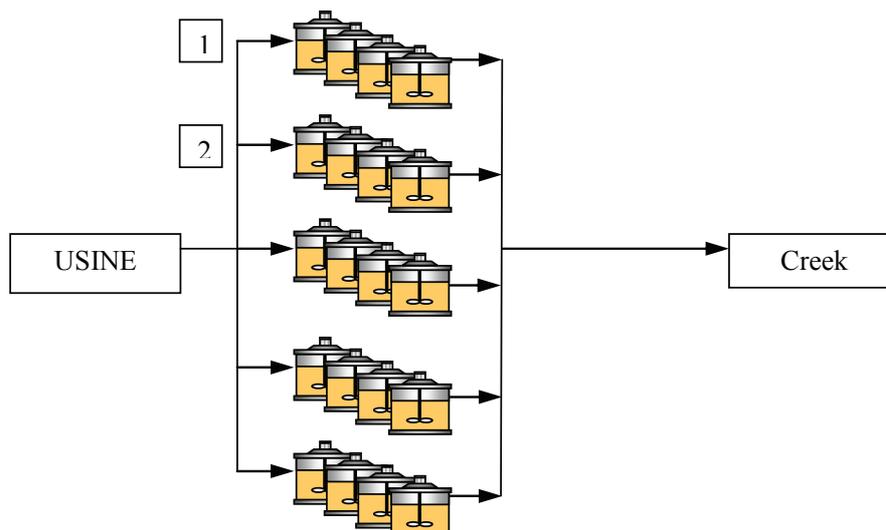
La présence de l'acide n'a été visible qu'après 4 heures depuis le départ de la fuite d'acide. Le panache d'acide s'est ensuite rapidement écoulé. Les mesures effectuées ne permettent pas d'avoir le profil complet de la concentration en acide. Un modèle de dispersion représentant le panache a donc été établi à partir des « points expérimentaux » (valeurs observées dans le creek) pour trouver les constantes du modèle.

Le modèle de dispersion choisi est un modèle représentant l'écoulement sous la forme d'un tuyau avec écoulement piston associé à plusieurs séries de réacteurs parfaitement agités en parallèle (5 circuits en parallèle). L'hypothèse de l'écoulement piston est en accord avec la configuration du creek et le temps important entre le moment où l'acide a quitté l'usine et celui où l'acide a été observé au radier du CBN. Les réacteurs agités introduisent un temps de séjour dans le modèle. Ils permettent donc de reproduire la durée (plus de 2 heures) pendant laquelle des concentrations significatives d'acide ont été mesurées dans le CBN, alors que la fuite d'acide n'a duré qu'une dizaine de minutes.

Chaque circuit est caractérisé par :

- le temps mis par l'écoulement pour parcourir la distance entre l'usine et le creek
- la proportion du fluide circulant dans chaque circuit (coefficient d'intensité)
- la dispersion de l'acide dans chaque circuit

Figure 1-3 : Circuits schématiques et réacteurs



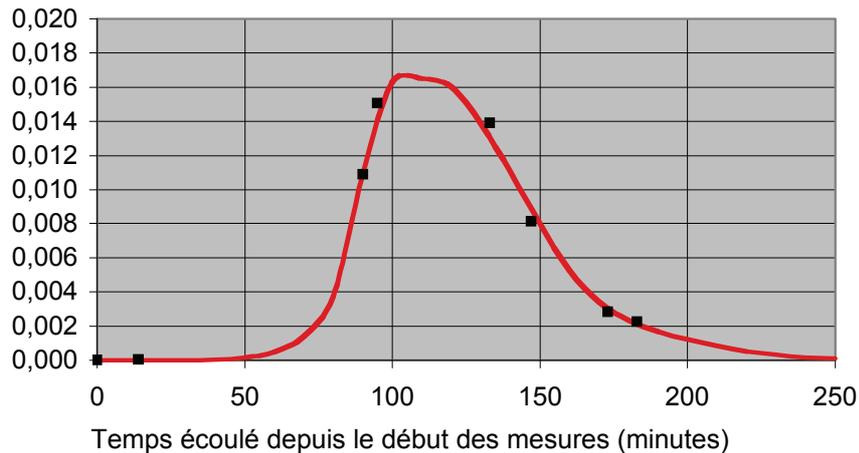
Le circuit 1 peut représenter une partie de l'acide s'écoulant rapidement sans beaucoup de mélange jusqu'au point de mesure du pH. Le circuit 2 peut représenter une partie de l'acide s'écoulant rapidement mais avec un meilleur mélange dans l'eau, etc. Le circuit 5 pourrait représenter une partie de l'acide allant dans des zones mortes et donc s'écoulant lentement avec un mélangeage probablement plus important.

Si on prend pour référence de temps, l'heure à laquelle les mesures de pH ont été initiées, le modèle donne les valeurs suivantes :

Circuit	1	2	3	4	5
Temps (min)	95	105	110	130	160
Dispersion (mélangeage)	4	14	23	20	35
Coefficient	0,06	0,25	0,24	0,40	0,2

Ces paramètres donnent un très bon accord avec les mesures observées.

Figure1-4 : Evolution de la concentration de l'acide sulfurique (mole/L)



1.4. Quantification de l'émission d'acide

1.4.1. Evaluation de l'acide libre dans le Creek de la Baie Nord

La quantification considère l'**acide libre ayant transité le 1^{er} avril 2009 au niveau du radier** sur le Creek de la Baie Nord. C'est un point assez représentatif de la partie aval de ce cours d'eau. C'est aussi un point d'impact maximal dans la mesure où un effort de neutralisation de l'acide encore libre à ce point a eu lieu par le déversement de 6 m³ de solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à pH 12, en aval du point de mesure du pH.

Cette estimation se fonde :

1. sur les données de pH mesurées par des prélèvements effectués en amont du radier du Creek de la Baie Nord (CBN), et du calcul de la quantité d'acide à partir de ces données
2. sur les mesures de débit effectuées sur le CBN durant cette période
3. sur un modèle estimant la dispersion de l'acide à l'endroit des mesures du pH.

L'intégration de la courbe ci-dessus et le débit mesuré permettent d'estimer la quantité totale d'acide ayant atteint le CBN, soit **3,1 m³**. Cette quantité est la plus probable.

Si les essais expérimentaux donnant [H₂SO₄] vs pH effectués au laboratoire sont utilisés pour déterminer les concentrations molaires de l'acide sulfurique, le calcul de la quantité d'acide ne sera que de 85% de celui donnée précédemment, soit 2,6 m³. Compte tenu des variations possibles données par le modèle de dispersion, la quantité maximale sera de 3,5 m³

Au final, la quantité d'acide sulfurique libre estimée ayant atteint le Creek de la Baie Nord est comprise entre 2,6 m³ et 3,5 m³ avec une quantité la plus probable de 3,1 m³.

Cette valeur est obtenue sous certaines hypothèses dont la sensibilité sur le résultat est testée dans le paragraphe suivant.

1.4.2. Test de sensibilité associée aux hypothèses d'estimation

Seules les hypothèses ayant un impact sur la deuxième décimale sont discutées ici, c'est-à-dire celles qui influencent l'estimation en **dizaines de litres** d'acides. Celles n'ayant d'influence que sur la 3^{ème} décimale (un pour mille ie précision en litre d'acide) ou la quatrième décimale (un pour dix mille ie précision en décilitre d'acide) tels que le pH d'origine du Creek ne sont pas discutées ici.

1.4.2.1. Hypothèses associées à la mesure du débit

La variation de la quantité d'acide libre est proportionnelle au débit estimé car on suppose qu'il est constant durant la vague. On peut donc de façon sécuritaire, associer une incertitude lié aux débits à +/- 10%.

1.4.2.2. Hypothèses associées à la factorisation du débit

La factorisation du débit du creek modélise la dilution de la vague d'acide par les affluents permanents du Creek de la Baie Nord situés à l'aval du point de mesure de débit 6-deb-7 et à l'amont du radier. La courbe de corrélation des 19 jaugeages (Figure) indique que le débit au radier est **40% supérieur** à celui du point 6-deb-7.

Pour évaluer la sensibilité du résultat à l'hypothèse d'indépendance de ce facteur de 40% au régime hydrologique, dans une gamme de régime donnée (hors crue) nous avons considéré une augmentation de 40% appliqué à la **différence** entre le débit à la station 6-deb-7 avant et après fermeture de la vanne (car cette fermeture n'impacte pas le débit des affluents, et n'impacte que partiellement le débit en sortie d'usine car les effluents de Prony Energies, eux ne sont pas déviés).

Soit numériquement 0,75 m³/s avant fermeture contre 0,6 m³/s après. 40% de 0,15 m³/s font **0,06 m³/s** ce qui représente la sensibilité à l'hypothèse soutenant la factorisation, à savoir que la proportionnalité des débits est **indépendante du régime hydrologique**.

On obtient un débit au niveau du radier estimé de **0,91 m³/s**, contre 0,85 pour la valeur centrale. Ceci inclut la quantité estimée d'acide libre dans un intervalle de **+/- 10% relatif** (exactement +7,1%).

1.4.2.3. Hypothèses associées à l'estimation de la concentration en acide à partir du pH

Concentration de l'acide libre à partir des mesures de pH :

La concentration de l'acide sulfurique peut être estimée théoriquement à partir du pH de la solution, en supposant que celle-ci n'est pas tamponnée par des sels dissous. L'acide sulfurique est un di-acide. Sa première acidité (H₂SO₄ / HSO₄⁻) est considérée comme forte alors que la deuxième acidité (HSO₄⁻ / SO₄²⁻) est faible de pKa 1,88 :

$$[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HSO}_4^-] = 10^{-1,88} \quad \text{et} \quad [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}] = C$$

où C est la concentration d'acide sulfurique versée dans l'eau pour obtenir le pH.

L'électro-neutralité de la solution conduit à la relation :

$$C = [\text{H}_3\text{O}^+] \left(K_a + [\text{H}_3\text{O}^+] \right) / \left(2 K_a + [\text{H}_3\text{O}^+] \right)$$

Vérifications au laboratoire :

Malgré des calibrations répétées des sondes pH et un changement d'électrode, des essais en laboratoire sur des solutions synthétiques ont montré une différence significative entre les valeurs de concentrations mesurées et les valeurs théoriques. En moyenne, la concentration mesurée n'arrive qu'à **85% de la valeur théorique**, calculée à partir des pH.

La différence pourrait s'expliquer par la non-idéalité des solutions insuffisamment diluées. Dans les solutions idéales, suffisamment diluées (concentration < 0.001 mole/L), le coefficient d'activité est égale à 1 et la concentration est assimilée à l'activité chimique qui devrait être utilisée, en toute rigueur, dans les équations.

A plus forte concentration, la valeur du coefficient d'activité des espèces en solution est inférieure à 1 et l'activité est donc inférieure à la concentration. Pour l'acide sulfurique, le coefficient d'activité n'est déjà plus que de 0.5 dans des solutions à 0.02 mole/L. Appliqué au cas de la concentration d'acide sulfurique, un coefficient d'activité inférieur à 1 tend à diminuer la valeur théorique de la concentration d'acide sulfurique. **Le calcul de la quantité d'acide a été fait par la méthode la plus conservatrice**, i.e. la valeur théorique supposant la solution idéale.

Les valeurs de concentrations calculées par le modèle idéal sont présentées dans le Tableau 1-2 suivant :

Tableau 1-2 : Concentrations d'acide sulfurique calculées par le modèle

Heure	16:17	16:31	17:47	17:52	18:30	18:44	19:10	19:20
pH	7,46	4,23	1,8	1,68	1,71	1,91	2,31	2,4
Mole/L	$1,73 \cdot 10^{-8}$	$2,95 \cdot 10^{-5}$	$1,09 \cdot 10^{-2}$	$1,51 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-2}$	$8,11 \cdot 10^{-3}$	$2,83 \cdot 10^{-3}$	$2,25 \cdot 10^{-3}$

1.4.2.4. Hypothèses associées à la calibration des pH-mètres

La précision de la mesure du pH a un impact non négligeable sur l'estimé notamment lorsque le « pic de pH » se rapproche de la valeur de $pK_a = 1,88$.

La sensibilité du résultat n'est pas quantifiée ici car certains des pH-mètres utilisés du 1er au 6 avril ont été endommagés et les autres n'ont pas pu être clairement identifiés. Les vérifications des étalonnages n'ont pas pu être effectuées.

2. Evaluation de l'impact sur la qualité physico-chimique des eaux de surface

2.1. Programme d'évaluation

A la suite des mesures effectuées pendant l'incident proprement dit, l'évaluation à court terme de la qualité physico-chimique des eaux de surface, porte sur huit stations du creek de la Baie Nord déjà existantes et décrites dans le Tableau 2-1.

La carte en Annexe III permet de localiser les huit stations dont 4 sont déjà suivies habituellement pour les paramètres physico-chimiques tandis que les autres le sont pour d'autres paramètres.

Les coordonnées de ces points sont indiquées dans l'arrêté ICPE 1467-2008/PS du 9 octobre 2008.

Tableau 2-1 : Description des stations de suivi pour l'évaluation de l'impact du déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord

Nom	Description	Statut
6-deb1	La station 6-deb1 correspond au point de rejet des eaux de ruissellement du bassin versant Nord de l'usine au niveau du regard de répartition des eaux entre le milieu naturel et le bassin de premier flot Nord	Autre suivi
6-13	Cette station correspond au point de rejet du bassin de premier flot	Autre suivi
U-7	Le point U-7 correspond au point de rejet des eaux extérieures aux installations de l'usine	Autre suivi
6-Q	La station 6-Q est une station suivie dans le cadre des arrêtés d'exploitation	Déjà suivi
6-Bnor1	La station de suivi est suivie dans le cadre des arrêtés des stations d'épuration. Elle se situe en amont du point de rejet des stations d'épuration et de la cascade du creek de la Baie Nord	Déjà suivi
6-T	La station se situe à la confluence du bras sud du creek de la Baie Nord.	Déjà suivi
6-U	La station se situe en amont du radier du creek de la Baie Nord.	Déjà suivi
6-deb11	La station 6-deb11 se situe à proximité de l'embouchure du creek de la Baie Nord.	Autre suivi
1-A	La station 1-A se situe sur la Kué Principale, elle a été choisie comme référence externe, hors d'impact de la fuite acide.	Déjà suivi

Les mesures chimiques sur les listes d'éléments et de paramètres suivants :

- pH ;
- sulfate, calcium, magnésium, potassium, alcalinité, sodium, chlorure, nitrate, phosphates ;
- DCO, DBO5, COT ;
- Turbidité ;
- Conductivité ;
- Métaux (Ni, Co, Cr, Mn, Al, As, Cd, Cu, Fe, P, Pb, S, Si, Sn, Zn).

L'attention sera portée sur l'évolution de ces analyses tout au long de l'étude et sur la comparaison avec les suivis réalisés en 2008 pour les 4 stations déjà suivies pour les paramètres physico-chimiques.

La fréquence de suivi à court terme de ces paramètres pour l'ensemble des stations citées ci-dessus (si le débit est suffisant) est de deux fois par semaine pendant deux semaines et ensuite d'une fois par semaine jusqu'à fin avril 2009.

L'équipe environnement de Vale Inco Nouvelle-Calédonie est en charge de l'ensemble des prélèvements de terrain.

Les analyses sont réalisées deux fois par deux laboratoires différents :

- Le laboratoire de Vale Inco Nouvelle-Calédonie ;
- Le laboratoire Lab'Eau ;

Un contrôle qualité supplémentaire est effectué sur deux lots par une analyse complète au laboratoire ALS en Australie.

En complément de ce qui précède, des blancs de contrôle sont insérés dans tous les lots d'échantillons envoyés aux différents laboratoires.

Pour la validation globale de cette évaluation, un audit portant sur les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons a été réalisé. Le rapport d'audit et un tableau synthétiques des recommandations sont disponibles en annexes XXIII.

2.2. Valeurs de référence

Sur les 20 stations choisies pour le suivi physico-chimique des eaux de surface de l'ensemble du projet de Vale Inco Nouvelle-Calédonie, 4 sont sur le Creek de la Baie Nord. Ces points de suivi sont présentés dans le Tableau 2-2.

Tableau 2-2 : Localisation et description des points de suivi qualitatif des eaux de surface

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Raison d'être	IGN 72 Est	IGN 72 Nord	RGNC 91 Est	RGNC 91 Nord
6-bnor1	CBN	Physico-chimique	Arrêté n°575-2008/PS	694712	7528842	492084,5	207594,3
6-T	CBN	Physico-chimique	Arrêté n°890-2008/PS Arrêté n°1467-2008/PS	694508	7528610	491882,1	207360,9
6-U	CBN	Physico-chimique	Arrêté n°890-2008/PS Arrêté n°1467-2008/PS	694144	7528743	491517,2	207491,4
6-Q	CBN	Physico-chimique	Arrêté n°890-2008/PS Arrêté n°1467-2008/PS	695487	7528921	492858,9	207678,4

2.2.1. Méthode

2.2.1.1. Mesures *in situ*

Les mesures *in situ* sont réalisées à l'aide de l'appareil multi-paramètre portable Multi 340i composé d'une sonde de pH, d'une sonde pour la température et d'une sonde pour mesurer la conductivité.

Le pH est mesuré *in situ* selon la norme NF T90 008 et selon les recommandations précisées dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

La conductivité est également mesurée *in situ* selon la procédure décrite dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

2.2.1.2. Mesure des paramètres physico-chimiques en solution

Les méthodes d'analyse pour les paramètres physico-chimiques réalisés sont décrites dans le Tableau 2-3.

Tableau 2-3 : Méthodes d'analyse pour les paramètres physico-chimiques

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	MES	mg/L	5	GRV02	Dosage des matières en suspension (MES)	NF EN 872 Juin 2005
Interne	pH		-	PH01	Mesure du pH	NF T90-008
Interne	Conductivité	µS/cm	10	CDT01	Mesure de la conductivité	
Interne	Cl	mg/L	0.1	ICS01	Analyse de 4 anions par chromatographie ionique (chlorure, nitrate, phosphates, sulfate ; et nitrite en plus si demandé)	NF EN ISO 10304-1
Interne	NO3	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	SO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	PO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	DCO	mg/L	10	SPE03	Analyse de la DCO - Méthode HACH 8000	
Interne	TAC as CaCO3	mg/L	50	TIT11	Titration de l'alcalinité (TA et TAC)	
Interne	TA as CaCO3	mg/L	50	TIT11		
Interne	Turbidité	NTU	0.1	TUR01	Mesure de la turbidité	
Interne	COT	mg/L	0.3	SPE09	Dosage du Carbone Organique Total (COT) dans les eaux	Méthode HACH 10129
Lab'Eau	DBO5	mg/L	2			NF EN 1899-2

2.2.1.3. Mesure des métaux

Les méthodes d'analyse des métaux dans les eaux douces sont indiquées dans le Tableau 2-4.

Tableau 2-4 : Méthode d'analyse pour les métaux

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	Al	mg/L	0.1	ICP06	Analyse d'une cinquantaine d'éléments dissous ou totaux (si demandé) dans les solutions aqueuses faiblement concentrées par ICP-AES	
Interne	Ca	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Co	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Cr	mg/L	0.01	ICP06		
Interne	Cu	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Fe	mg/L	0.2	ICP06		
Interne	K	mg/L	0.3	ICP06		
Interne	Mg	mg/L	0.2	ICP06		
Interne	Mn	mg/L	0.004	ICP06		
Interne	Na	mg/L	0.5	ICP06		
Interne	Ni	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Zn	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Pb	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	As	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Cd	mg/L	0.01	ICP06		
Interne	P	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	S	mg/L	1	ICP06		
Interne	Si	mg/L	0.4	ICP06		
Interne	Sn	mg/L	0.1	ICP06		

2.2.2. Bilan

2.2.2.1. Commentaires sur la qualité des données

Les résultats des analyses sont fournis d'une part par le laboratoire interne Vale Inco Nouvelle Calédonie qui s'est vu décerner l'accréditation Cofrac le 2 octobre 2008, et d'autre part par des laboratoires externes, le laboratoire de la CDE ou Lab'Eau.

2.2.2.2. Résultats

Les éléments Cl, SO₄, et les paramètres physiques de Conductivité, pH, température sont mesurés avec une fréquence mensuelle.

L'ensemble des paramètres des mentionnés dans le tableau est analysé avec une fréquence trimestrielle.

L'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les statistiques sur les analyses effectuées en 2008 et 2009

2.2.3. Interprétation

De manière générale, les analyses pour le suivi trimestriel de la qualité des eaux de surface révèlent des résultats en relation avec le milieu terrestre environnant. En effet, les teneurs enregistrées pour les métaux sont indicatrices des sols traversés.

2.3. Valeurs obtenues après l'incident

Les analyses correspondant aux prélèvements effectués suite à l'incident sont commentées ci-dessous.

Pour les paramètres Cr, Ni, DCO, DBO₅, As, Fe, Phosphates, Al, Cd, Co, Cu, P, Pb, Sn, Zn, les mesures supérieures aux limites de détections ne sont pas en nombre suffisant (ni avant ni après incident), pour être exploitées sous forme graphique. Les statistiques de chaque paramètre pour 2009 sont présentées par station en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les graphiques d'évolution depuis 2008 des paramètres pour lesquels les résultats sont supérieurs aux limites de détection sont présentés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Pour faciliter la lecture, les minima, moyennes et maxima des valeurs observées avant accident (2008 et 2009) sont proposés. Il ne s'agit en aucun cas de seuils réglementaires ou de limites strictes d'état initial étant donnée la courte période d'observation historiques. Ces minima, moyenne et maxima excluent la station de référence externe 1-A.

Pour les paramètres Sulfates, Ca, Na, S et Conductivité, on observe un pic de ces concentrations le 28 avril 2009 (55.5 mg/L en sulfates au niveau de 6-Q). **Ces fortes valeurs ponctuelles sont dues à un rejet dans le creek de la baie Nord des eaux du bassin de ruissellement du soufre.** Les valeurs enregistrées sont supérieures aux valeurs de l'état initial mais nettement inférieures aux seuils de rejet d'effluent. En outre, La valeur maximale enregistrée pour le paramètre Sulfates est de 55 mg/l, ce qui est bien en dessous de la norme de potabilisation qui est de 250 mg/. Les valeurs pour ces paramètres ont diminué rapidement. Les concentrations observées en fin du mois de mai sont du même ordre que les valeurs de l'état initial.

La chute du pH suite au passage de la vague d'acide est visible dans les graphiques établis à partir des mesures in situ présentés en annexe II. Le temps de passage de l'acide étant très court, les variations de pH ne sont pas visibles dans les échantillons prélevés dans le milieu naturel envoyés au laboratoire.

Pour les paramètres **Nitrates, et Mn**, les résultats après incident sont tout à fait comparables aux résultats avant incident.

Pour les paramètres **Sulfates et Ca** on observe diminution des concentrations après l'incident :

- **Sulfates** : les résultats sont au dessus de la moyenne de l'état initial, certains dépassent les maxima directement après l'incident. (maximum observé en Sulfates : 19,4 mg/L) On observe une diminution progressive de ces paramètres après le passage de l'acide pour retrouver les niveaux de l'état initial après 2 à 3 semaines.
- **Ca** : les concentrations après l'incident sont doublées après l'incident puis diminuent progressivement. Jusqu'en fin d'année, les valeurs restent légèrement supérieures à l'état initial.

Evolution à plus long terme :

Au cours du deuxième semestre 2010, on observe une tendance à l'augmentation pour certains paramètres (sulfates, S, Ca, Na, Cl, Si et Mg).

La comparaison des stations du Creek de la Baie Nord avec la station 1-A située sur la Kwé et donc hors d'impact de la fuite acide et des rejets de l'Usine permet d'identifier deux catégories :

- **tendance générale : Si, Mg**
La tendance est observée sur le Creek Baie Nord et la Kwé, elle n'est donc pas liée aux activités industrielles.
- **tendance localisée : Sulfates, S, Ca, Na et Cl.**
La tendance n'est observée que sur le creek de la Baie Nord.

2.4. Qualification et quantification de l'impact

L'impact du passage de l'acide sulfurique sur la physico-chimie de l'eau du Creek de la Baie Nord a été important (chute du pH jusqu'à un minimum mesuré de 1,68) mais de courte durée (le pH de la rivière était revenu à la normale en moins de 12 heures).

Aucun effet n'est décelable sur les concentrations en métaux.

On n'observe directement les effets de l'incident que sur les paramètres SO_4^- , Na et Ca, produits par la neutralisation de l'acide sulfurique par le calcaire et le Carbonate de Sodium. Par précaution, le calcaire est laissé après l'incident lors du nettoyage de la zone. Il a pu continuer à libérer du calcium mais sa solubilité reste très faible. Toutefois les valeurs maximales observées (une semaine après l'incident) sont très inférieures aux limites de potabilité et restent du même ordre de grandeur que les valeurs d'état initiaux. La majeure partie du calcaire emporté dans le Creek a été retirée au mois de janvier 2010.

Après trois semaines, les valeurs de l'ensemble des paramètres ont retrouvé des valeurs conformes aux états initiaux.

Au cours du deuxième semestre 2010, on observe une tendance à l'augmentation localisée au Creek de la Baie Nord pour les paramètres Sulfates, S, Ca, Na et Cl.

A l'étiage, les eaux de surface la composition des eaux de surface tend à se rapprocher de celle des eaux souterraines, or ces tendance sont observées en moindre mesure dans les eaux souterraines pour ces paramètres (voir partie 13).

Toutefois la tendance à l'augmentation pour les sulfates et le soufre est beaucoup plus marquée pour les eaux de surface au point 6-Q, le plus en amont. Il est possible que cette tendance soit amplifiée par les rejets des activités industrielles.

Il est nécessaire de poursuivre le suivi mensuel au point 6-Q, en particulier pour les paramètres sulfates et soufre, afin de déterminer si leur augmentation est due aux influences des eaux souterraines ou aux rejets industriels.

3. Evaluation de l'impact sur la faune dulcicole – Macro-invertébrés

L'évaluation de l'impact du déversement d'acide sulfurique sur la faune benthique du creek de la Baie Nord est réalisée par le bureau d'étude BIOTOP (anciennement ETEC) et plus particulièrement par Yannick Dominique docteur en hydrobiologie et éco-toxicologie.

L'évaluation consiste à réaliser sur 6 transects des prélèvements de macro faune benthique. Ces prélèvements ont été réalisés aux dates suivantes :

- Le samedi 4 avril 2009 ;
- Le mardi 21 avril 2009 ;
- Le mercredi 6 mai 2009 ;
- Le samedi 20 juin 2009 ;
- Le lundi 20 juillet 2009 ;
- Le lundi 10 août 2009 ;
- Le mercredi 9 septembre ;
- Le mardi 20 octobre 2009 ;
- Le jeudi 12 novembre 2009 ;
- Le mardi 15 décembre 2009 ;
- Le mardi 12 janvier ;
- Le mardi 9 février ;
- Le mercredi 24 mars.

C'est donc un suivi régulier (mensuel) qui a été proposé et qui permet de suivre la recolonisation des habitats par la faune benthique. Ce suivi est prévu sur une année soit d'avril 2009 à avril 2010.

Les prélèvements sont effectués sur 6 stations du creek de la Baie Nord :

- 6-T
- 6-bnor1
- U-7
- 6-deb11
- 6-U remplacé à partir de septembre par une station située sur un affluent non impacté.
- 6-Q

Ces stations sont présentées sur la carte en Annexe III.

Les détails techniques et les méthodes d'analyses sont décrits dans le rapport réalisé par Biotop présenté en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** de ce document.

Plusieurs indices seront utilisés pour analyser le comportement de la macrofaune benthique suite au déversement d'acide :

- Le nombre d'individus collectés ;
- L'abondance relative ;
- Le score IBNC (à titre indicatif) et une comparaison des indices historiques ;
- La richesse spécifique ou le nombre total de taxon ;
- L'indice Ephéméroptères/Trichoptères (ET) ;
- L'indice Chironome, bon indicateur de la qualité du milieu ;
- L'indice de diversité de Shannon et Weaver.

Pour l'ensemble de ces indices une analyse comparative sera proposée, les données des années précédentes et des campagnes postérieures à l'incident seront utilisées, l'objectif étant d'évaluer l'impact sur le milieu et de comprendre comment la bioremédiation s'effectue dans le creek de la Baie Nord.

Une étude, selon la méthode de « double aveugle » a été réalisée par le bureau d'étude Hytec. Hytec a réalisé trois suivis dans le creek de la Baie Nord suite à l'incident d'acide¹, un état des lieux de la faune benthique le 10 avril 2009, deux suivis de l'évolution de la faune benthique et de la qualité biologique le 7 mai 2009 et le 10 septembre 2009. Une comparaison des résultats des deux études va être proposée.

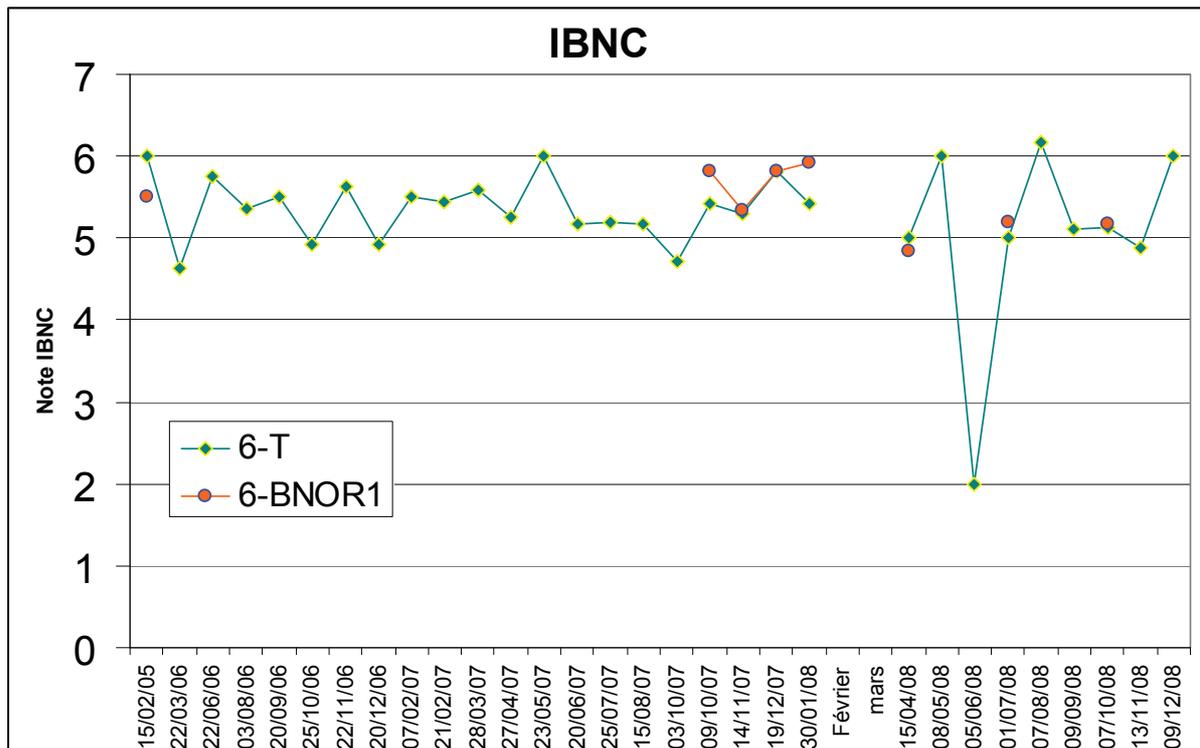
¹ Hytec. « Suivi de la qualité biologique du creek Baie Nord après l'accident du 1^{er} avril 2009 ». Janvier 2010, 150p

3.1. Valeurs de référence

Les valeurs de référence disponibles et utilisables pour ces suivis sont celles recueillies au niveau de la station 6-T et 6-bnor1.

Les résultats obtenus depuis 2005 sur les deux stations sont retranscrits en Figure 3-1.

Figure 3-1 : Résultats historiques des suivis et IBNC réalisés dans le creek de la Baie Nord aux stations 6-T et 6-bnor1



Il sera proposé une comparaison des taxons de macro-invertébrés historiques et ceux ayant persistés et/ou recolonisés le milieu après l'incident.

Le tableau ci-dessus n'est qu'une partie des données qui sont utilisées dans le cadre de cette étude, en effet, l'ensemble des données taxonomiques (faune répertoriée lors des campagnes de prélèvement) est repris dans les calculs et comparaisons proposés.

Les autres stations n'ont jamais fait l'objet d'un suivi des macro-invertébrés ni d'un IBNC mais elles sont tout à fait pertinentes puisqu'elles nous permettent de comprendre, d'évaluer et d'analyser le comportement des macro-invertébrés suite au déversement d'acide en différents endroits du creek de la Baie Nord.

3.2. Valeurs obtenues après l'incident

La première campagne de prélèvement de faune benthique faisant suite à l'incident a été réalisée le samedi 4 avril. Le rapport édité par Biotop est transmis en Annexe VI.

Les résultats de la première campagne sont indiqués dans le Tableau 3-1.

Tableau 3-1 : Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique

		T°	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Conductivité	pH	Nb d'individus	IBNC	Richesse Spécifique (ou nb total de taxon)	Indice de diversité (H)
4 avril	U-7	24,8	8,23	98,3	314	7,2	5	6	3	1,52
	6-Q	24,8	8,22	98,2	196,5	7,17	5	4	3	1,52
	6-bnor1	24,7	7,99	95,6	164,1	7,41	8	4	4	1,25
	6-T	24,3	8,23	98,3	142,7	7,48	31	4,8	6	1,83
	6-U	23,4	8,2	96,7	142,7	7,47	6	3	2	0,65
	6-deb11	25,5	8,1	96,5	138,7	7,27	2	2,5	2	1

La deuxième campagne de prélèvement de faune benthique faisant suite à l'incident a été réalisée le mardi 21 avril. Le rapport édité par Biotop est transmis en Annexe VI. Les résultats de la deuxième campagne sont indiqués dans le Tableau 3-2.

Tableau3-2 : Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique

		T°	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Conductivité	pH	Nb d'individus	IBNC	Richesse Spécifique (ou nb total de taxon)	Indice de diversité (H)
21 avril	U-7	24,7	8,4	99,9	174,7	7,08	38	4,25	4	0,52
	6-Q	24,4	8,4	99,9	149,5	7	11	3	2	0,43
	6-bnor1	24,3	8,4	99,9	129,9	7,55	38	2	5	0,81
	6-T	23,6	8,4	99,9	122,9	7,47	30	5,25	5	0,97
	6-U	22,8	8,4	99,9	121,8	7,44	85	3	6	0,58
	6-deb11	24,5	8,89	107,5	120,7	7,4	66	4,75	7	1,75

Une troisième campagne de prélèvement de faune benthique faisant suite à l'incident a été réalisée le mardi 5 mai. Le rapport édité par Biotop est transmis en Annexe VI. Les résultats de la troisième campagne sont indiqués dans le Tableau 3-3.

Tableau 3-3: Résultats du suivi de la faune benthique après le déversement d'acide sulfurique

		T°	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Conductivité	pH	Nb d'individus	IBNC	Richesse Spécifique (ou nb total de taxon)	Indice de diversité (H)
5 mai	U-7	22,8	7,33	86,2	173,8	7,17	255	3,5	5	0,97
	6-Q	20,8	8,75	99,7	158,5	7,05	465	4,4	8	1,23
	6-bnor1	22,1	7,35	86,2	140	7,35	687	5,17	9	0,85
	6-T	22,7	8,4	99,9	136,3	7,63	316	5,17	10	1,33
	6-U	22,8	8,4	99,9	135,5	7,73	368	4	5	0,89
	6-deb11	23,6	7,99	95,4	133,4	7,57	375	5,40	8	0,92

Les valeurs présentées ci-dessus sont interprétées et complétées dans les rapports cités ci-dessus.

3.3. Qualification et quantification de l'impact

Suite à la première campagne de suivi de la faune benthique, les conclusions sont les suivantes :

- Un nombre faible d'individus retrouvés indiquant clairement une perturbation du milieu.
- Les individus présents dans les zones de courant ont disparu.
- Les individus présents dans les sédiments du cours d'eau et pouvant s'y réfugier sont présents (larves d'*Orthocladinae*.)

Au vu de ces premiers éléments, il est évident que l'acide a eu un impact sur les communautés de macro-invertébrés, mais celles-ci n'ont pas toutes été éradiquées. La présence de macro-invertébrés dans certains compartiments du cours d'eau pourra être une des sources pour la recolonisation du creek de la Baie Nord.

Les conclusions de la deuxième campagne de suivi des macro-invertébrés, qui s'est déroulée 2 semaines après l'incident, sont les suivantes :

- Profond déséquilibre entre les différentes communautés de macro-invertébrés. La domination de taxa pionnier en est un signe évident (larve d'*Orthocladinae*).
- Recolonisation de l'ensemble des compartiments du creek de la Baie Nord par les larves d'*Orthocladinae*.
- Les compartiments où aucun taxa n'a été retrouvé lors de la première campagne sont recolonisés.

Les conclusions de la campagne de suivi des macro-invertébrés de début mai, soit 1 mois et quelques jours après l'incident sont les suivantes :

- Le processus de recolonisation du creek de la Baie Nord se poursuit.
- Un déséquilibre entre les différentes communautés de macro-invertébrés persiste toujours.
- La comparaison des données historiques indique que l'état actuel des communautés du creek de la Baie Nord, pour la station 6-T, est proche de celui observé à la même période en 2008. Mais ce point doit être nuancé par le fait que l'année 2008 a été marquée par de fortes précipitations qui ont pu être à l'origine d'une forte déstructuration des communautés d'invertébrés.

Les dernières conclusions indiquent une recolonisation des différents compartiments du creek de la Baie Nord.

Pour suivre l'évolution de cette recolonisation, un suivi mensuel est réalisé sur les 6 stations décrites dans les paragraphes précédents.

3.4. Les études de suivi de la recolonisation du creek (Etudes à moyen terme)

Les études de suivi de la recolonisation du creek de la Baie Nord par la macrofaune benthique ont été réalisées par Biotop (fréquence mensuelle) et par Hytec (« double aveugle »).

Les résultats et les premières conclusions de ces études sont présentés dans ce chapitre. Le rapport définitif de l'évolution des macro-invertébrés benthiques du creek de la Baie Nord entre avril 2009 et avril 2010 n'est pas encore disponible. Seuls sont présentés ici les premiers éléments de description du comportement des peuplements suite à l'incident du 1^{er} avril.

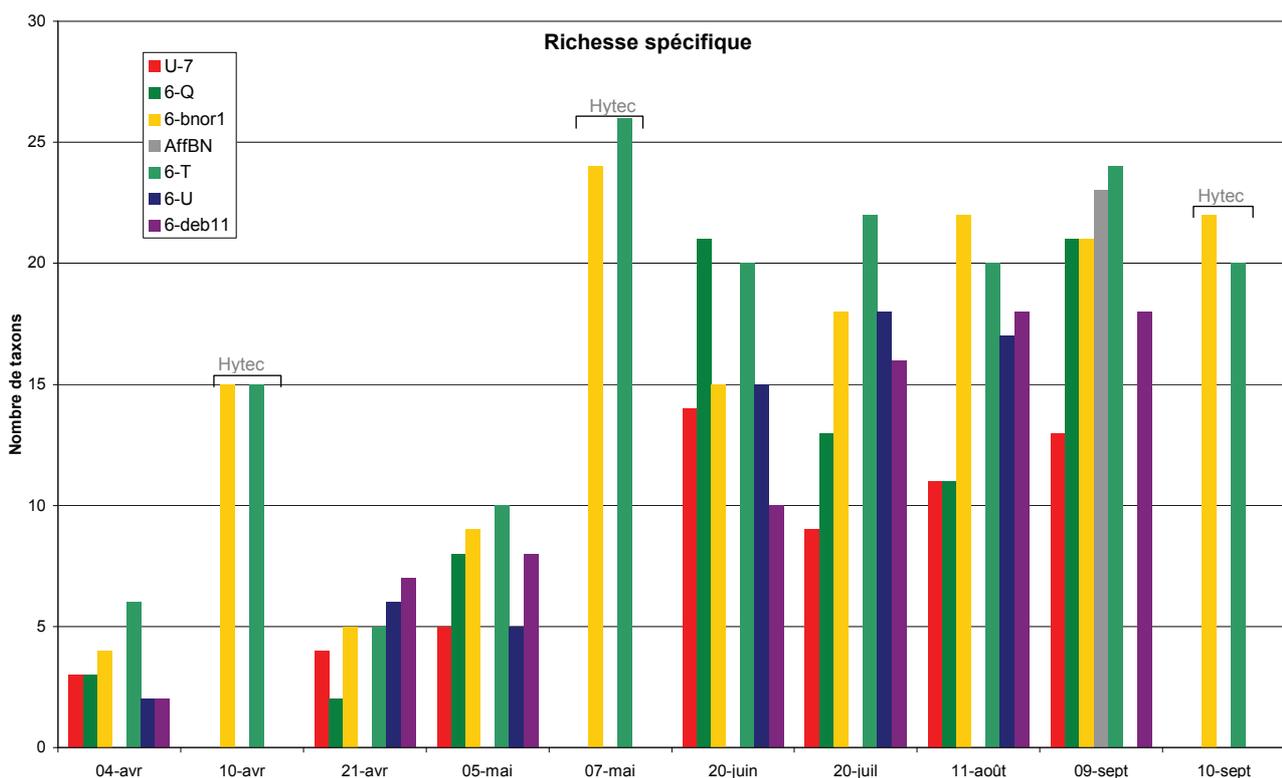
Les résultats de l'indice IBNC ne sont pas présentés ici, cet indice n'étant pas recommandé dans le cadre d'un suivi de la recolonisation d'un écosystème.

Une comparaison des études réalisées par Biotop et Hytec est proposée, cette comparaison étant l'objectif premier d'un suivi en « double aveugle ».

3.4.1. La richesse taxonomique

La richesse taxonomique ou spécifique correspond au nombre de taxon identifiés dans l'ensemble des prélèvements réalisés pour une station de suivi. La figure 3-2 présente les résultats obtenus.

Figure 3-2 : Richesse taxonomique pour l'ensemble des stations entre avril et septembre 2009



Les suivis réalisés à la suite de l'incident du 1^{er} avril 2009 indiquent une faible richesse taxonomique. A partir de juin, le nombre de taxon augmente, indiquant une recolonisation du cours d'eau par différents taxons.

La station nommée AffBN, est située dans le bras Sud du creek de la Baie Nord qui n'a pas subi le passage de l'acide. Les stations 6-Q, 6-bnor1, 6-T et 6-deb11 atteignent des valeurs en termes de richesse taxonomiques proches de celles enregistrées à la station de référence AffBN.

Cette métrique nous indique une recolonisation du cours d'eau impacté mais ne permet pas de déterminer la nature et la qualité des peuplements.

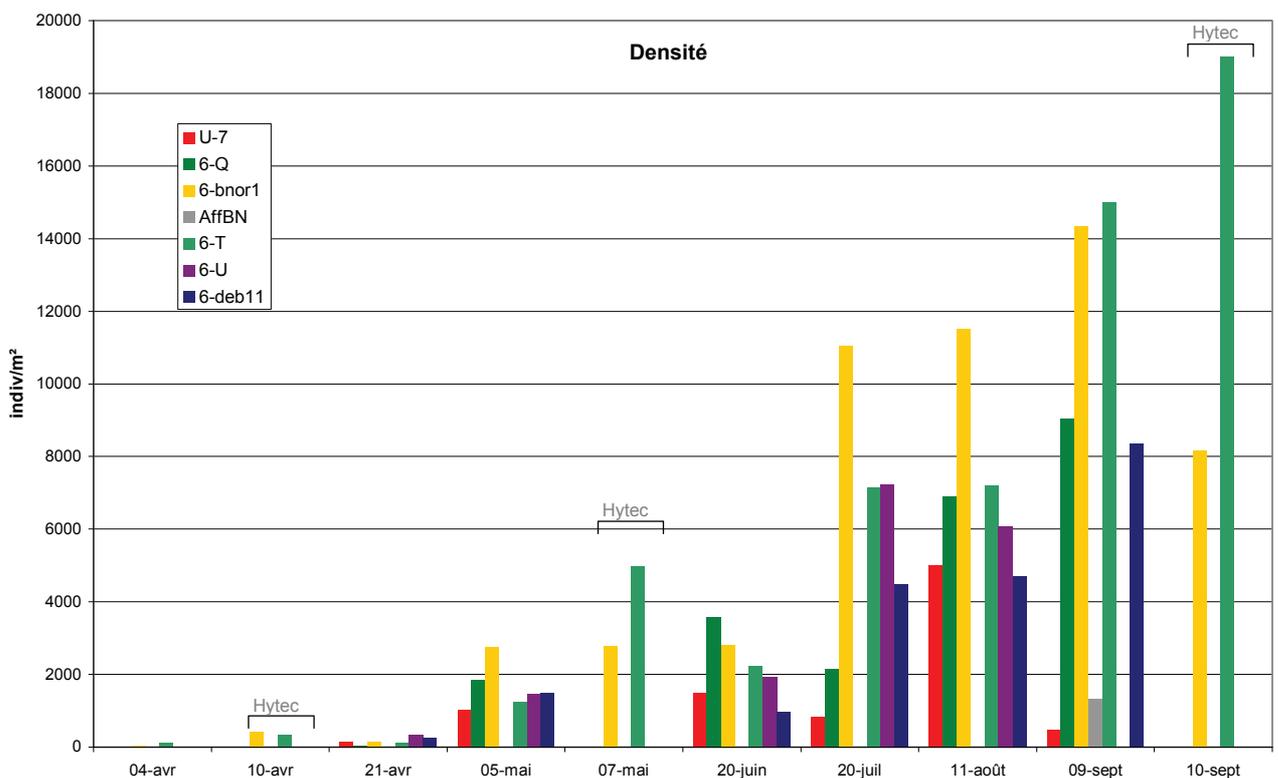
La recolonisation de la station 6-T peut avoir été impulsée par l'affluent sud du creek, toutefois d'autres hypothèses peuvent être avancées. La station 6-bnor1 connaît elle aussi une recolonisation importante, cette recolonisation a pu également avoir pour origine les affluents situés en amont de cette station.

La station U-7 semble connaître également une recolonisation mais plus lente que celles observées en aval. Cette station, située dans la forêt rivulaire, est alimentée par les eaux de ruissellement de la partie nord de l'usine et par des résurgences. Des perturbations ayant pour origine des rejets industriels (Vale Inco Nouvelle-Calédonie et Prony Energies) peuvent ralentir la recolonisation de cette station. La situation de la station U-7 (non alimentée par des affluents) semble donc confirmer l'hypothèse selon laquelle la recolonisation des stations plus en aval a pu se faire par l'apport des petits affluents et par la branche sud du creek de la Baie Nord.

3.4.2. La densité (nombre d'individus par m²)

La densité correspond au nombre d'individus présent par m². La figure 3-3 présente les résultats obtenus.

Figure 3-3 : Densité pour l'ensemble des stations de suivi entre avril et septembre 2009



Ces résultats présentent une densité de peuplement croissante et importante, notamment pour les stations 6-bnor1 et 6-T. Les stations 6-Q et 6-deb11 présentent quant à elles une densité de peuplement moins importante mais croissante.

En revanche, les stations U-7 et 6-U présente de faible densité de peuplements et une évolution moins rapide que celle observée pour les stations précédentes.

La station AffBN ne présente pas une grande densité de peuplement et l'hypothèse selon laquelle la recolonisation de la station 6-T aurait pour origine les apports du bras sud d creek de la Baie Nord semble moins évidente, mais la recolonisation des stations peut être le fait d'une espèce prédominante indiquant une déstabilisation des peuplements au sein de la station.

3.4.3. Abondance relative

L'abondance relative permet de déterminer la contribution des différents taxons par rapport à l'ensemble des peuplements à un moment donné et pour l'ensemble des stations de suivi présentées ci-dessus. Les figures 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8 et 3-9 présentent les résultats obtenus par station. Les données présentées ci-dessous reprennent uniquement les suivis réalisés par Biotop.

Figure 3-4 : Abondance relative, station U-7

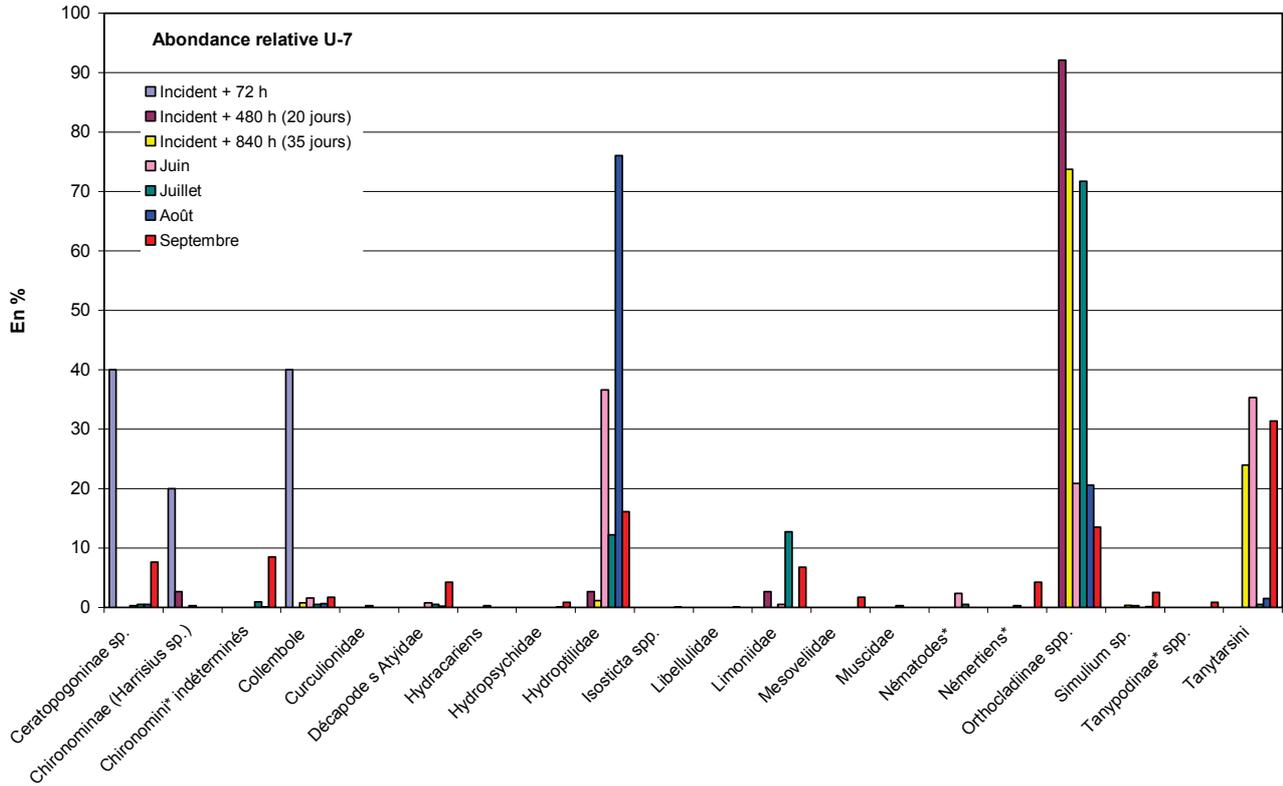


Figure 3-5 : Abondance relative, station 6-Q

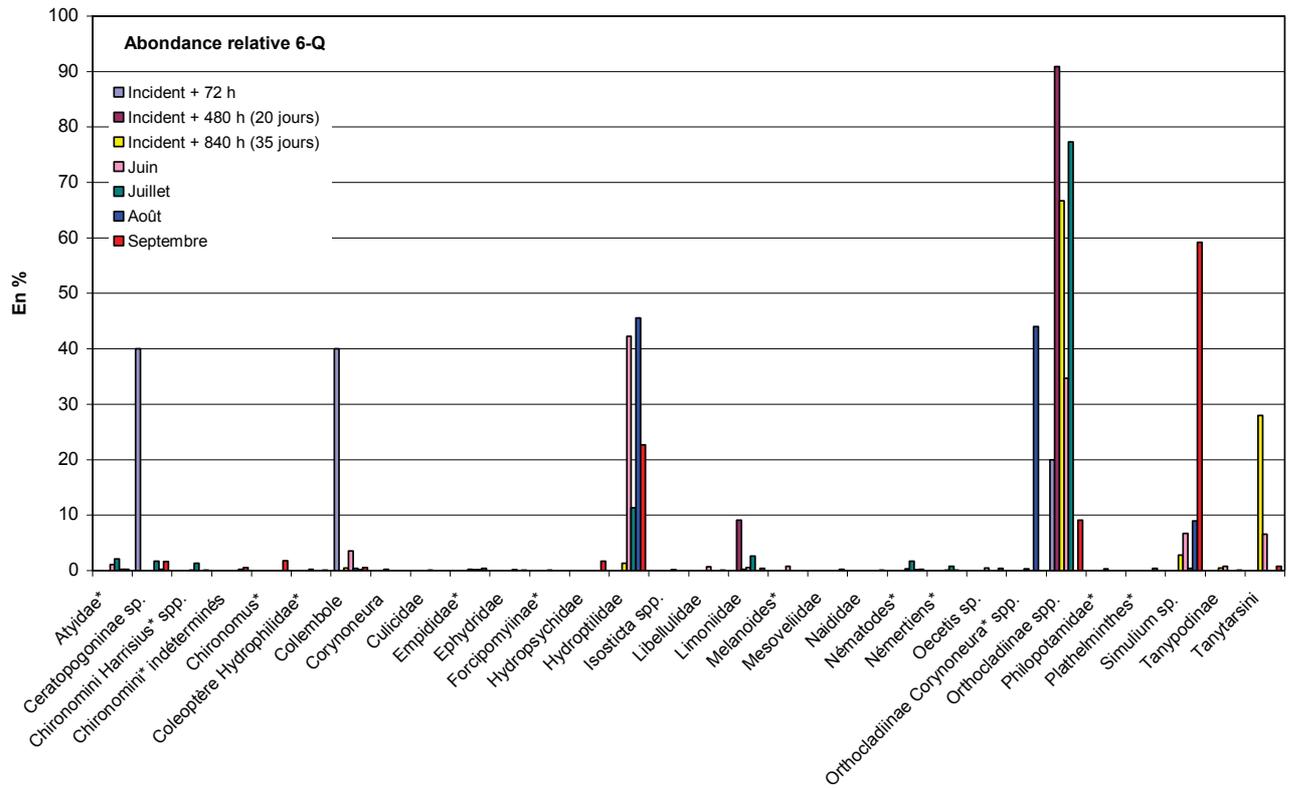


Figure 3-6 : Abondance relative, station 6-bnor1

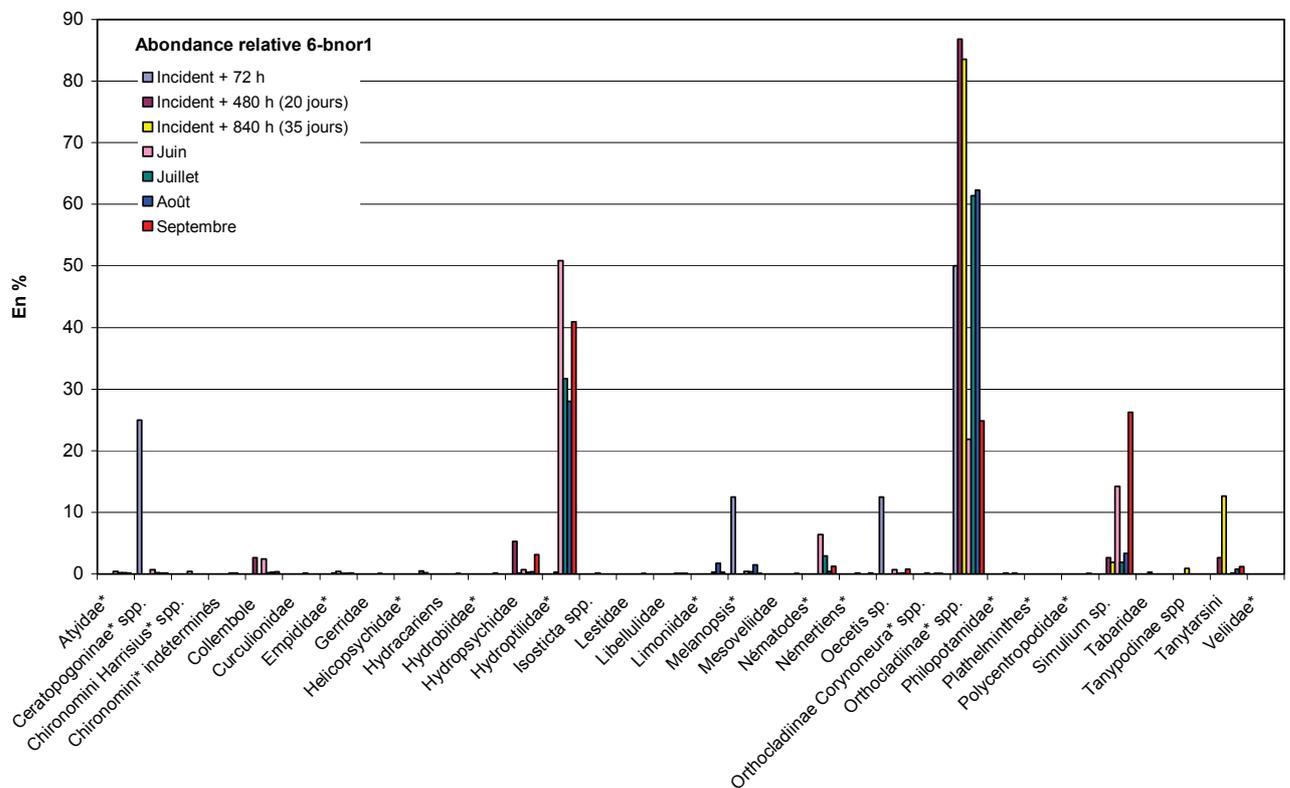


Figure 3-6 : Abondance relative, station 6-T

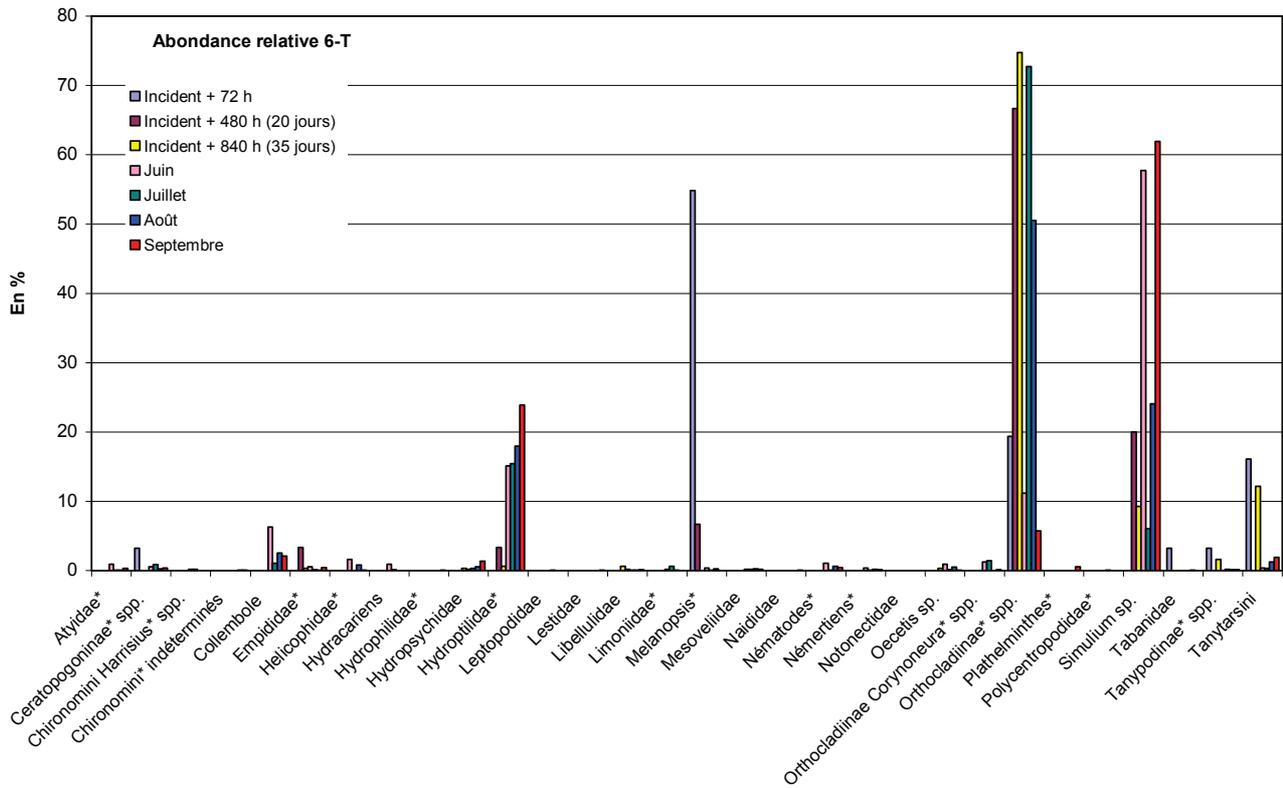


Figure 3-7 : Abondance relative, station 6-U

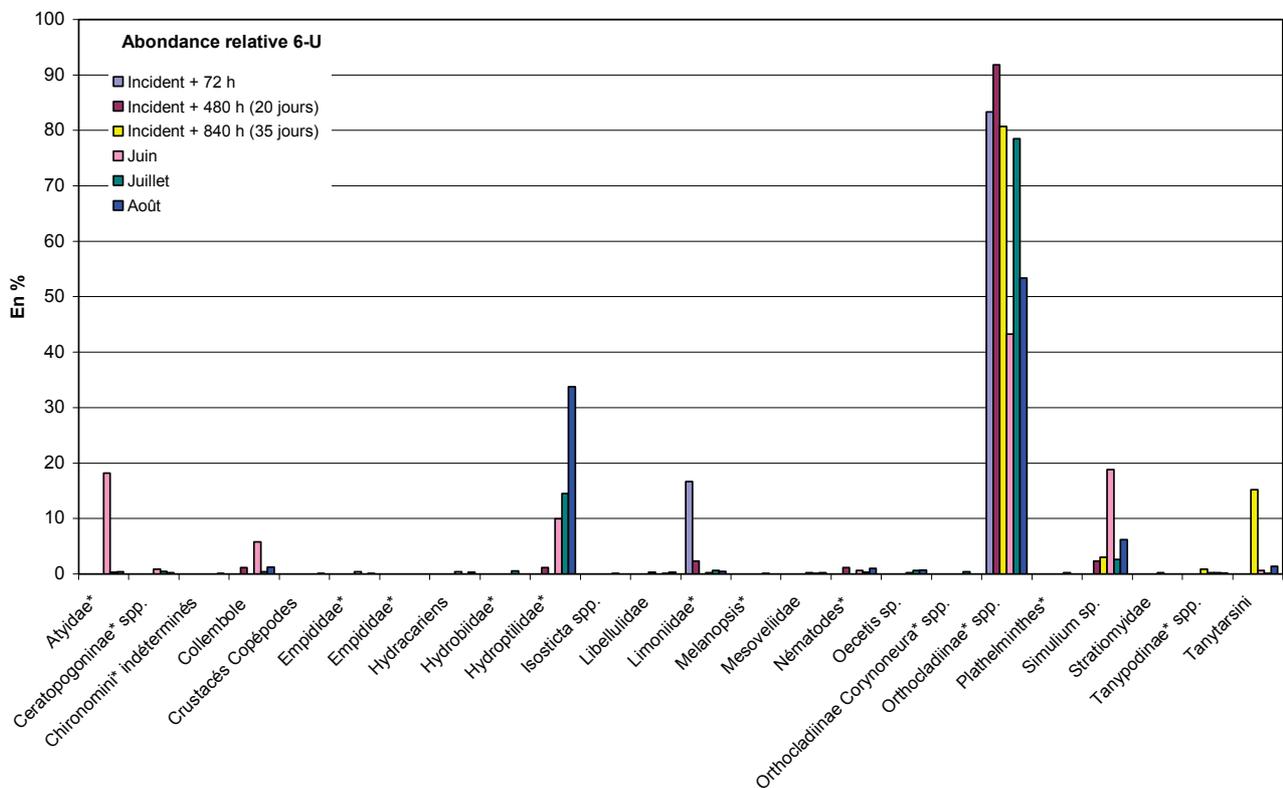
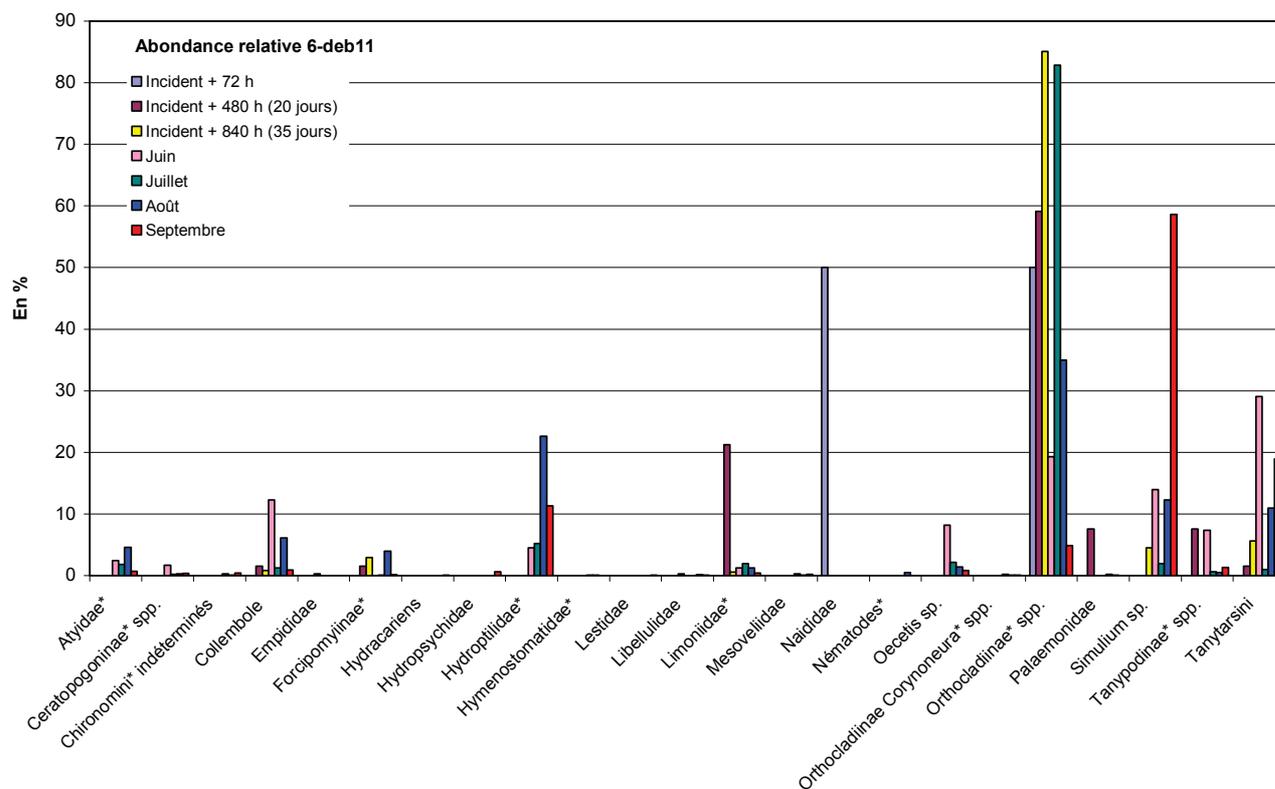


Figure 3-8 : Abondance relative, station 6-deb11

Les taxa présents à la suite de l'incident du 1^{er} avril réapparaissent lors des campagnes suivantes, mis à part pour *Tabanidae* (6-T) et *Naididae* (6-deb11).

Plusieurs taxa sont présents uniquement entre le 4 et 21 avril :

- *Chironominae Harrisius sp* pour la station U-7.
- *Melanopsis* pour la station 6-bnor1
- *Tanypodinae* pour la station 6-T

Entre juin et août, une prédominance des taxa *Hydroptilidae* et *Orthoclaadiinae spp* est à noter pour l'ensemble des stations, avec quelques différences pour 6-U et 6-deb11 qui présentent une forte représentation du taxa *Orthoclaadiinae spp*.

A partir du mois de septembre les taxa se diversifient et sont également dominés par la présence de :

- *Tanytarsini* pour la station U-7
- *Simulium sp* pour la station 6-Q, 6-T et 6-deb11

Ces résultats indiquent une **recolonisation progressive de divers taxa** dans l'ensemble des stations suivies. La diversification des taxa est plus marquée dans le cours inférieur du creek de la Baie Nord, notamment au niveau de 6-deb11.

Une étude plus complète et apportant de nouveaux éléments est prévue mais ne sera disponible qu'une fois l'ensemble des résultats obtenus.

3.4.3.1. Comparaison des suivis réalisés par Biotop et Hytec

D'après les figures 3-2 et 3-3, des divergences de résultats entre les suivis réalisés par les bureaux d'études Biotop et Hytec existent et sont révélés dès les premiers échantillonnages. Ces différences sont observées :

- entre le 4 et le 10 avril

- entre le 10 et le 21 avril
- entre le 5 et le 7 mai
- entre le 9 et le 10 septembre

Ces différences peuvent avoir plusieurs origines (cette liste n'étant pas exhaustive) :

- Une trop grande différence de temps entre les échantillonnages,
- Des zones échantillonnées différentes
- Des conditions météorologique et/ou hydrologique entre les campagnes

Du fait de ces divergence entre les résultats, il est difficile déterminer la qualité des deux échantillonnages et des suivis réalisés. Ces différences soulèvent une problématique liée à des divergences qu'il n'est pas possible ici d'expliquer.

4. Evaluation de l'impact sur la faune dulcicole – Poissons

4.1. Programme d'évaluation

La **première phase** du programme d'évaluation de l'impact du déversement d'acide sulfurique sur les poissons repose sur l'inventaire des espèces récupérées dans le cours d'eau, ces individus étant tous morts et parfois à un stade avancé de décomposition.

Une abondante Ichthyofaune a été récupérée par les équipes de Vale Inco Nouvelle-Calédonie entre les 2 et le 6 avril 2009 le long du creek de la Baie Nord ainsi que quelques individus le long de la plage de son estuaire.

Elle a été conservée au froid puis a fait l'objet d'un inventaire réalisé par la société ERBIO sous la supervision de Christine Pöllabauer, docteur en biologie.

L'inventaire a permis :

- une évaluation de la perte de biomasse ;
- un inventaire exhaustif de la perte éventuelle d'espèces rares et/ou protégées ;
- Une identification précise des espèces présente dans le cours d'eau au moment du déversement.

La **deuxième phase** du programme d'évaluation de l'impact du déversement d'acide sur l'Ichthyofaune a consisté à réaliser une campagne d'observation, à partir des berges et en apnée, des individus ayant recolonisé le milieu.

C'est en concertation avec la société ERBIO qu'il a été décidé d'attendre quelque temps avant de réaliser un inventaire par pêche électrique dans le creek de la Baie Nord. La première campagne d'observation a eu lieu le jeudi 30 avril 2009. Une deuxième a été réalisée le jeudi 7 mai 2009.

Pour la **troisième phase** du programme d'évaluation de l'impact du déversement d'acide sur l'Ichthyofaune du creek de la Baie Nord, un inventaire par pêche électrique a été réalisé début juin. Ainsi une indication plus précise des espèces ayant recolonisé le milieu peut être proposée et l'évaluation d'impact sur l'Ichthyofaune complétée.

4.2. Valeurs de référence

Les valeurs de référence reposent sur l'ensemble des résultats des inventaires réalisés dans le creek de la Baie Nord sur différentes sections du creek de la Baie Nord et ceci depuis 1998.

La base de données est désormais disponible, elle compile l'ensemble des suivis réalisés sur les poissons et crustacés dans la zone du projet de Vale Inco Nouvelle-Calédonie et donc dans le bassin versant du creek de la Baie Nord.

4.3. Valeurs obtenues après l'incident

4.3.1. Inventaire préliminaire des poissons morts

Aujourd'hui le travail d'inventaire des individus collectés suite à l'incident du 1^{er} avril est achevé, l'ensemble des données ont été intégrées à la base de données globale présentée ci-dessus. Une synthèse des résultats est proposée dans les tableaux 4-1 et 4-2.

Tableau 4-1 : Résultats de l'inventaire réalisé par ERBIO sur les poissons morts récupérés suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord

		Poissons	Crustacés
Nombre d'individus inventoriés		2122	644
Nombre d'espèces inventoriées	Eau douce	19	5
	Eau saumâtre	16	
Nombre d'individus d'espèces diverses indéterminées inventoriées		48	-
Poids total inventorié (en kg)		50,1	0,9005

Tableau 4-2 : Espèces protégées ou sur la liste rouge de l'UICN inventoriées suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord

	Famille	Genre	Espèce	Nom commun	Nombre d'individus
Espèce sur la liste rouge de l'UICN	Kuhliidae	<i>Kuhlia</i>	<i>marginata</i>	Carpe à queue rouge	65
	Eleotridae	<i>Eleotris</i>	<i>melanosoma</i>	Eléotris brun	5
	Eleotridae	<i>Ophieleotris</i>	<i>nsp.</i>	-	3
Espèce protégée	Gobiidae	<i>Sicyopterus</i>	<i>sarasini</i>	Lochon de cascade	2
	Gobiidae	<i>Stenogobius</i>	<i>yateiensis</i>	Lochon	3
	Rhyacichthyidae	<i>Protogobius</i>	<i>attiti</i>	-	1

En raison des fortes pluies des semaines précédant l'incident, il est possible d'expliquer la présence en grand nombre de *Kuhlia marginata*. En effet, selon les propos de Christine Pöllabauer et suite aux nombreuses opérations de terrain qu'elle a pu réaliser, une relation entre pluviosité et présence de *Kuhlia marginata* est possible, cette espèce semble profiter et apprécier les cours d'eau chargés en sédiments. Toutefois, cela n'est qu'une hypothèse, le comportement des espèces endémiques reste dans de nombreux cas une énigme.

D'après les données acquises suite à cet inventaire préliminaire, trois espèces sont endémiques à la Nouvelle-Calédonie : *Stenogobius yateiensis*, *Sicyopterus sarasini*, *Ophieleotris nsp* et *Protogobius attiti*.

4.3.2. Campagnes d'observation dans le cours aval du creek de la Baie Nord

4.3.2.1. Campagne du jeudi 23 avril 2009

La première campagne d'observation de la faune ichtyologique dans le creek de la Baie Nord s'est déroulée le jeudi 23 avril 2009. Cette mission consiste à parcourir le cours aval du creek de la Baie Nord avec un matériel de plongée en apnée afin de voir si des poissons réapparaissent.

Cette technique est utilisée avant de réaliser un suivi par pêche électrique. En effet, elle évite de provoquer un stress supplémentaire pour les poissons et permet d'obtenir une évaluation partielle de la recolonisation du milieu.

Les résultats de cette première observation sont retranscrits dans le Tableau 4-3.

Tableau 4-3 : Résultats de la première campagne d'observation du 23 avril 2009 dans le creek de la Baie Nord (Suivi en apnée)

Observation en apnée dans le Creek de la Baie Nord 23/04/2009					
Zone d'observation	Famille	Genre, espèce	Stade	Stade	Abondance*
Embouchure CBN (embouchure, en aval de la cascade)	Terapontidae	<i>Terapojn jarbua</i>	-	Adultes	1
	Lutjanidae	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Juvéniles	Adultes	1
	Mugilidae	<i>Liza sp.</i>	-	Adultes	1
	Mugilidae	Espèce 2	Juvéniles	Adultes	3
	Mugilidae	Espèce 3	Juvéniles	Adultes	3
	Kuhliidae	<i>Kuhlia munda</i>	-	-	4
	Kuhliidae	<i>Kuhlia marginata</i>	-	-	4
En amont de la cascade (environ jusqu'à 500m linéaires)	Mugilidae	Espèce 2	Juvéniles	Adultes	2
	Mugilidae	Espèce 3	Juvéniles	Adultes	2
	Kuhliidae	<i>Kuhlia munda</i>	Juvéniles	Adultes	2
	Kuhliidae	<i>Kuhlia marginata</i>	Juvéniles	Adultes	3
	Kuhliidae	<i>Kuhlia rupestris</i>	5x 2 à 3cm	-	1
4x 9 à 15cm			-	1	

* Abondance :

1 = Espèce peu nombreuse, 0 à 5 spécimens observés.

2 = Espèce moyennement nombreuse, 6 à 10.

3 = Espèce assez nombreuse, 11 à 20.

4 = Espèce abondante, plus de 20 spécimens observés.

Ces chiffres doivent être utilisés avec précaution, un suivi en apnée n'est pas totalement objectif. Cette pratique ne permet pas de connaître l'état du milieu ni de repérer précisément l'ensemble des spécimens présents d'une part parce que les poissons se cachent à l'approche d'un nageur même discret et d'autre part parce que les poissons ne peuvent pas être complètement identifiés.

Toutefois, la présence de ces individus est prometteuse quant à la recolonisation du milieu par la faune aquatique.

4.3.2.2. Campagne du 7 mai 2009

La deuxième campagne d'observation de la faune ichthyologique dans le creek de la Baie Nord s'est déroulée le jeudi 7 mai 2009. Cette mission, comme la précédente, consiste à parcourir le cours aval du creek de la Baie Nord avec un matériel de plongée en apnée afin de voir si des poissons réapparaissent.

Les résultats de cette deuxième campagne observation sont retranscrits dans le Tableau 4-4.

Tableau 4-4 : Résultats de la deuxième campagne d'observation du 7 mai 2009 dans le creek de la Baie Nord (Suivi en apnée).

Observation en apnée dans le Creek de la Baie Nord 07/05/2009					
Genre	Espèce	Nom commun	Nombre	Taille	Observations
-	-	Crevettes	-	-	En amont de la cascade, dans de petits bassins de bordure
-	-	Squilles	-	-	Des dizaines de mues
<i>Kuhlia</i>	<i>munda</i>	Carpes queue jaune	21	-	-
<i>Kuhlia</i>	<i>marginata</i>	Carpes queue rouge	16	-	-
<i>Kuhlia</i>	<i>rupestris</i>	Carpes	57	-	-
-	-	Mulets	19	-	En banc
<i>Terapon</i>	-	-	1	-	-
<i>Lutjanus</i>	<i>argentimaculatus</i>	Vieille de paletuviers	9	15 à 30cm	Nageoires rouges, et bords blancs
<i>Apogon</i>	-	-	plus de 200	-	Plusieurs bancs

Ces chiffres doivent être utilisés avec précaution, un suivi en apnée n'est pas totalement objectif. Cette pratique ne permet pas de connaître l'état du milieu ni de repérer précisément l'ensemble des spécimens présents d'une part parce que les poissons se cachent à l'approche d'un nageur, même discret, et d'autre part parce que les poissons ne peuvent pas être complètement identifiés.

Toutefois, la présence de ces individus est prometteuse quant à la recolonisation du milieu par la faune aquatique.

4.3.3. Première campagne de suivi par pêche électrique

La première campagne de suivi de l'ichtyofaune du creek de la Baie Nord s'est déroulée les 8, 9, 10, 11 et 15 juin 2009. Le rapport de suivi est transmis en Annexe XVI. Les résultats globaux sont présentés dans les Tableaux 4-5 et 4-6.

Tableau 4-5 : Nombre de poissons par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi de juin

Poissons	
Espèce	Nombre total
<i>Anguilla marmorata</i>	10
<i>A reinardti</i>	4
<i>Anguilla sp. (Civelle)</i>	11
<i>Atule mate</i>	1
<i>Awaous ocellaris</i>	2
<i>Awaous ocellaris (post larve)</i>	4
<i>Eleotris fusca</i>	4
<i>Eleotris melanosoma</i>	1
<i>Eleotris sp. (juvénile)</i>	15
<i>Glossogobius celebius</i>	1
<i>Kuhlia marginata</i>	57
<i>Kuhlia rupestris</i>	156
<i>Redigobius bikolanus</i>	31
<i>Schismatogobius fugilimentus</i>	29
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	7
<i>Sicyopterus lagocephalus (post larve)</i>	1
<i>Sicyopterus sarasini</i>	3
<i>Sicyopterus sp (post larve)</i>	3
Total	340

Tableau 4-6 : Nombre de crustacés par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi de juin.

Crustacés	
Espèce	Nombre total
<i>Macrobrachium aemulum</i>	141
<i>Macrobrachium caledonicum</i>	34
<i>Macrobrachium lar</i>	57
Total	232

Les premières conclusions de ces pêches électriques ont mis en évidence la présence de nombreux juvéniles pour les espèces indiquées dans le Tableau 4-5, très peu d'adultes et d'individus considérés comme sub-adultes ont été observés. Ces premières observations indiquent que les populations présentes dans le creek de la Baie Nord sont déséquilibrées, ce qui est en adéquation avec la situation

rencontrée. Toutefois, plusieurs spécimens d'espèces considérées comme sensibles et/ou rares sont présentes et aucune espèce introduite n'a été observée.

Un contraste géographique est observé entre l'amont et l'aval, la station située à proximité de l'embouchure du creek de la Baie Nord est celle qui totalise le plus d'individus observés, contrairement aux stations situées à l'amont où peu d'individus ont été pêchés. Cette zonation longitudinale des individus peu s'expliquer par une recolonisation du creek de la Baie Nord depuis l'embouchure. Il est donc possible que lors des prochaines campagnes de suivi, des individus en plus grand nombre soient observés dans les stations en amont de l'embouchure.

Cependant, certaines stations ne semblent pas permettre une recolonisation par la faune aquatique. D'après le rapport d'Erbio, la station située dans la forêt rivulaire est définie comme non favorable à la vie aquatique, aucun poisson ni crevette n'y a été observé. Il semble qu'il soit peu probable que des individus viennent recoloniser cette partie du creek, mis à part la faune benthique. Toutefois, il avait été observé certains spécimens, notamment en 2006. Il n'est cependant pas possible de déterminer de quelle espèce il s'agissait puisque qu'aucun suivi n'avait été réalisé sur cette station auparavant.

Un affluent non impacté par l'incident a été échantillonné et il semble se comporter de la même façon que les stations situées en amont de l'embouchure. L'hypothèse d'une recolonisation possible du creek de la Baie Nord par les affluents non impactés ne paraît pas vérifiée. L'affluent échantillonné ici est quasiment le seul susceptible d'héberger des individus, les autres étant à sec ou ayant une hauteur d'eau peu élevée lors de la saison sèche.

4.3.4. Deuxième campagne de suivi par pêche électrique

La deuxième campagne de suivi de l'ichtyofaune du creek de la Baie Nord s'est déroulée entre le 26 et le 30 octobre 2010. Le rapport de suivi est transmis en Annexe XXIV. Les résultats globaux sont présentés dans les Tableaux 4-7 et 4-8.

Tableau 4-7 : Nombre de poissons par espèces collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi d'octobre

Effectifs	Effectif/ espèce	Abondance (%) des effectifs par espèces
Espèce		
<i>Anguilla marmorata</i>	8	2,65
<i>Anguilla obscura</i>	2	0,66
<i>Anguilla reinhardtii</i>	5	1,66
<i>Anguilla sp. (civelle)</i>	1	0,33
<i>Awaous guamensis</i>	28	9,27
<i>Awaous ocellaris</i>	31	10,26
<i>Butis amboinensis</i>	1	0,33
<i>Crenimugil crenilabis</i>	74	24,50
<i>Eleotris fusca</i>	31	10,26
<i>Glossogobius celebius</i>	4	1,32
<i>Kuhlia marginata</i>	15	4,97
<i>Kuhlia munda</i>	22	7,28
<i>Kuhlia rupestris</i>	31	10,26
<i>Liza tade</i>	8	2,65
<i>Microphis brachyurus brachyurus</i>	1	0,33
<i>Redigobius bikolanus</i>	16	5,30
<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	16	5,30
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	6	1,99
<i>Sicyopterus sarasini</i>	1	0,33
<i>Stenogobius yateiensis</i>	1	0,33
total	302	100

Tableau 4-8 : Nombre de crustacés par espèce collectés dans le creek de la Baie Nord lors de la campagne de suivi d'octobre

Effectifs	Effectif/ espèce	Abondance (%) des effectifs par espèces
Espèce		
<i>Macrobrachium aemulum</i>	377	28,98
<i>Macrobrachium australe</i>	317	24,37
<i>Caridina longirostris</i>	180	13,84
<i>Caridina typus</i>	128	9,84
<i>Macrobrachium lar</i>	121	9,30
<i>Caridina serratiostris</i>	72	5,53
<i>Macrobrachium grandimanus</i>	64	4,92
<i>Macrobrachium caledonicum</i>	30	2,31
<i>Paratya bouvieri</i>	12	0,92
total	1301	100

Lors de la campagne de suivi d'octobre, 20 espèces de poissons contre 18 en juin ont été inventoriés et 9 espèces de crustacés contre 3 en juin. La majeure partie des spécimens a été observée au niveau de la station CBN-70 située à proximité de l'embouchure du creek de la Baie Nord.

Le suivi réalisé au mois d'octobre a révélé la présence d'espèces pionnières au niveau des stations situées en amont de l'embouchure plus importante que lors de la campagne de juin, mais de même espèce. Seul au niveau de la station U-7 aucun individu n'a été observé, mis à part une espèce de crevette abondante dans le creek de la Baie Nord. Toutefois, la saison sèche n'est pas la saison la plus propice pour réaliser des suivis de faune dulcicole, les niveaux hydrologiques étant bas, la température de l'eau augmente dans certaines zones et rend le milieu peu favorable à la vie aquatique.

4.4. Qualification et quantification de l'impact

A l'heure actuelle, les éléments nous permettant de qualifier et de quantifier l'impact sur les poissons est ce qui a été observé dans le cours d'eau le lendemain de l'incident. La conséquence directe et visible du déversement est la mort de plus de 2000 poissons dans le creek de la Baie Nord. Suite à ces propos, l'impact sur l'ichtyofaune doit être qualifié de grave mais celui-ci n'est pas irréversible. En effet, 3 mois après l'incident, la faune aquatique recolonise le milieu. Cette recolonisation n'est cependant pas totale et elle est déséquilibrée. L'ensemble des espèces observées lors des campagnes antérieures ne sont pas toutes présentes mais les comportements des individus varient d'une espèce à l'autre, il est donc primordial de poursuivre les suivis sur la faune aquatique et d'observer comment les différentes communautés se comportent.

5. Evaluation de l'impact sur les sédiments de rivière

5.1. Programme d'évaluation

Une analyse des sédiments du creek de la Baie Nord est réalisée sur trois stations déjà suivies pour les sédiments dans le cadre l'arrêté ICPE 1467-2008/PS du 9 octobre 2008. Il s'agit de la 6-Q, 6-T et 6-U décrites au paragraphe 2.1.

Les mesures chimiques portent au minimum sur les listes d'éléments et de paramètres suivants :

- pH ;
- sulfates, calcium, magnésium, potassium, sodium, nitrates ;
- Métaux (Ni, Co, Cr, Mn...).

L'impact sera évalué par comparaison entre les 3 mesures successives effectuées sur les prélèvements réalisés en avril 2009 avec les mesures effectuées dans le cadre du suivi de ces stations réalisé en 2008.

L'échantillonnage des sédiments est effectué par l'équipe environnement de Vale Inco Nouvelle-Calédonie et a été réalisé une fois par semaine pendant trois semaines. Les analyses sont effectuées par trois laboratoires :

- Le laboratoire de Vale Inco Nouvelle-Calédonie ;
- Le laboratoire de la DIMENC ;
- Le laboratoire l'IRD.

Nous avons veillé à ce que les mêmes techniques d'analyse soient pratiquées afin de pouvoir comparer les résultats obtenus.

En complément de ce qui précède, des échantillons standards certifiés ont été insérés parmi les lots d'échantillons envoyés aux différents laboratoires.

Pour la validation globale de cette évaluation, un audit portant sur les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons a été réalisé. Le rapport d'audit et un tableau synthétiques des recommandations sont disponibles en annexes XXIII.

5.2. Valeurs de référence

Sur les 10 stations choisies pour le suivi régulier de la nature et de la quantité des sédiments, 3 sont situés sur le Creek de la Baie Nord. Ces points de suivi sont présentés dans le Tableau 5-1 et localisé sur la carte en Annexe I.

Tableau 5-1 : Localisation et description des points de suivi de la nature et de la quantité des sédiments

Nom	Type de suivi	Raison d'être	IGN 72 Est	IGN 72 Nord	RGN 91 Est	RGN 91 Nord
6-T	Sédiments	Arrêté n°890-2008/PS	694508	7528610	491882,1	207360,9
6-U	Sédiments	Arrêté n°890-2008/PS	694144	7528743	491517,2	207491,4
6-Q	Sédiments	Arrêté n°890-2008/PS Arrêté n°1467-2008/PS	695487	7528921	492859	207678,4

5.2.1. Prélèvements

Les prélèvements des sédiments des cours d'eau pour le suivi de leur nature sont effectués à l'aide d'une pelle de prélèvement. Selon la largeur du lit du cours d'eau plusieurs prélèvements sont effectués en vue de réaliser un échantillon composite. Cet échantillonnage a été choisi dans l'optique d'obtenir un profil

complet du transect étudié. Cette technique d'échantillonnage permet de connaître la nature des sédiments déposés en surface.

5.2.2. Mesures des paramètres chimiques des sédiments

Les principaux paramètres analysés sur les échantillons de sédiments composites sont : aluminium, calcium, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, potassium, magnésium, manganèse, molybdène, nickel, phosphore, plomb, soufre, silicium, titane, vanadium, zinc).

5.2.3. Bilan

Les paramètres répertoriés pour la caractérisation chimique des sédiments n'ont pas été analysés à chaque campagne d'échantillonnage mensuelle. En revanche, les métaux ont été analysés à chaque campagne d'échantillonnage.

Deux échantillonnages de l'année 2008 ont été soumis à des analyses supplémentaires, les échantillons ont été envoyés dans un laboratoire australien pour que soient pratiquées des analyses non disponibles sur le Territoire.

5.2.4. Composition minérale des sédiments

La composition minérale des sédiments est basée sur un ensemble d'éléments permettant de déterminer la nature chimique des sédiments. Les résultats sont présentés par station dans les graphiques situés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les premiers éléments qui peuvent être présentés sont qu'aucune trace de molybdène, de sodium, de plomb, de sélénium, d'antimoine, de thallium, et de vanadium n'a été détectée dans les prélèvements réalisés pour chacune des trois stations.

Les éléments qui composent les sédiments en grande majorité sont, le fer, le chrome et l'aluminium. Les résultats du suivi de ces métaux sont indiqués dans le Tableau 5-2 ci-dessous.

Tableau 5-2 : Résultats moyens de la composition en aluminium, chrome et fer des échantillons de sédiments

	6-Q	6-T	6-U
Aluminium	43000	84144	79200
Chrome	42778	37122	42644
Fer	601375	444222	454556

Les concentrations moyennes des métaux tels que le magnésium, le manganèse, le nickel, le silicium et le titane sont également élevées.

5.2.5. Teneurs en matière organique

Les teneurs en carbone organique total varient entre 0,25 et 0,31 % pour l'ensemble des stations. Les concentrations en azote global varient entre 40 et 190 mg/kg. Les concentrations en phosphore varient entre 49 et 290 mg/kg pour une même station de suivi.

Ces concentrations sont le reflet de la composition des sols du sud de la Nouvelle-Calédonie. Des écarts existent entre les valeurs minimum et maximum, ils sont probablement liés à un apport nutritif dû aux rejets anciens des stations d'épuration ou aux rejets de Prony Energies. En effet, un apport minime de matières nutritives peut être responsable des variations des concentrations enregistrées.

Toutefois, les teneurs en matières organiques sont faibles.

5.2.6. Interprétation

Les analyses effectuées au cours de l'année 2008 sur la nature des sédiments pour trois stations de suivi du creek de la Baie Nord présentent des résultats similaires. Ces résultats sont corrélés à l'origine des sédiments. En effet, ce sont principalement des sédiments terrigènes retrouvés dans ce cours d'eau. L'analyse de la composition minérale des sédiments confirme ce propos, la présence en grande quantité de métaux dans les sédiments est évocatrice du bruit de fond des sols latéritiques de la Nouvelle-Calédonie.

Les teneurs en matière organique ont décelé une perturbation ponctuelle anthropique. Les concentrations ne sont pas élevées et les analyses physico-chimiques indiquent une diminution de ce phénomène dans le creek de la Baie Nord.

5.3. Valeurs obtenues après l'incident

Pour les paramètres Cd, Mo, Pb, V, Ca, Na, et P, les mesures supérieures aux limites de détections ne sont pas en nombre suffisant pour être exploitées sous forme de graphique.

Les graphiques d'évolution des paramètres pour lesquels les résultats sont supérieurs aux limites de détection sont présentés en Annexe VIII

Pour les paramètres Co, Mn, Ni, les résultats après incident sont identiques aux résultats avant incident.

Pour le Cu, on observe une diminution de concentration après l'incident puis une augmentation pour retrouver les niveaux de l'état initial.

Après l'incident, on observe de légères variations de concentrations pour les éléments suivants :

- Aluminium : une augmentation de teneur est observable aux stations 6-T et 6-U. Ces concentrations restent du même ordre que les maximums observés en 2008. A l'inverse une diminution des concentrations est enregistrée à 6-Q. Les teneurs redeviennent comparables aux valeurs avant incident. Cependant, on note une augmentation de concentration à partir de septembre 2009 à la station 6-T.
- Fer : une diminution des concentrations est enregistrée aux stations 6-T et 6-U. Les concentrations redeviennent comparables aux valeurs avant l'incident hormis à la station 6-T où la concentration en fer dans les sédiments diminue progressivement à partir de septembre 2009.
- Silicium : on observe un pic de teneur suite à la fuite au niveau de la station 6-U avant de retrouver rapidement les valeurs de l'état initial.

5.4. Qualification et quantification de l'impact

Après la fuite d'acide, de légères modifications de composition minérale dans les sédiments sont enregistrées. Des augmentations de teneurs sont visibles pour les éléments suivants : magnésium, aluminium, silicium et soufre (au niveau de 6-T et 6-U). Une diminution de concentration en Fer est aussi enregistrée au niveau des trois stations du creek de la Baie Nord. Cependant, ces augmentations ne dépassent pas, ou très peu, les moyennes enregistrées au cours de l'année 2008, excepté pour les éléments suivants : Titane, Silicium (6-U), Soufre et Zinc.

De manière générale à partir de septembre 2009, les teneurs sont ponctuellement supérieures aux maximums observés en 2008 pour les éléments suivants :

- aluminium, chrome au niveau de 6-T,
- cobalt, manganèse, au niveau de 6-Q,
- Titane, Zinc, silicium au niveau de 6-U.

D'après les données de pluviométrie, cette fin d'année 2009 est une période relativement sèche. Cela aurait entraîné une diminution des débits d'eau dans le bassin versant du creek de la Baie Nord, et ainsi une minéralisation plus importante dans les sédiments.

La composition minérale des sédiments, mis à part les fluctuations enregistrées suite au déversement d'acide, est le reflet des sols et terrains environnant.

6. Milieu marin - Biologie des écosystèmes sous-marins

6.1. Programme d'évaluation

Les indicateurs biologiques peuvent garder en mémoire la marque d'un impact très bref qui aurait pu ne pas être enregistré par des analyses physico-chimiques sur zone.

Les indicateurs biologiques fixes et sensibles les plus pertinents à suivre comme bio indicateurs d'impact sont les coraux et les espèces benthiques du fond (holothuries par exemple), la santé des poissons juvéniles inféodés à l'estuaire est aussi un indicateur reconnu comme adéquat, cependant c'est l'ensemble des écosystèmes et leur santé globale qui sont évalués et suivis avec une attention particulière sur les coraux et les espèces reconnues comme sensibles et réactifs par la littérature.

Objectifs de cette évaluation

- Détecter un éventuel impact significatif sur une ou plusieurs communautés marines ;
- Délimiter la zone affectée par des inventaires selon des radiales de plus en plus éloignées de l'embouchure du creek ;
- Evaluer l'impact de façon quantitative (Echantillonnage des organismes morts ou moribonds, calculs de biomasse perdue etc.).
- Prévoir le suivi à moyen et à long terme sur les stations déjà présentes (en relation avec le suivi semestriel réglementaire des stations fixes, pour les stations déjà présentes en baie de Prony) et le suivi des nouveaux *transects* positionnés.
- Evaluer le temps et la capacité de résilience du milieu et des différentes espèces, si impact il y a eu.
- Prévoir, en retour d'expérience, une amélioration possible du réseau de surveillance marine, en concertation avec experts scientifiques.

Remarque : la prévention du risque afin qu'un tel accident ne se renouvelle pas et les mesures correctives sont prises en amont c'est-à-dire au niveau de la raffinerie (bassins de rétentions et gestion des ruissellements d'éventuelles fuites etc.) ne sont donc pas décrites dans ce chapitre qui porte sur l'évaluation de l'impact au niveau de l'estuaire.

6.1.1. Evaluation de l'impact au niveau de la station fixe ST02 de suivi la plus proche de l'embouchure du Creek de la Baie Nord

Sur la station sous marine de suivi éco-systémique ST02 (Telle que définie par l'arrêté ICPE 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 et la Convention fixant les modalités de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité / Délibération 27-2009/AP du 20 mars 2009) et selon la méthodologie de suivi validée par la DENV en mars 2006, les éléments suivants sont inventoriés² :

▪ Le macro benthos

L'évaluation se fait sur un couloir de 2,5 m de large de chaque côté du *transect* (i.e. 100 m²). Les taxons retenus sont :

- les algues et phanérogames (présence / absence), à déterminer au niveau du genre,
- les Bénétières et les Trocas (densité),
- les étoiles de mer, les oursins et les holothuries (densité), à déterminer au niveau de l'espèce,
- les Crinoïdes (présence / absence),
- les Cliones (densité).

Pour cette mission particulière, en supplément du suivi, les Scléactiniaires (ensemble des espèces de coraux durs) sont déterminés au niveau du genre et de l'espèce si possible, avec une attention particulière sur le blanchiment avec ou sans mortalité des polypes.

² Les études effectuées suite à l'incident de la fuite d'acide sont plus poussées que le suivi réglementaire semestriel.

Pour cette mission la présence ou non de cyanobactéries et d'éventuelles espèces dites exogènes est aussi suivie avec attention. Les cyanobactéries sont un paramètre suivi sur toutes les stations car, comme les algues, elles ont des cycles saisonniers d'expansion que seule une base de données de nombreuses saisons permettra de mieux comprendre.

▪ **le substrat (Méthode des LIT)**

Une vidéo de chaque *transect* a été effectuée à des fins de stockage, permettant de revenir ultérieurement de façon qualitative sur des variations ayant été démontrées quantitativement avec le LIT. Les comparaisons insistent sur les rapports entre :

- Biotique total / Abiotique total ;
- Corail vivant / Macrophytes et Macro Invertébrés (algues + autres invertébrés) ;
- Corail vivant / Corail mort.
- Corail blanchi mais vivant/ corail mort
- Développement algal

Des *transects* supplémentaires de surveillance ont été établis sur les zones les plus pertinentes pour un suivi rapproché afin de suivre la régénération naturelle dans la zone éventuellement affectée par l'acide. Une iconographie de colonies coralliennes géo référencées particulières et très bonnes indicatrices a été effectuée afin de suivre dans le temps l'évolution de ces colonies et d'en avoir un support mémorisé imagé et précis.

- **les poissons** (densité, biomasse, + biodiversité...) : *les poissons récifaux seront échantillonnés par comptage visuel sous-marin UVC, selon la méthode des transects à largeur variable*³.

Cette station ST02 (dite Creek baie Nord) est située à 800 m de l'embouchure du creek au Sud-sud-ouest de celui-ci et dans la zone de transport résultant des courants et marées qui portent au Sud. Trois stations fixes sous-marines de la baie de Prony sont indiquées sur la carte suivante. (cf. figure 6-1)

Pour les poissons et selon la méthodologie imposée en 2006 par la direction des ressources naturelles de la Province sud, la densité et la biomasse sont évaluées sur une liste restreinte de poissons, cependant les listes exhaustives de tous les poissons inventoriés sont conservées en bases de données par Vale Inco Nouvelle-Calédonie et la biodiversité alpha (qui est un bon indicateur) est calculée sur ces inventaires complets. La Figure 6-1 suivante montre l'emplacement des 3 stations sous marines fixes de suivi et surveillance éco systémique en place dans la baie de Prony. La zone d'étude suite à la fuite d'acide dans le creek de la Baie nord est encerclée en vert.

³ Kulbicki et al. 1994, 1995 ; Kulbicki & Sarramegna, 1999), méthodologie validée par la DENV en mars 2009.

Figure 6-1 : Localisation des stations fixes de surveillance du milieu marin en Baie de Prony (2007, 2008 et 2009)



Localisation des stations

Pour information, nous rappelons que trois stations du réseau de surveillance sont situées dans la Baie de Prony. Leurs coordonnées sont données dans le [tableau 01](#).

Tableau 01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

STATIONS			Coordonnées (WGS 84 RGNC 91)	
			LONGITUDE	LATITUDE
Baie de Prony	Ilot Casy	01	166°51.066	22°21.804
	Creek Baie Nord	02	166°52.546	22°20.356
	Port	03	166°53.639	22°21.312

Les impacts éventuels ont été évalués par comparaisons entre les observations d'avril 2009 et celles effectuées les années précédentes, selon un suivi temporel statistique (Etat initial réalisé dans le cadre du projet d'usine de Vale Inco Nouvelle-Calédonie).

La baie de Prony a fait l'objet d'un état des lieux initial détaillé, les premières études mandatées par Vale Inco Nouvelle-Calédonie en baie de Prony datent de 1994.

6.1.2. Evaluation de l'aire potentiellement impactée (au plus près du creek de la Baie Nord)

Afin d'évaluer la surface de l'aire ayant subi des effets et de quantifier ceux-ci, les observations du milieu sous-marin sont effectuées en plongées.

Une iconographie et une filmographie associées à un positionnement GPS sont effectuées en plus des relevés.

Des *transects* supplémentaires sont posés sur les zones les plus caractéristiques afin de permettre un suivi temporel dans les mois suivants sur ces mêmes *transects*. Le suivi temporel sur ces *transects* suivra la méthodologie validée par la DENV en mars 2009 sur le substrat (LIT), le benthos et l'ichtyofaune (UVC) (cf. Figure 6-2). Cette évaluation est effectuée :

- Selon des radiales de plus en plus éloignées de l'embouchure du creek ;
- De part et d'autre de l'embouchure du creek sur deux zones peu profondes très proches du creek et de forte sédimentation naturelle. (ZN et ZS). *NB : Les zones ZS et ZN seront inspectées avec attention car leur faible profondeur leur confère une plus grande sensibilité au flux sortant du creek qui, de plus faible densité que l'eau de mer, développe une nappe dessalée en surface.*
- Sur trois zones témoins : une située au niveau de l'îlot Gabriel (à 1km à l'ouest de l'embouchure) et les deux autres situées dans des lieux recevant un fort afflux d'eau douce : Baie du carénage et Est du port de Prony.

Remarques : Les stations de l'îlot Casy ST01 et du port de Prony ST03, non affectées par le panache acide, pourront aussi servir de témoins et seront évaluées selon la méthodologie du suivi semestriel en juin 09. Sur l'îlot Montravel et l'îlot Casy Vale Inco effectuée aussi un suivi sur trois zones de transplants coralliens, ces zones seront encore des témoins de comparaison, en baie de Prony.

Sont évalués l'état de santé ou de stress (ou la mortalité) des Invertébrés benthiques, des algues et du corail. L'attention doit aussi porter sur l'éventuelle présence d'espèces dites « exogènes », comme pour tous les suivis semestriels.

Les poissons sont également inventoriés mais leur faculté de fuir et revenir une fois l'impact non chronique terminé en fait de mauvais indicateurs des impacts modérés. Cependant les poissons juvéniles et sédentaires ainsi que les poissons benthiques *attachés à leur trou* sont des indicateurs, par leur présence active, d'un impact modéré ou nul⁴.

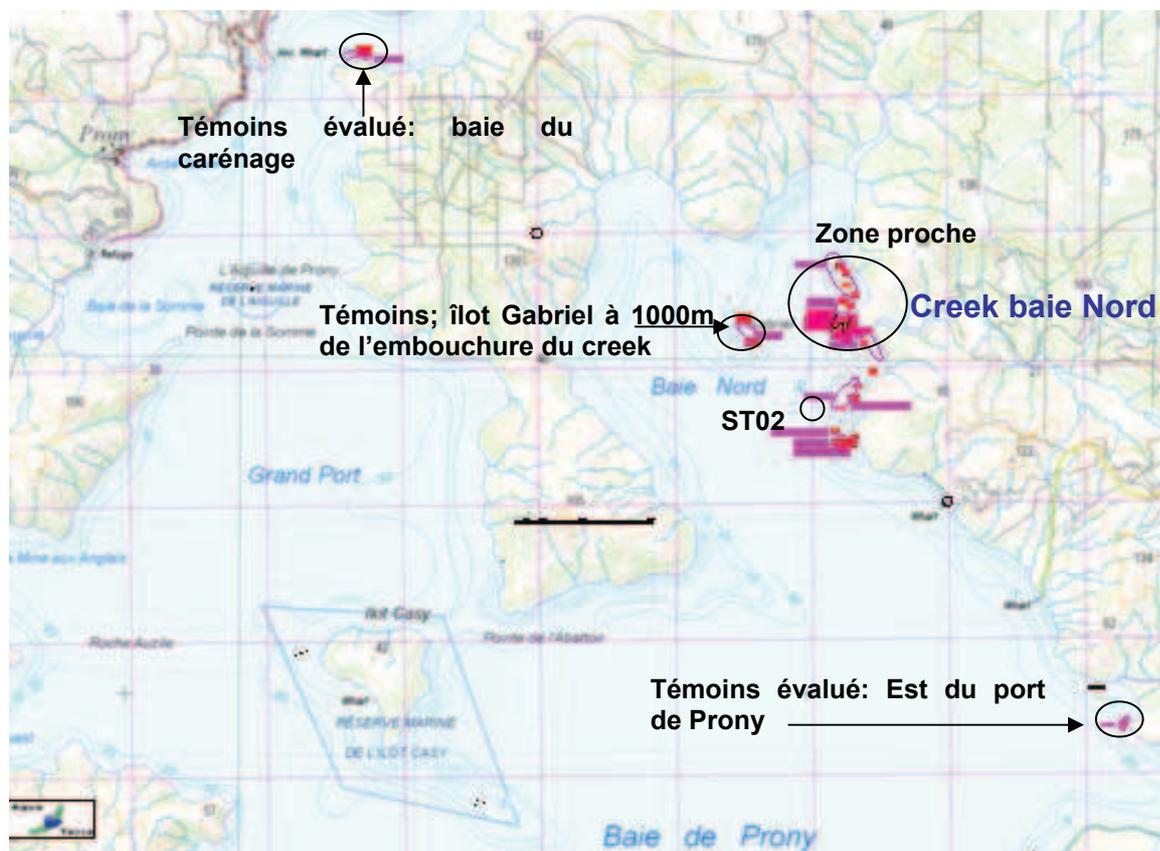


Figure 6-2 : Localisation des zones témoin et de suivi dans la Baie de Prony

L'îlot Gabriel, situé à 1km de l'embouchure, fait également partie de cette campagne au titre de témoin.

Afin de comparer les zones ZN et ZS situées quasi à l'embouchure du creek et subissant un fort apport d'eau douce constant, avec d'autres zones qui subissent aussi un fort afflux d'eau douce, deux campagnes évaluatives sont effectuées sur deux zones témoins : une dans la baie du carénage et une autre au Sud Est du port de Prony en face d'un creek.

Le choix de ces stations de référence doit être judicieusement effectué en fonction de la similarité des stations de références avec l'embouchure du creek de la Baie Nord, en particulier sur les paramètres des débits en eau douce des creeks, de la constance annuelle de ce débit et de l'éloignement de l'influence des eaux du canal de la Havannah qui ont des paramètres physico-chimique différents.

⁴ Méthodologie UVC, DENV 2006

En effet, toutes les études convergent pour montrer que la baie de Prony présente des caractéristiques éco systémiques différentes de celles du canal de la Havannah, et la zone d'embouchure du creek de la baie Nord est l'aire étudiée qui présente le plus fortement cette originalité de « fond de baie » naturellement soumis à de forts apports terrigènes continus via le creek.

La figure suivante montre une synthèse de l'état des lieux effectué par l'IRD et la structuration différente de l'eau en fond de baie de Prony, les stations témoins (de référence) doivent impérativement être choisies dans des zones de même structuration que la zone du creek de la Baie Nord (ST15 sur cette carte).

Figure 6-3 : Carte de la structure horizontale des masses d'eaux dans le Canal de la Havannah et la Baie de Prony

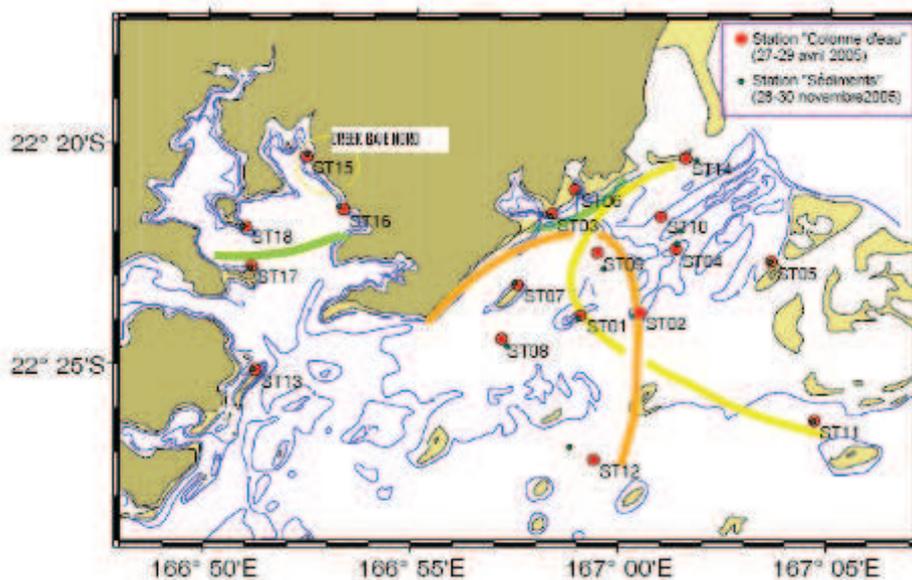


Figure 6-4 : Localisation de la zone proche de l'embouchure du creek de la Baie Nord



Deux campagnes correspondant aux objectifs ci-dessus ont eu lieu, la première du **7 au 9 avril 2009** et la seconde **en juin soit deux mois plus tard**. Une troisième campagne est en cours, en décembre 09. Elles sont effectuées par Aqua Terra sous la responsabilité de Valérie Vaillet, Gregory Lasne (spécialiste des coraux en Nouvelle-Calédonie, et du professeur Claude Chauvet.

Afin de minimiser les biais dus aux changements d'échantillonneurs, biais qui sont connus et en cours d'essais de quantification pour les méthodes de suivis en milieu marin, il est recommandé de ne pas changer d'équipe d'échantillonneurs au cours des suivis temporels d'une zone. De plus la présence sur le territoire d'un expert reconnu en taxonomie et biologie des colonies coralliennes (M. G. Lasne) est utilisée dans ce suivi.

La seconde mission porte plus particulièrement son attention sur les points précédemment relevés aux GPS et dignes d'intérêt, sur les nouveaux *transects* implantés et sur la régénération des massifs coralliens blanchis mais présentant des Polypes bien vivants.

Une troisième mission d'évaluation recoupe ces résultats avec la campagne semestrielle de suivi des 11 stations en baie de Prony et dans le canal de la Havannah.

La zone de l'embouchure du creek de la baie nord avec la station ST02 est donc inventoriée 4 fois durant l'année qui suit l'accident, soit : après une semaine : mission N°1 ; après 2 mois : mission N°2 ; après 8 mois : mission N°3 ; plus le suivi semestriel qui repasse sur par la zone après 3 mois ; enfin une mission est programmée 13 mois après l'accident.

Parallèlement à ces suivis les missions de contrôle des transplants coralliens (qui ont été effectué en baie de Prony il y a 3 ans) correspondent à un suivi des stations de Casy et Montravel en juillet, missions effectuées par une autre équipe de plongeurs biologistes, leurs résultats et éventuelles notifications seront à prendre en compte.

En résumé après l'accident de la fuite d'acide dans le creek de la Baie Nord, l'effort d'évaluation et de surveillance en baie de Prony, mandaté par Vale Inco Nouvelle-Calédonie, se réfère aux campagnes présentées dans le tableau 6-1.

Tableau 6-1 : Campagnes de suivi et bureaux d'étude impliqués

Bureaux d'études	Aqua Terra	Soproner	IRD	EMR ⁵
Mission 1	Semaine accident		Semaine accident	3 semaines après accident
Mission 2	Après 2 mois		Après 10 jours	Après 2 mois
Mission 3	Après 8 mois		Après 15 jours	Après 8 mois
Mission 4	Après 13 mois (programmé)			
Mission de suivi semestriel	Après 2 mois 1/2			
Mission de suivi des transplants		Après 4 mois		

Le suivi réglementaire semestriel prendra ensuite le relais de ces campagnes de suivis (après le suivi n° 3) car il comporte une évaluation semestrielle de la station ST02 d'une part et d'autre part les *transects* fixes de part et d'autre de l'embouchure seront conservés et éventuellement suivis semestriellement selon les résultats de la dernière campagne et des recommandations des experts.

Les méthodologies d'échantillonnage et d'analyses employées par les bureaux d'études et instituts ont été auditées par le Bureau VERITAS.

6.2. Valeurs de référence

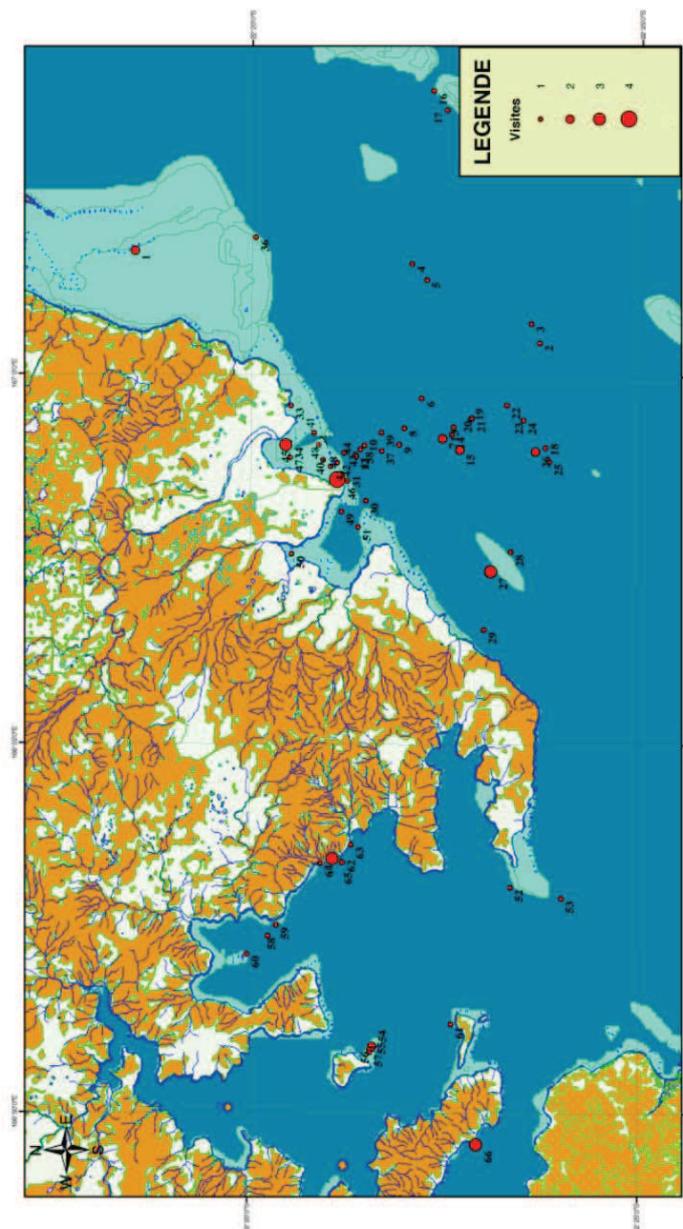
La station fixe dite du Creek Baie Nord, ST02, a été évaluée en 2007 et en 2008 selon le protocole validé par la DENV en 2006 et par deux prestataires différents. Les premières évaluations de l'état des lieux en baie de Prony remontent à 1994. **Les valeurs de références des ces études sur l'état initial ont été communiquées aux administrations (DENV) et sont résumées dans les dossiers ICPE accessibles via Internet, elles sont aussi disponibles sur demande à Vale Inco Nouvelle-Calédonie.**

- 1994 : Etude de caractérisations biologiques des milieux marins de la région de Prony. Thollot et Wantiez.
- 1996 : Evaluation des impacts du projet Goro Nickel sur les communautés marines de la baie Kwé et de la zone portuaire en baie de Prony. A2EP. Thollot et Laurent Wantiez.

⁵ Bureau d'études mandaté par la DENV suite à la proposition de Vale Inco Nouvelle-Calédonie de faire des suivis en double aveugle.

- 2000 : Caractérisation des Communautés biologiques marines coralliennes dans le cadre du projet Goro Nickel. S. Sarramegna
- 2000 : Evaluation environnementale du projet Goro Nickel. Volet bio physique, caractérisation du milieu marin. Communautés biologiques. LERVEM C. Chauvet ; L. Wantiez, S Sarramegna.
- 2005 : Etat de référence des peuplements récifaux et des poissons associés en baie de Prony et canal de la Havannah. A2EP
- 2007 : Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie de Prony et dans le canal de la Havannah sur 11 stations. A2EP.
- 2008 : Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie de Prony et dans le canal de la Havannah sur 11 stations. Aqua Terra.

Figure 6-5 : Fréquentation des stations de suivi du milieu marin autour du site de Vale Inco Nouvelle-Calédonie (2007)



6.2.1. Résumé de l'état des lieux 2008 sur la station fixe ST026

Le résumé suivant se réfère au rapport de suivi 2008 (disponible à la DENV et à Vale Inco Nouvelle-Calédonie) ; les rapports 2007 et 2009 confirment ces observations. Ils sont disponibles (et fournis aux administrations lors des bilans annuels de suivis) sous forme de bases de données.

En Annexe XI de cette étude est joint le suivi intégral de juillet 2009 sur la station ST02 et la comparaison de l'état de cette station dans le temps, depuis 2005.

Description générale (ST02)

Cette station est originale par l'importance de la richesse spécifique corallienne, la rareté (dans le sens d'originalité) des espèces coralliennes qui lui sont inféodées (adaptations aux milieux turbides de fonds de baies) et par une multitude d'alcyonaires recouvrant le substratum. Les espèces benthiques vivant dans ce biotope sont adaptées aux conditions de turbidité soutenues.

Caractéristiques principales (ST02)

- Recrutement corallien important (nombreuses colonies coralliennes juvéniles).
- Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de la baie de Prony).
- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide (faible pénétration de la lumière dans l'eau, croissance rapide et/ou grands polypes pour se dégager de la sédimentation).
- Recrutement alcyonaire important (*Sarcophyton* et *Sinularia*).

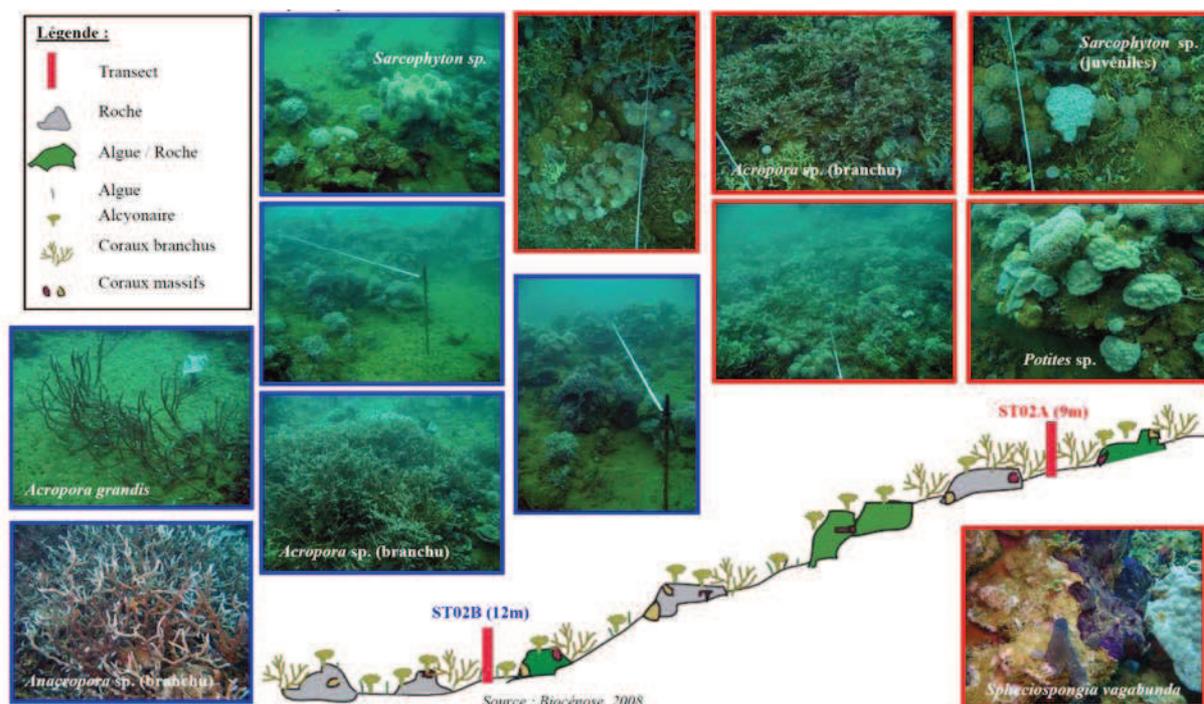
Variations entre 2007 et 2008 (ST02)

- Présence d'*Halimeda* (algues) au deuxième transect.
- Colonisation spatiale des alcyonaires et des algues brunes à la défaveur des coraux scléactiniaires.
- Richesse spécifique des coraux en augmentation.

L'iconographie et les films vidéo sur cette station sont aussi disponibles

6.2.2. Schéma structural général de la station ST02

Figure 6-6 : Schéma structural de la radiale en zone 02



⁶ Station ST02 Creek baie Nord, 166°52.546' / 22°20.356'

6.2.3. Evaluation du substrat de la station ST02 sur ses deux transects

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la Figure 6-7 pour le transect A et dans la Figure 6-8 pour le transect B.

Figure 6-7 : Représentation du recouvrement (en%) du substrat pour ST02A (9 m de profondeur) en octobre 2008

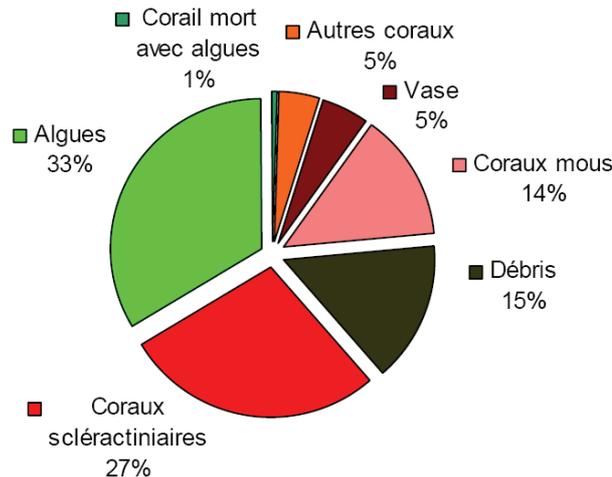
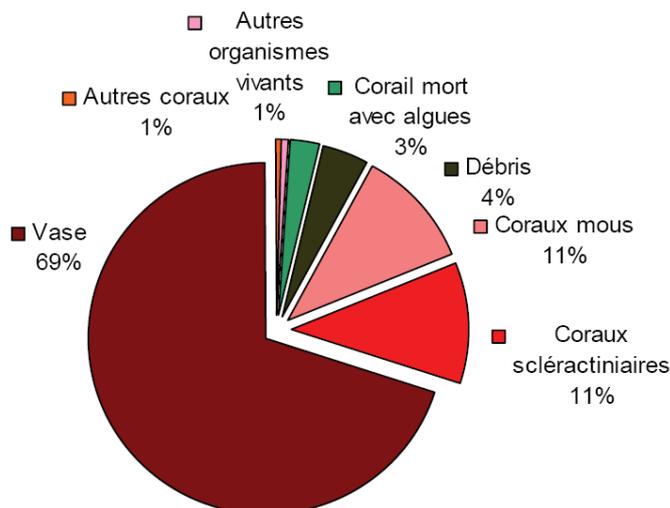


Figure 6-8 : Représentation du recouvrement (en%) du substrat pour ST02B (12 m de profondeur) En octobre 2008



- → Remarquer les proportions de vase en fond de 12 m ce qui correspond à une forte influence terrigène et bien à la zone au Sud du Creek qui est sous l'influence des courants
- → Remarquer l'importance des algues dans la zone des 9 mètres riches en coraux bien diversifiées. Les algues représentent 33 % du LIT de 20 m par 9 m de fond pour cette campagne 2008 qui est un état des lieux précédent l'accident d'acide.

La campagne 2007 précédentes indiquait 24 % de couverture algale et la campagne 2009 donne 32% de couverture algale.

Cette couverture algale n'empêche pas l'excellente biodiversité et abondance des coraux sur cette station, avec 27% de coraux durs en 2008, 27% en 2009 (9m de profondeur), la station ST02 se trouve

au même niveau de vitalité corallienne que la réserve Merlet ou la station sur le récif Ugo qui sont particulièrement riches aussi.

Évaluation du benthos de la station ST 02 sur ses deux transects.

Le Tableau 6-2 ci-dessous est une compilation de l'ensemble des espèces rencontrées au niveau de la station 02.

**Tableau 6-2 : Liste du benthos (taxons cibles) pour la station ST02
En octobre 2008 donc avant tout impact acide**

TAXONS CIBLES	FAMILLE	GENRE	ESPECE	ABONDANCE	
				Transect A	Transect B
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Dicyota</i>	sp.		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Distromium</i>	sp.		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	5	4
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	3	3
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Spatoglossum</i>	sp.		
Algue brune	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.		
Algue brune	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>		
Algue rouge	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	3	3
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.		
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	<i>marginata</i>		
Algue rouge	Liagoraceae	<i>Triclogloea</i>	<i>requienii</i>		
Algue verte	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp2	1	
Algue verte	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>mammiferum</i>		
Algue verte	Dasycladacea	<i>Neomeris</i>	<i>van bosseae</i>		
Algue verte	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp. (2spp)	5	3
Algue verte	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluytii</i>	2	2
Cyanobacterie		<i>Phormidium</i>	sp.		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>montis</i>		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	sp.	1	2
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	sp.		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>		
Asterie	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeguineae</i>		
Crinoïde	Colobometridae	<i>Cenometra</i>	sp.		
Crinoïde	indéterminé				
Echinides	Diadematiidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>		1
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flovomaculata</i>	1	2
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>nobilis</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>scabra</i>		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>		1
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>		
Mollusque	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>		
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	2	3
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	2	2

Il faut noter la présence de nombreuses algues, dont des Halimeda, jusqu' à une abondance 5, de rares échinodermes et mollusques et de quelques éponges perforantes. L'abondance est quantifiée de 0 à 5 selon la matrice suivante :

Tableau n°03 : *Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique*

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m ²)
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

Tableau n°04 : *Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m²)*

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (surface / 100 m ²)
1	Rare	< 0.5% (soit < 0.5 m ² / 100 m ²)
2	Faible	> 0.5% (soit > 0.5 m ² / 100 m ²)
3	Moyen	> 5% (soit > 5 m ² / 100 m ²)
4	Fort	> 10% (soit > 10 m ² / 100 m ²)
5	Important	> 15% (soit > 15 m ² / 100 m ²)

6.2.3.1. Les Scléactiniaires (ST02A)

La **richesse spécifique corallienne** de ce transect est importante (**53 espèces**) et les espèces inféodées à ce milieu sont adaptées aux conditions turbides (faible pénétration de la lumière dans l'eau, croissance rapide et/ou grands polypes pour se dégager de la sédimentation).

La biologie de ces espèces est certainement différente de celle des espèces des récifs barrière ou de pleine eau dans le lagon.

Le genre *Acropora* et l'espèce *Hydnophora rigida* sont caractérisés par une croissance rapide (signifiée par les pointes blanches des branches, signe que les zooxanthelles n'ont pas encore colonisé leurs extrémités).

Ces espèces forment de grands massifs branchus et occupent un recouvrement très important. On peut noter la présence d'*Anacropora* sp. et d'*Acropora grandis*.

La famille des Dendrophyllidae est particulièrement bien représentée (7 taxas : *Turbinaria frondens*, *T. heronensis*, *T. mesenterina*, *T. patula*, *T. peltata*, *T. reniformis*, *T. stellulata*). Ces espèces n'ont pas besoin de beaucoup de lumière pour se développer et elles adoptent généralement des formes foliacées. D'autres espèces sélectionnées ont de grands polypes qui leur permettent de se dégager des particules sédimentaires (*Alveopora* spp., *A. catalai*, *A. spongiosa* et *Goniopora* spp.).

Les *Porites* eux sécrètent du mucus afin de lutter contre la sédimentation

Les bases de données ne sont pas fournies dans ce document afin de ne pas l'alourdir. Ceci représente une vue d'ensemble qui résume l'état du récif et des communautés associées au niveau de la station ST02 la plus proche du creek de la Baie Nord

Tableau 6-3 : Biodiversité et abondance des coraux par famille (ST02A, transect à 9m de profondeur)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Scéléactiniaire		
Acroporidae	14	5
Agaraciidae	5	3
Astrocoeniidae	1	3
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	7	3
Faviidae	5	3
Fungiidae	2	3
Merulinidae	5	3
Mussidae	2	2
Oculinidae	1	3
Pectiniidae	2	2
Pocilloporidae	1	1
Poritidae	6	2
Siderastreidae	3	2
Total scéléactiniaire	54	
Non Scéléactiniaire		
Milleporidae	3	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
Total coraux	58	

Tableau 6-4 : Biodiversité et abondance des coraux par famille (ST02B Transect B à 12 m de profondeur)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Scléractiniaire		
Acroporidae	14	5
Agaraciidae	4	3
Astrocoeniidae	1	2
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	3
Faviidae	10	4
Fungiidae	3	2
Merulinidae	5	4
Mussidae	3	2
Oculinidae	2	4
Pectiniidae	4	2
Pocilloporidae	3	2
Poritidae	3	2
Siderastreidae	5	2
Total scléractiniaire	60	
Non Scléractiniaire		
Milleporidae	3	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
Total coraux	63	

6.2.4. Evaluation de l'ichtyofaune sur la station ST02

Lors de la campagne d'octobre 2008, sur l'ensemble de la station ST02, 62 individus appartenant à 12 espèces différentes (Figure 6-9) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0,7 poissons/m² (Figure 6-10) pour une biomasse de 24 g/m². Selon la méthodologie sur liste restreinte imposée par le DENV 2006.

Figure 6-9 : Richesse spécifique par famille de poissons ST02

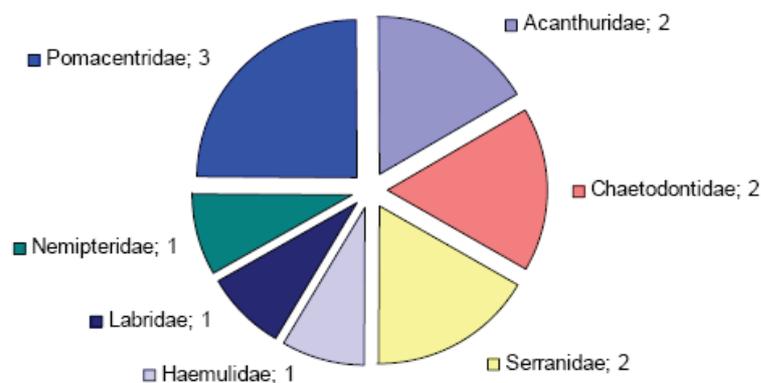
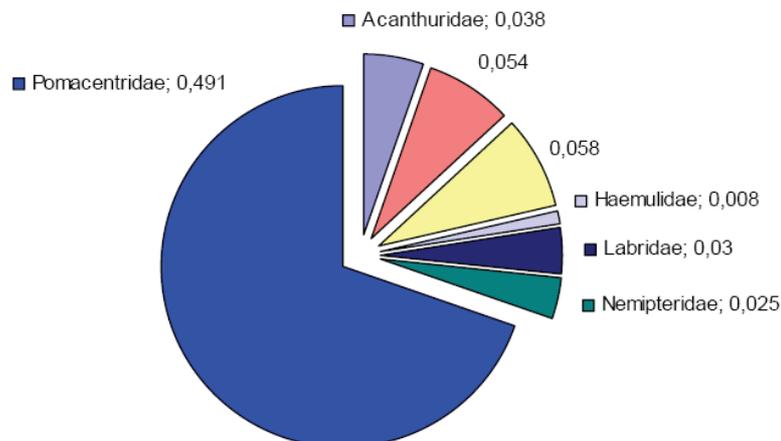


Figure 6-10 : Densité par famille de poissons (ST02)

Le rapport de suivi de référence pour ces données est placé en Annexe XXI de ce document (Mission d'octobre 2008). Les différences de densité et de biomasse qui apparaissent sur les tableaux comparatifs par années (tableau 6-5) sont expliquées par :

- Les différences des protocoles selon les années de suivis afin d'établir un état des lieux ichthyologique ; en 2005 et lors des années précédentes le protocole établi par la DRN (DENV) en 2006 n'était pas appliqué. Il est connu que les méthodes TLF (*transects* de longueur fixe) sous-estiment les densités tandis que les méthodes dites de TLV (*transects* de longueur variable) les surestiment.
- D'autre part la clarté de l'eau joue un rôle sur le repérage des poissons, le rapport 2008 présente une analyse des distances moyennes de repérage des poissons par station et par année (p.168) car la visibilité du plongeur et des poissons interfère sur l'échantillonnage. La conservation des paramètres de plongées dans la base de données permet de pouvoir prendre en compte ce biais due à la clarté de l'eau au moment de la mission. La clarté de l'eau elle-même étant sous l'influence des apports en eau douce et de la pluviométrie de la saison.
- Les campagnes de suivis de 2005 effectuées avec du Nitrox/recycleur (pas de bullage de la part du plongeur échantillonneur) vont aussi présenter un biais par rapport aux campagnes de suivis 2007/08/09 effectuées uniquement à l'air comprimé (bulles).
- La biodiversité alpha est possible à calculer sur le comptage exhaustif des poissons (Les bases de données avec les listes exhaustives desquelles est extraite la liste restreinte des poissons inventoriés selon le protocole de 2006, sont conservées à cet effet). Cette biodiversité est un bon indicateur qui est aussi traité dans les rapports de suivis.

Ces remarques montrent qu'il est nécessaire d'analyser avec une prudence méticuleuse les bases de données portant sur de nombreuses missions d'échantillonnages avant de pouvoir confirmer qu'une tendance apparente est vraiment significative, les analyses temporelles se poursuivent afin d'affiner la connaissance de l'état des lieux et sa variabilité naturelle, notamment en fonction des saisons de fraie des poissons et en fonction des saisons météorologiques.

Tableau 6-5 : Densité de poissons par station et par campagne

Année	2000	2005	2007	2008
Station / Méthode	TLV	TLF	TLV	TLV
Casy		0,77	2,6	0,87
Creek Baie Nord		0,002	2,7	1,76
Port		0,024	4,2	0,85
Woodin	5,9		6,5	2,78
Ioro		0,76	1,3	2,02
Ionontea		0,48	3,7	3,02
B. Chambeyron		0,27	14,2	7,62
Puka		0,28	2,7	1,84
Bancs Kié		0,86	7,9	4,13
Ilot Kié		0,46	13	9,37
Toémo		0,25	3,9	9,37
Moyenne		0,42	5,62	3,96
Int. de Confiance		± 0,175	± 2,610	± 1,693
(ANOVA) F_{obs}	Sur les 3 années (ddl = 29 ; 2)	43,31	2007 vs 2008	1,76
$F_{tab 95\%}$		6,35		4,84
t_{obs}			2007 vs 2008	1,06
$t_{tab 95\%}$				1,83

La donnée 2000 est portée à connaissance pour indication mais elle n'est pas prise en compte dans les calculs.

TLF : transect à largeur fixe ; TLV : transect à largeur variable

F_{obs} : valeur de la statistique F calculée ; $F_{tab 95\%}$: valeur F seuil : ici à 95%

Tableau 6-6 : Biomasse de poissons (g/m²) par station et par campagne

Année		2007	2008
Station /	Méthode	TLV	TLV
Casy		7,7	3,3
Creek Baie Nord		147,7	24,0
Port		71,1	8,0
Woodin		533,0	265,7
Ioro		352,1	53,1
Ionontea		1392,0	376,6
B. Chambeyron		214,5	132,5
Puka		108,6	84,1
Bancs Kié		766,7	172,1
Ilot Kié		1402,4	427,4
Toémo		237,2	54,0
Moyenne		475,7	145,5
Int. de Confiance		± 243,7	± 72,0
Variance		255179,9	22276,9
F _{obs}		11,46	
F _{tab 95%}		4,84	

L'intégralité de ces analyses est portée en annexe dans les dossiers de suivi 2008 et 2009.

Tableau 6-7 : La biodiversité Alpha des poissons, par station, lors de 3 campagnes d'études (listes exhaustives non restreintes)

Station / Année	2005	2007	2008
Casy	46	35	48
Creek	5	33	30
Port	14	25	39
Woodin	53	54	89
Ioro	41	50	52
Ionontea	104	60	67
B. Chambeyron	107	56	81
Pointe Puka	79	44	68
Bancs Kié	104	55	62
Ilot Kié	84	84	71
Toémo	71	53	76

Tableau 6-8 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune. Campagne 2008

STATION PARAMETRES BIOLOGIQUES	ST01 Casy	ST02 B nord	ST03 Port	ST04 Wood.	ST05 Ioro	ST06 Ionon.	ST07 Chamb.	ST08 Puka	ST09 B. Kié	ST10 I. Kié	ST11 Toémo
Nombre individus	38	62	88	308	209	246	368	171	465	427	180
Richesse spécifique	10	12	14	42	33	42	49	32	32	40	40
Densité (nb ind/m ²)	0,5	0,7	0,6	1,9	1,5	1,7	2,7	1,6	2,7	2,7	1,0
Biomasse (g/m ²)	3,3	24,0	8,0	265,9	53,1	376,6	132,5	84,1	172,1	427,4	53,9
Indice Shannon	3,72	2,92	3,72	1,76	3,86	4,91	3,41	4,36	4,48	3,81	4,64
Indice Equitabilité	0,91	0,69	0,83	0,32	0,72	0,85	0,56	0,81	0,79	0,64	0,80

La station du creek de la Baie Nord est la station ST02

La station 01 (Casy) est celle présentant les plus faibles chiffres en richesse spécifique, densité et biomasse. Par contre, elle possède l'indice d'équitabilité le plus élevé : c'est donc une station assez pauvre en nombre d'individus (et de petites tailles), mais avec une structure des populations relativement homogène.

La station qui présente l'indice d'équitabilité le plus bas est ST04 (Wooding), car certaines espèces comptent beaucoup d'individus.

Les stations les plus riches sont situées dans le canal de Havannah (ST07, ST09, et ST10 : Basse Chambeyron, Banc Kié et îlot Kié), et particulièrement celle de l'îlot Kié, qui a la plus forte biomasse (427,4g/m²) (voir les analyses détaillées dans les rapports en annexe).

6.3. Valeurs obtenues après l'incident au niveau de ST02

6.3.1. Mission n°1 (du 7 et 8 avril 2009)

La Figure 6-11 présente les stations qui ont été suivies lors de la mission de suivi **du 7 et 8 avril 2009**.

Figure 6-11 : Carte de localisation des stations de suivi à proximité du creek de la Baie Nord

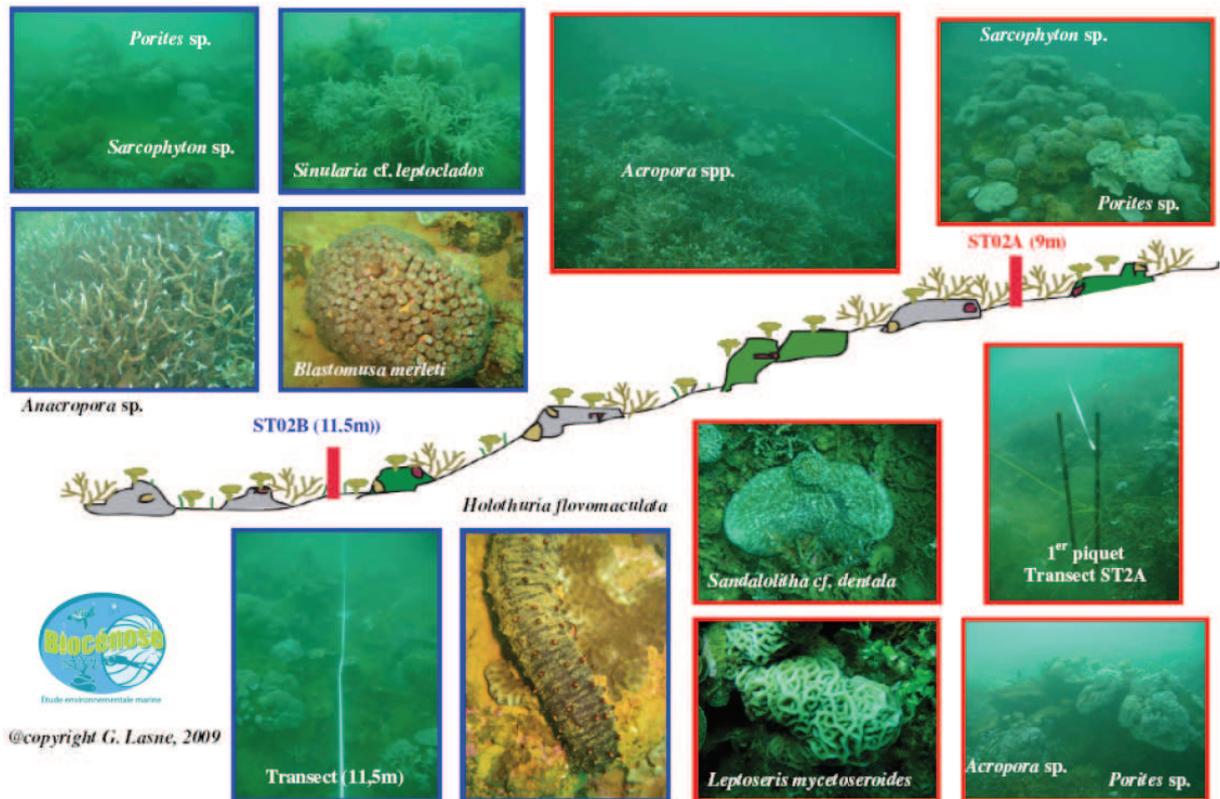


Les rapports, dans leur intégralité, sont placés en annexe de ce document. Ce chapitre présente un résumé succinct des observations de terrain et une synthèse en conclusion.

6.3.1.1. Schéma structural général de la station ST02 (avril 2009 une semaine après l'accident de la fuite d'acide dans le creek)

Entre octobre 2008 et avril 2009 très peu de variation des communautés coralliennes hormis une augmentation de la richesse spécifique des coraux au transect supérieur (17 espèces supplémentaires). Les coraux de la famille des *Agariciidae* (Sclérentiniaires) sont présents. Peu de blanchiment a été observé ; ce phénomène a été observé sur une colonie d'alcyonaire (*Sinumaria*) et trois petites colonies de coraux (*Galaxea* et *Merulina*).

Figure 6-12 : Schéma structural de la station ST02



6.3.2. Le substrat

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la Figure 6-13 pour le transect A (9m de profondeur) et dans la Figure 6-14 pour le transect B (11,5 m de profondeur).

Remarque qu'en avril 2009 la couverture du LIT en coraux durs est bien stable : 32% (27% en 2008) et la couverture algale a diminué puisque 12% seulement du LIT sont sous cette nomenclature contre 33% en 2008 et 21% en 2007.

Figure 6-13 : Pourcentage de couverture du substrat, transect A.

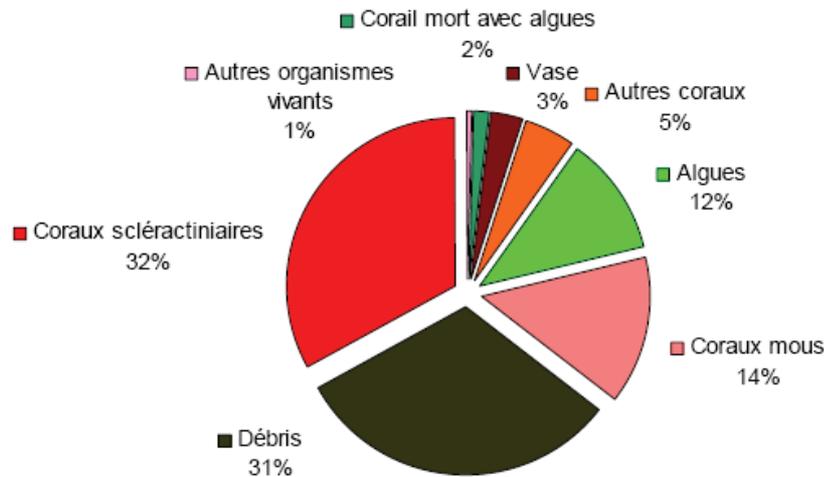
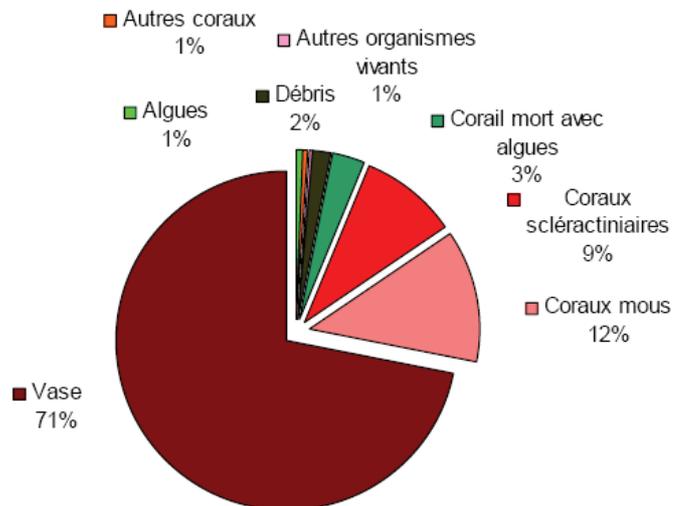


Figure 6-14 : Pourcentage de couverture du substrat, transect B.



Remarque :

La nature des fonds proches de l'embouchure du creek est sous une forte influence terrigène, avant toute influence du projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie; le rapport sur la nature des sédiments dû à l'étude de l'état de référence de l'IRD le confirme bien. En 2005 (campagne de novembre 2005) la station ST15 (Creek Baie Nord) indique 72% de pélites, le maximum de toutes les stations de référence, la baie de Prony est en permanence alimentée par du matériel particulaire terrigène, conclut ce chapitre.

Le Tableau 6-9 suivant montre bien la particularité de la Baie de Prony et de la zone proche de l'embouchure du creek de la Baie Nord, lors des études pour l'état des lieux effectué en 2005. Aucune autre station même en baie de Prony ne montre une telle concentration en pélites et en métaux. La biocénose inféodée à un tel substrat (biotope) ne peut que suivre les particularités de celui-ci.

Tableau 6-9 : Concentration en métaux totaux exprimés en par de sédiments brut échantillonné ; (-) = Absence de pélites ; (<ld) = Valeur d'analyse inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES.

Concentration en métaux totaux exprimées par gramme de sédiment brut échantillonné ; (-) = Absence de pélites ; (<ld) = Valeur d'analyse inférieure à la limite de détection de l'ICP-OES.

Station	Pelites (%)	Co (µg/g)	Cu (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (mg/g)	Mn (µg/g)	Ni (µg/g)
St01	4,2	0,58	0,25	23,3	0,92	6,9	6,9
St02	1,21	<ld	<ld	0,6	0,005	0,46	0,25
St03	0,57	0,21	<ld	6,6	0,26	1,6	2,9
St04	-	Pas de présence de sédiment meuble sur la station					
St05	5,75	0,69	<ld	2,9	0,56	2,9	5,7
St06	48,58	32,6	45,7	1616	54,7	320	542
St07	26,52	7,2	5,6	331,2	11,2	68,7	114,0
St08	1,09	0,033	<ld	<ld	0,032	<ld	<ld
St09	2,71	0,33	<ld	11,0	0,45	7,9	2,5
St10	-	Pas de présence de sédiment meuble sur la station					
St11	-	Pas de présence de sédiment meuble sur la station					
St12	0,60	0,10	<ld	2,9	0,12	0,26	1,8
St13	47,93	59,4	<ld	814	46,8	411	1191
St14	0,01	0,04	<ld	1,9	0,05	0,2	0,9
St15	72,25	198	207	11976	276	1795	2967
St16	56,19	47,8	<ld	2270	63,0	413	709
St17	9,74	5,2	4,2	213	7,5	47,8	101
St18	9,00	3,0	1,5	150	3,9	29,2	51,2

6.3.3. Le benthos

Tableau 6-10 : Liste du benthos (taxons cibles) pour la station 02

TAXONS CIBLES	FAMILLE	GENRE	ESPECE	ABONDANCE	
				Transect A	Transect B
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Distromium</i>	sp.		
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	5	5
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	2	3
Algue brune	Dicyotaceae	<i>Spatoglossum</i>	sp.		
Algue brune	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.		
Algue brune	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>		
Algue rouge	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	3	3
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.		
Algue rouge	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	<i>marginata</i>		
Algue rouge	Liagoraceae	<i>Triclogloea</i>	<i>requienii</i>		
Algue verte	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp2	-1	
Algue verte	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>mammiferum</i>		
Algue verte	Dasycladacea	<i>Neomeris</i>	<i>van bosseae</i>	3	
Algue verte	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	5 (3spp)	3 (3spp)
Algue verte	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluyssii</i>	-2	-2
Cyanobacterie		<i>Phormidium</i>	sp.		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	sp.	2	-2
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	sp.		
Asterie	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>		1
Asterie	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeguineae</i>		
Crinoïde	Colobometridae	<i>Cenometra</i>	sp.		
Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>coluber</i>		2
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flovomaculata</i>	4	4
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>nobilis</i>		
Holothurie	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>scabra</i>		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>		1
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>		
Mollusque	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>		
Mollusque	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>		
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullienei</i>	2	2
Spongiaire	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	2	3

Tableau 6-11 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Scléractiniaire		
Acroporidae	17	5
Agaraciidae	7	3
Astrocoeniidae	1	3
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	6	3
Faviidae	9	3
Fungiidae	6	3
Merulinidae	5	3
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	3	2
Pocilloporidae	1	1
Poritidae	7	2
Siderastreidae	2	2
Total scléractiniaire	71	-
Non Scléractiniaire		
Milleporidae	3	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	1	1
Total coraux (A)	75	-
dont nb esp. blanchies (B)	2	-
Blanchissement	B/A	Visuel
	0.027	/

Tableau 6-12 : Biodiversité et Abondance des coraux par famille (ST02)

Famille	Nombre de taxa	Abondance (1 à 5)
Scléractiniaire		
Acroporidae	14	5
Agaraciidae	5	3
Astrocoeniidae	1	3
Caryophyllidae	0	0
Dendrophyllidae	3	3
Faviidae	11	3
Fungiidae	3	3
Merulinidae	5	3
Mussidae	5	2
Oculinidae	2	3
Pectiniidae	5	2
Pocilloporidae	3	1
Poritidae	3	2
Siderastreidae	4	2
Total scléractiniaire	64	
Non Scléractiniaire		
Milleporidae	3	3
Tubiporidae	0	0
Gorgone	0	0
Antipathaire	0	0
Total coraux	67	
dont nb esp. blanchies (B)	3	-
Blanchissement	B/A	Visuel
	0.045	/

6.3.4. L'ichyofaune

Les poissons sur la station ST02 placée à 800m de l'estuaire du creek de la baie Nord, inventaires effectués une semaine après l'accident de la fuite d'acide dans le creek, selon la méthodologie TLV sur liste restreinte telle qu'établie pour le suivi de toutes les stations en 2006.

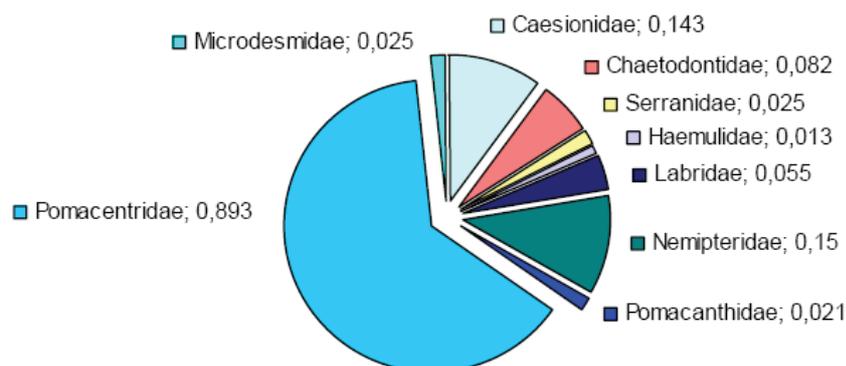
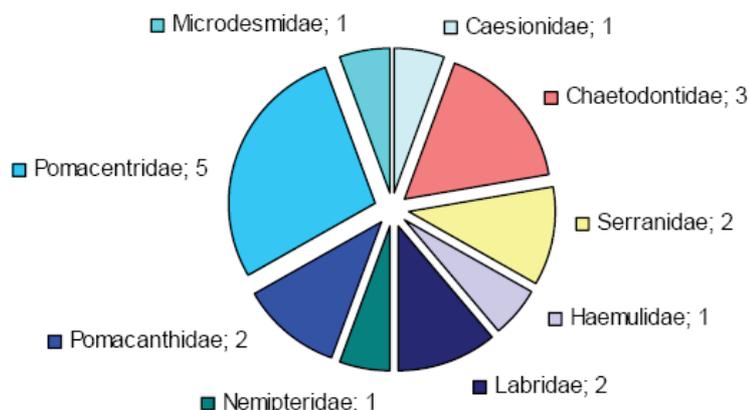
Figure 6-13: Densité (nb d'individus/m²) par famille de poissons (ST02)

Figure 6-14: Richesse spécifique par famille de poissons (ST02)

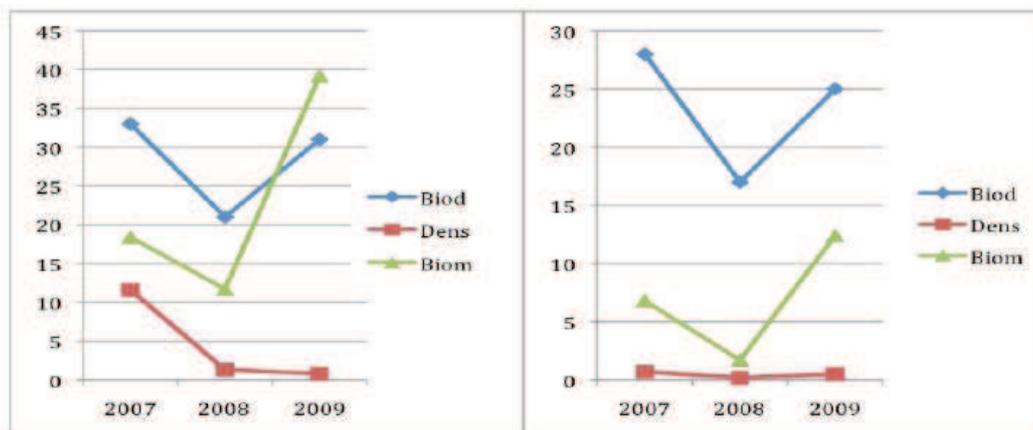
Sur l'ensemble de la station ST02, 18 individus de poissons appartenant à 9 espèces différentes (schéma ci-dessus) ont pu être observés, ils représentent une densité de 1,407 poisson au m² et une biomasse de 34,258 g/m².

Sur les tableaux et schémas suivants les listes dont sont issues les densités, la biomasse et la biodiversité pour la station ST02 sont les listes complètes exhaustives pour les poissons, sur les parties gauches. (Listes disponibles dans le rapport complet placé en annexe.) La partie droite correspond à une correction de biais d'échantillonnage expliquée en page 147 du rapport final complet.

En effet il s'agit de la prise en compte de l'espèce *Pomacentrus aurifrons* dont l'abondance varie de 30 à 600 individus au cours des années selon leur dynamique de population et reproduction.

Tableau 6-13 : Biodiversité, densité et biomasse des poissons pour les années 2009 à 2007 (ST02 globale)

TOUTES ESPECES	2007	2008	2009	NB REDUIT	2007	2008	2009
Biodiversité	33	21	31	Biodiversité	28	17	25
Densité (ind./m ²)	11,6	1,3	0,8	Densité (ind./m ²)	0,7	0,2	0,5
Biomasse (g/m ²)	18,4	11,7	39,2	Biomasse (g/m ²)	6,8	1,7	12,4

Figure 6-17: Biodiversité, densité et biomasse pour les poissons de 2009 à 2007 (ST02)

Conclusion : le Tableau 6-14 indique les coefficients de variations ($CV = \sigma / \mu$) établis pour ces 3 paramètres sur les valeurs réduites des 3 années successives sont < 1 ce qui signifie en d'autres termes que ces paramètres peuvent être considérés comme stables sur cette période.

Tableau 6-14 : l'ichtyofaune sur 3 années de suivi sur la station ST02

Coefficients de variation

	Biodiversité	Densité	Biomasse
2007	28	0,7	6,8
2008	17	0,2	1,7
2009	25	0,5	12,4
Ecart-type σ	5,69	0,25	5,35
Moyenne μ	23,33	0,47	6,97
CV	0,24	0,54	0,77

6.3.5. Conclusions sur la Station ST02

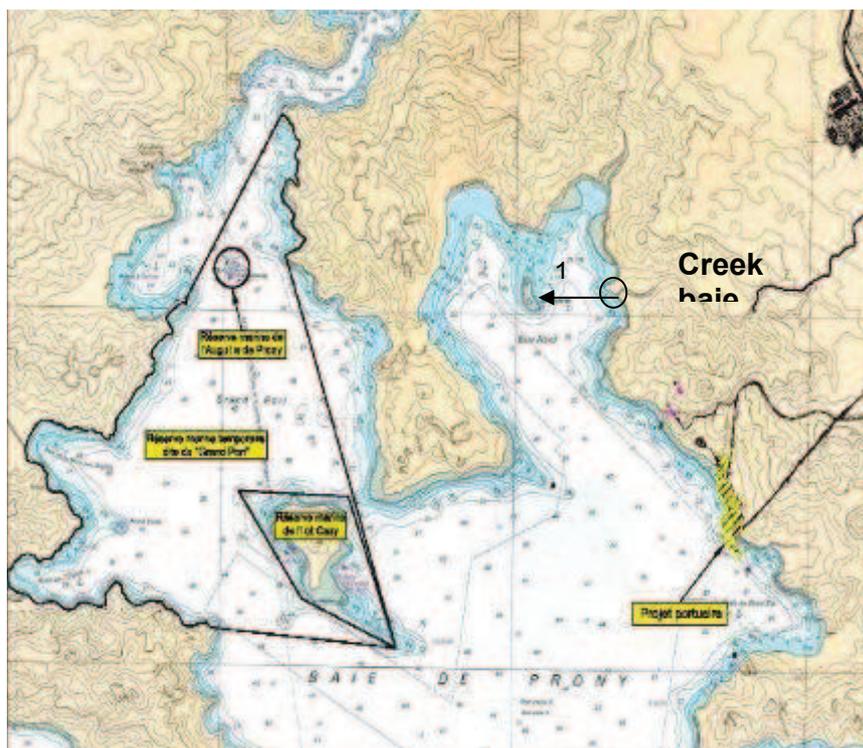
Un recrutement corallien est important avec de nombreuses colonies juvéniles en bonne santé, la richesse spécifique en coraux est forte, c'est la plus importante de tout le réseau de surveillance en baie de Prony, des espèces adaptées aux milieux naturellement turbides des embouchures sont présentes et ne présentent pas de blanchiment.

Seule une colonie d'alcyonaire *Simularia* et trois petites colonies de coraux montrent une trace de blanchiment. La richesse spécifique des communautés coralliennes a augmenté au transect supérieur avec 17 espèces supplémentaires. Au total ce sont 75 différentes espèces coralliennes Scéractiniaires qui occupent ce niveau bathymétrique.

6.4. Qualification et quantification de l'impact au niveau de la Station ST02 (mission du 7 et 8 avril 2009)

Aucun impact marin au niveau de la station fixe ST02 (suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées). Aucun impact marin au niveau de l'îlot Gabriel situé à 1 km à l'Ouest de l'embouchure du creek de la baie Nord.

Figure 6-18 : Localisation et distance entre l'embouchure du creek de la Baie Nord et l'îlot Gabriel



6.5. Qualification et quantification de l'impact au niveau de l'embouchure du creek et sur les radiales étudiées (mission n°1 du 7 au 9 avril 2009)



Sur la photographie ci-dessus prise à l'embouchure du creek de la Baie Nord, il faut noter l'apport d'eau douce (constant) visible avec sa démarcation avec l'eau de la baie de Prony (couche néphéloïde - Il ne s'agit pas d'une période pluvieuse). On peut situer la photographie grâce à la figure 6-14 suivante, qui indique bien le petit cap marqué aussi sur la photo.

Le rapport intégral de cette étude d'évaluation (7 au 9 avril 2009) est placé en annexe de ce document.

Le tableau et les figures suivantes sont un résumé des résultats sur les zones qui entourent l'embouchure du creek avec un gradient d'éloignement de celui-ci (des radiales), le rapport complet est en annexe de ce document pour une consultation plus détaillée. Les zones Z03, Z02 et Z01 sont les zones les plus proches.

Figure 6.19 : Rappel des zones inspectées au plus proche de l'embouchure du creek

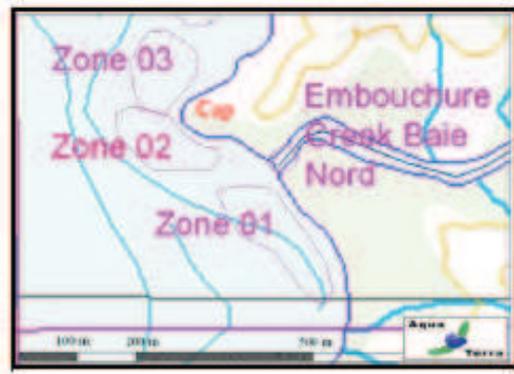
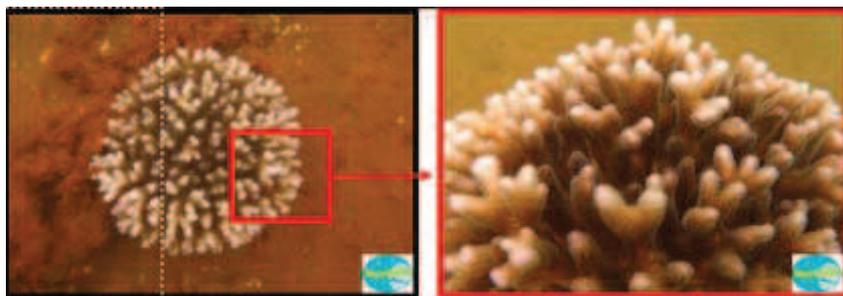


Tableau 6-15 : Nature des échantillonnages évaluateurs pour chaque zone

	MODE D'EXPLORATION	NATURE DE L'ECHANTILLONNAGE
Embouchure du Creek baie nord	Palmes Masque Tuba	Observations générales Photographies & vidéos
Zone 01	Palmes Masque Tuba	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Paramètres de surface Photographies & vidéos
Zone 02	PMT et scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Paramètres de surface Radiale avec observations générales et schéma structural Installation d'un transect et échantillonnage LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Installations de 4 piquets avec observations des colonies coralliennes remarquables Photographies & vidéos
Zone 03	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 04	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 05	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 06	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Paramètres de surface Radiale avec observations générales et schéma structural Installation d'un transect et échantillonnage LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Photographies & vidéos
Zone 07	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 08	Scaphandre autonome	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Station 02	Scaphandre autonome	Echantillonnage des 2 transects : LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Photographies & vidéos

Les photographies suivantes montrent l'état des lieux en zone Z 01 la plus proche du creek, à moins de 3 mètres de profondeur, dans l'embouchure même du creek avec une eau de forte turbidité et des apports d'eau douce constants (Photographie en début de chapitre). Aucune construction corallienne n'est établie dans la zone, le recouvrement biotique est faible. Cependant une petite colonie de *Pocillopora damicornis* est identifiée, c'est la seule petite colonie corallienne recensée sur la zone de 16 000m² environ explorée et cette colonie est non blanchie et en excellente santé, comme le montre la photographie suivante en Figure 6-20

Figure 6-20 : Colonie corallienne la plus proche de l'embouchure du creek, mission n°1 une semaine après l'accident d'acide.

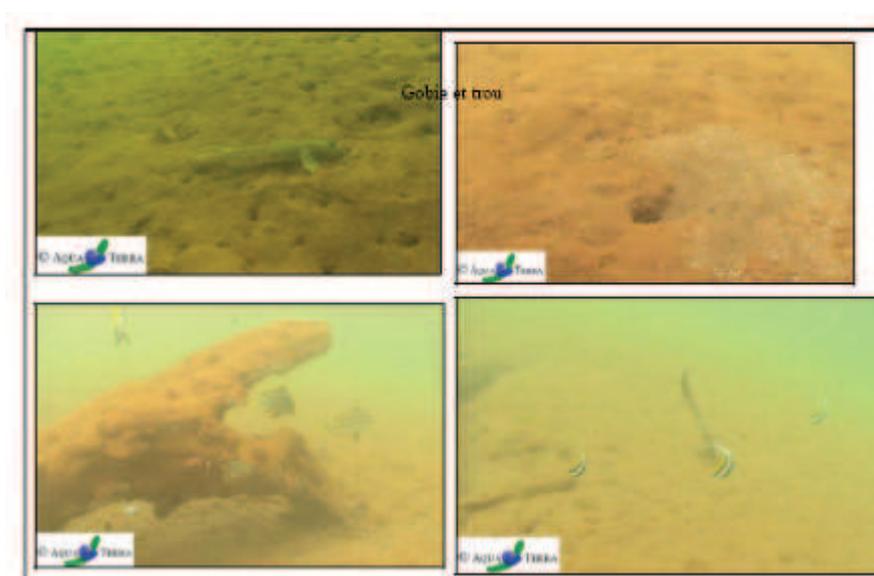
Pour les inventaires des poissons en zone Z 01 d'embouchure, la faune ichthyologique est pauvre comme le montre le Tableau 6-16 ci-dessous. 7 espèces de poissons ont été rencontrées, sans nécrose ni lésion.

La présence de leur terrier montre que ces poissons étaient là avant l'accident d'acide, des juvéniles se tiennent à l'abri des souches transportées par les crues comme le montrent les photographies suivantes en Figure 6-21.

Tableau 6-16 : Poissons inventoriés dans la zone Z01 dans l'embouchure du creek de la baie Nord

FAMILLE	ESPECE	ETAT
Chaetodontidae	<i>Hemichus acuminatus</i>	Juvenile
Gobiidae	<i>Amblyeleotris sp.</i>	Adulte
	<i>Oxyurichthys sp.</i>	Adulte
Haemulidae	<i>Diagramma pictum</i>	Juvenile
Lujanidae	<i>Lujanus fulviflamma</i>	Juvenile
Nemipteridae	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Juvenile
Pomacentridae	<i>Pomacentrus sp.</i>	Juvenile

Figure 6-21 : Photographies des poissons inventoriés

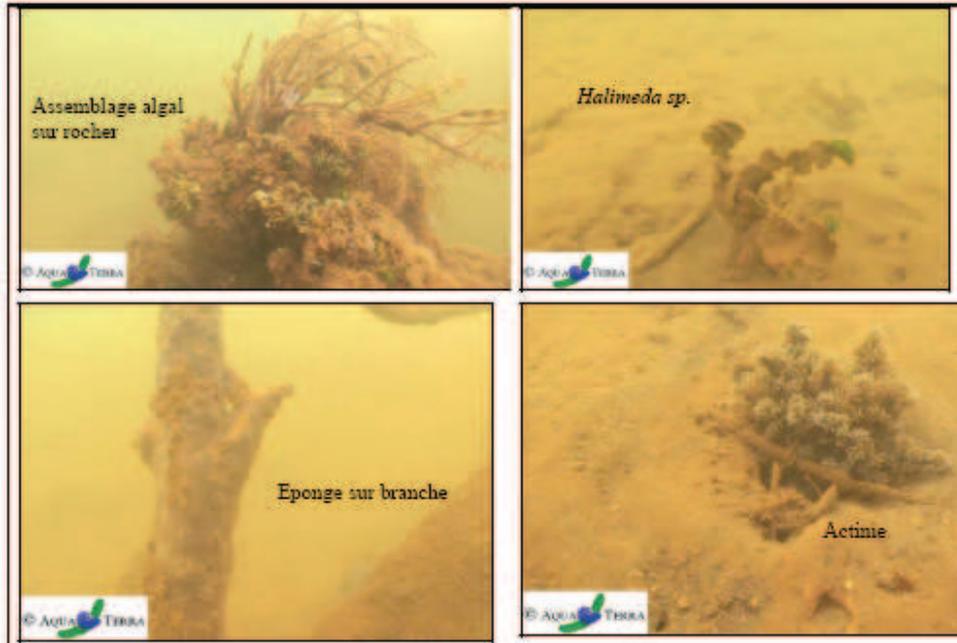


Les photographies suivantes (Figure 6-22) montrent les algues qui ont un recouvrement très faible dans cette zone Z 01 d'embouchure.

L'iconographie et des films sont effectués au niveau de tous les suivis à titre de stockage d'informations, et aussi de façon à pouvoir présenter aux publics intéressés l'état d'une zone sous marine de façon explicite.

Figure 6-22 : Algues, une éponge et une actinie sur le fond sédimentaire de vase latéritique à l'embouchure même du creek (par 3 m de profondeur)

Les macrophytes ont un recouvrement très faible, représentés par quelques thalles d'algues brunes (*Padina*, *Sargassum* et *Turbinaria ornata*) et d'algues vertes (*Caulerpa*, *Halimeda* et *Neomeris van bossea*). De plus quelques hydraires colonisent les souches d'arbres déposées sur la vase latéritique.

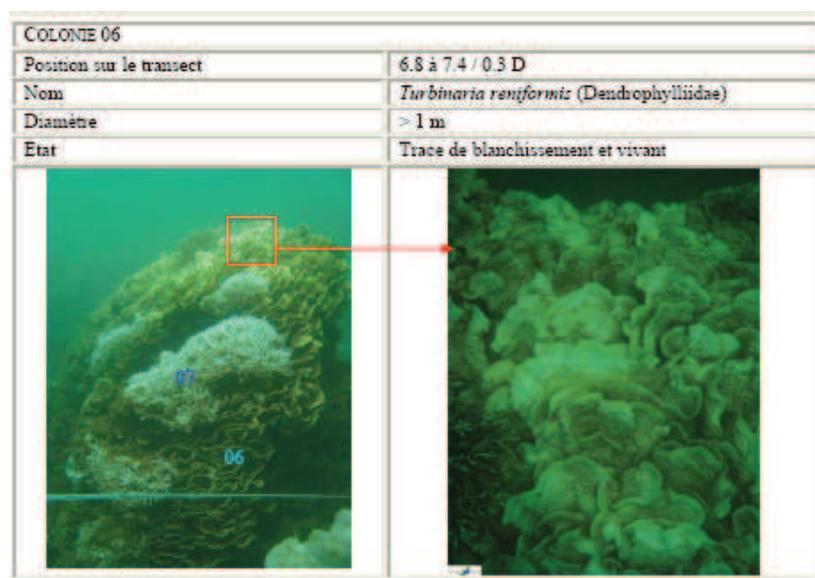


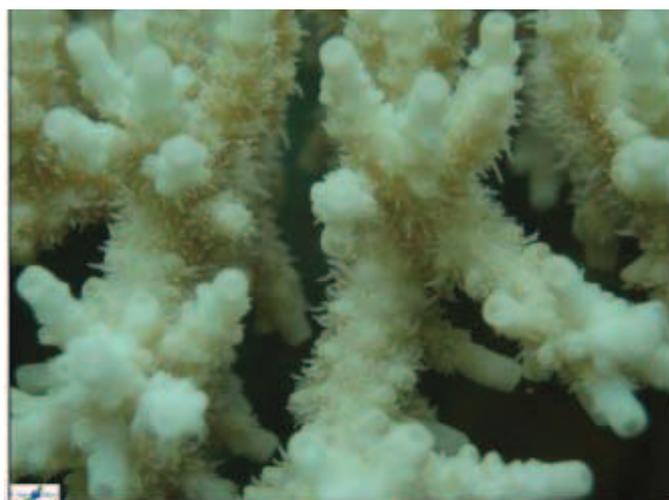
Les photographies suivantes sont un résumé explicite des inventaires dans la zone Z02. C'est dans cette zone explorée d'environ 11 700 m² que du blanchiment corallien (sans mortalité des polypes et par patches irréguliers) a été observé et étudié avec attention, espèce par espèce et avec la mise en place d'un *transect* fixe qui sera suivi dans le temps. Ce *transect* est échantillonné comme toutes les stations avec LIT/Substrat + benthos + poissons, il pourra être transformé en station de suivi selon l'évolution.

Une radiale de 120m de long qui s'éloigne de la coté jusqu' à 23 m de fond est aussi échantillonnée.

Un atlas photographique plus complet est dans le rapport placé en annexe de ce document.

Figure 6-23 : Photographies en zone Z 02. Extrait de l'atlas photographique qui montre le détail d'étude des espèces coralliennes blanchies



Exemple de polypes vivants sur corail blanchi (*Acropora* sp. 1) (Zone 06)

Le Tableau 6-17 suivant et les figures associées montrent les poissons échantillonnés en zone 02 et le travail effectué sur *transect* selon la méthodologie fixé en 2006 par la DENV et appliquée sur tous les *transects* des stations de suivi.

Tableau 6-17 : Poissons échantillonnés sur le transect de la zone 02

FAMILLE	ESPECE	NOMBRE	DENSITE (ind./m ²)	BIOMASSE (g/m ²)
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,25
	<i>Chaetodon lunulatus</i>	1	0,01	0,05
Labridae	<i>Halichoeres melanurus</i>	1	0,01	0,10
Lethrinidae	<i>Lethrinus harak</i>	1	0,01	6,62
Mullidae	<i>Parupeneus barberinoides</i>	2	0,03	0,43
	<i>Parupeneus barberinus</i>	3	0,04	0,13
Pomacentridae	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>	5	0,06	0,08
	<i>Chromis viridis</i>	25	0,31	0,04
	<i>Chrysiptera roilandi</i>	10	0,13	0,00
	<i>Chrysiptera taupou</i>	3	0,04	0,01
	<i>Dascyllus aruanus</i>	10	0,13	0,02
	<i>Neoglyphidodon melas</i>	2	0,03	0,02
	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	5	0,06	0,01
Scaridae	<i>Chlorurus bleekeri</i>	3	0,04	1,07
	<i>Scarus ghobban</i>	2	0,03	0,79
Siganidae	<i>Siganus puellus</i>	2	0,03	1,04
TOTAL		77	0,99	10,66

Figure 6-24 : Richesse spécifique par famille de poisson

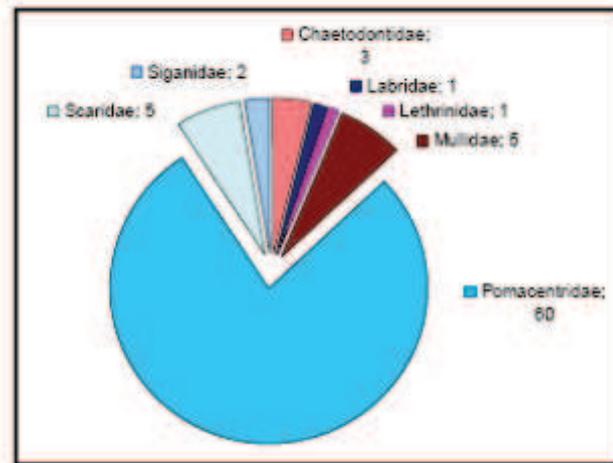
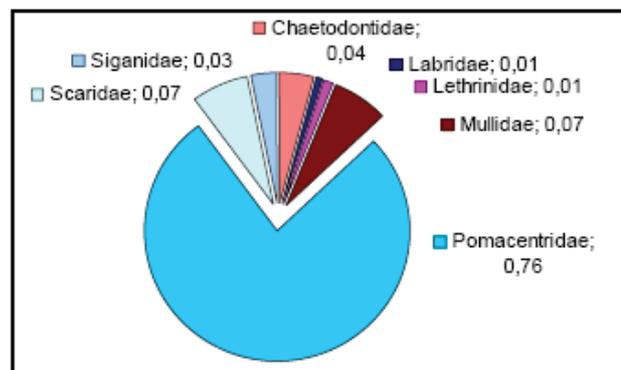
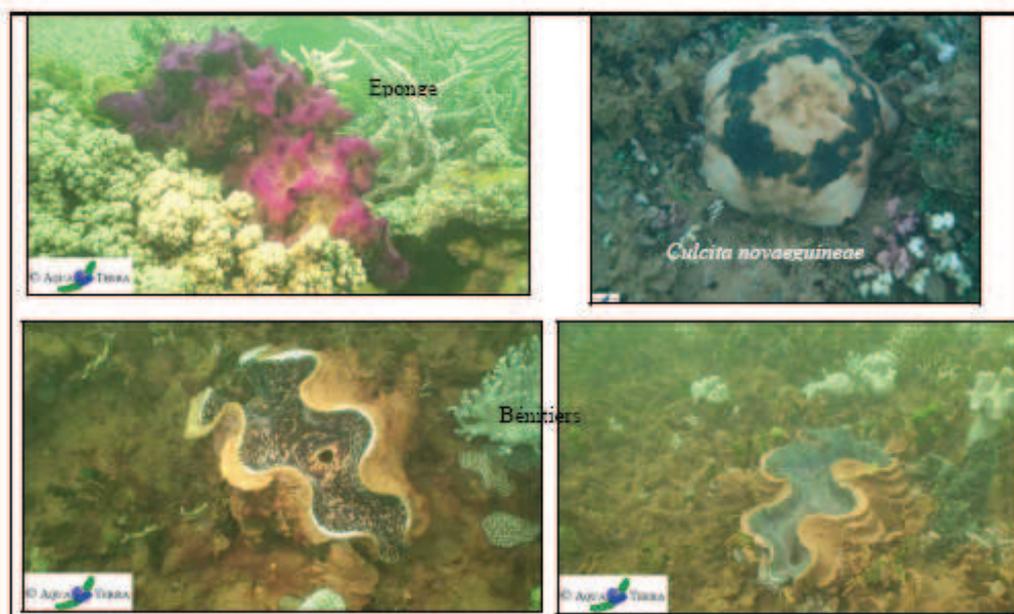


Figure 6-25 : Densité par famille de poissons (Transect zone 02)



Les photographies suivantes (Figure 6-26) prises en zone 04 confirment le bon état de santé du benthos :

Figure 6-26 : Macro benthos en zone 04 proche de l'embouchure du creek de la baie Nord, une semaine après la fuite d'acide dans le creek



Il faut noter que seule une comparaison avec des zones témoins de référence peut permettre d'évaluer l'état des lieux à l'embouchure proche du creek de la baie Nord, pour cela deux stations de références sont choisies.

Elles doivent correspondre au plus près à l'écosystème de l'embouchure du creek de la Baie Nord, par leur position de fond de baie, leurs dimensions de bassins versants et leur éloignement du canal de la Havannah et de son influence marine, tout en étant hors zone d'influence du creek, Les deux stations de références choisies sont situées à l'entrée de la baie du Carénage et à l'Est du port de Prony et reçoivent donc des apports réguliers en eau douce à peu près similaires à ceux de la baie du creek de la Baie Nord.

Positions des deux stations de référence :

- Sud- Est du port de Prony : zone 7 (carte figure 6-27)
- Baie du carénage : zone 8 (carte figure 6-28)

Figure 6-27 : Zone 7, zone témoin de référence dite du « Est port de Prony », au Sud -Est du wharf et du port

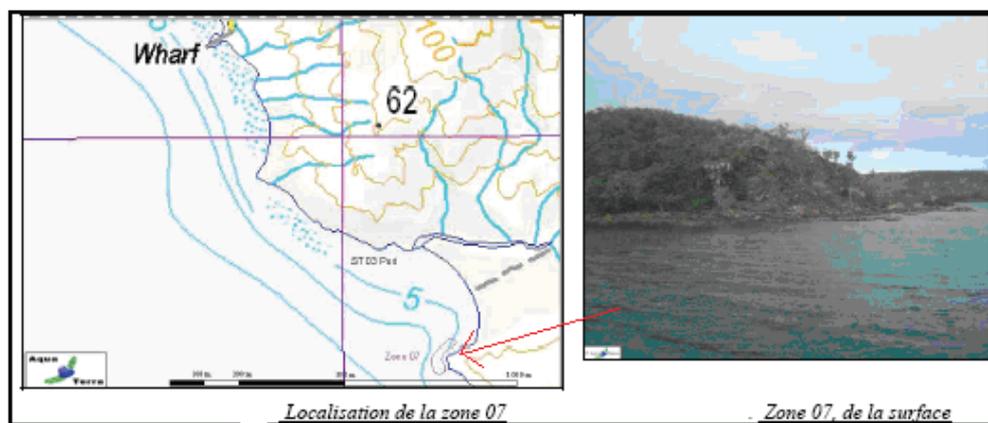
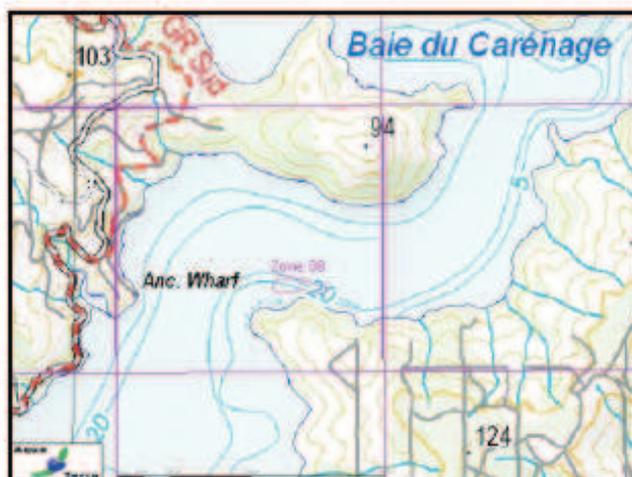


Figure 6-28 : Zone 8, zone de référence dite « du Carénage »



Des colonies de coraux blanchies sont aussi retrouvées sur ces deux zones témoins, hors toute influence du projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie et du creek de la baie Nord. Les photographies suivantes (Figure 6-29) sont un extrait de l'atlas photographique et montrent ce blanchiment.

Figure 6-29 : La zone de référence 7 (au sud-est du port, figure carte 6-20) présente du corail blanchi

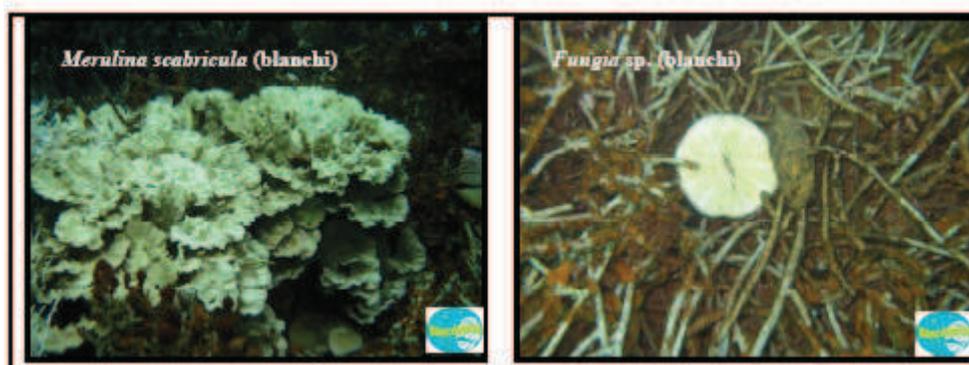


Figure 6-30 : Présence de coraux blanchis en zone de référence témoin 8 (en baie du carénage, cf. figure carte 6-28), entre 3 et 5 m (extraits de l'atlas photographique)



La diversité du haut récif n'est pas très importante, cependant certaines colonies s'édifient à travers la finesse des branches d'*Acropora grandis*. Ces espèces montrent pour la plupart les marques du blanchiment (*Anacropora spp.*, *Lerulina scabricula*, *Montipora cf. danae*, *Fungia spp.*....).

Figure 6-31 : Coraux blanchis en zone 8 (3 et 5 m)



6.5.1. En conclusion

Au niveau de l'embouchure du creek de la Baie Nord et lors de la première mission d'évaluation écologique d'impact, une semaine après la fuite d'acide

Les conclusions des experts ayant conduit la première mission d'évaluation sont reprises ci-dessous :

Suite à la mission de reconnaissance de l'état de santé du milieu marin effectuée du 07 au 09 avril 2009, nous pouvons conclure :

• Communautés benthiques (invertébrés et macrophytes), hors coraux :

La faune (hors coraux) et la flore benthiques des différentes zones prospectées sont diversifiées et en bonne santé.

Dans toutes les zones prospectées, le phénomène de blanchissement n'affecte que très peu les invertébrés (autres que scléroustaciens) : seuls quelques alcyonnaires du genre *Sarcophyton* et *Simularia* de la zone 2 et 6 présentent des marques de blanchissement. Les macrophytes ne présentent aucune marque de dégradation.

• Communautés coralliennes :

Les seules dégradations récifales observées sont le blanchissement corallien et l'hyper-sédimentation induite aux embouchures des creeks et rivières (pas de maladies, ni de décalcification des carbonates, ni de prolifération de cyanobactérie).

Toutes les zones prospectées (y compris celles hors influence du Creek baie nord) présentent du blanchissement.

Cependant, les zones les plus concernées par le blanchissement sont celles qui se situent à proximité du Creek baie nord :

- La zone 2 au nord du Creek est la zone la plus proche de l'embouchure du creek et aussi celle dont le récif est le plus blanchi : 65% de blanchissement et 65 espèces de coraux blanchis sur 73 espèces coralliennes présentes.
- La zone 6 au sud du Creek est la seconde zone récifale la plus affaiblie par le blanchissement : 50% de blanchissement et 29 espèces de coraux blanchis sur 64 espèces présentes.

Aucune colonie corallienne ne présente de marque de dissolution des carbonates.

Dans toutes les zones coralliennes prospectées, le blanchissement est maximum dans les premiers mètres (3-4 m), moindre au-dessous (jusqu'à 7m) et nul au-delà de 8 mètres de profondeur.

Dans toutes les zones coralliennes prospectées, le blanchissement est réparti par patch (même en zones 2 et 6).

La grande majorité des colonies blanchies ont encore leurs polypes vivants (sauf certaines colonies blanchies de *Seriatopora hystrix* qui ont perdu leurs polypes).

Le phénomène du blanchiment corallien a donné lieu à une étude quantitative et comparative dans l'espace selon les stations et les zones, il permettra une étude comparative temporelle objective avec les prochaines suivis, le tableau suivant résume ce travail.

Tableau 6-18 : Richesse spécifique corallienne et blanchiment corallien pour chaque zone étudiée. Les zones 7 et 8 sont les zones témoins de référence

Richesse spécifique des coraux et blanchissement aux différentes zones

Situation	ZONE 1	ZONE 2			ZONE 3	ZONE 4	ZONE 5	ZONE 6			ZONE 7	ZONE 8	STATION 02	
	Sud Creek baie nord	Nord Creek baie nord			Nord Creek baie nord	Nord Creek baie nord	Ilot Gabriel	Sud Creek baie nord			Creek Wharf	Creek Carénage	Sud Creek baie nord	
Profondeur	0 à 3 m	0 à 7 m	7 à 23 m	tranchet 5 m	0 à 4 m	0 à 7 m	0 à 10 m	0 à 6 m	6 à 16 m	tranchet 2 m	1 à 6 m	3 à 10m	tranchet A 9 m	tranchet B 12 m
A	1	73	66	30	73	76	70	64	72	26	68	77	75	67
B	0	65	21	15	25	29	3	29	18	10	24	28	2	3
B/A	0	0,89	0,32	0,5	0,315	0,38	0,043	0,45	0,25	0,38	0,35	0,36	0,027	/0,045/
% visuel blanchissement	0%	65%	10%	/	25%	35%	3%	50%	5%	/	25%	45%	/	/

A = nombre d'espèces de coraux (scléractiniaires et autres)

B = nombre d'espèces de coraux blanchis

Conclusion de l'expertise au niveau des poissons :

 Communautés ichthyologiques :

La faune ichthyologique de la baie de Prony n'apparaît pas perturbée. Sa diversité spécifique varie spatialement en harmonie avec la couverture corallienne et apparaît comme stable dans le temps.

Le rôle de nurserie dévolu classiquement à ce genre de biotope (fond de baie, estuaire) n'est pas affecté. La plupart des espèces rencontrées sont à l'état de juvénile.

Si la présence de beaucoup de poissons nomades n'est pas démonstrative, en revanche, la présence de poissons adultes sédentaires comme les Gobies, les Blennies, les Pinguipédidés, ... indique que ce milieu n'a pas été perturbé gravement par l'accident. Dans le cas contraire, les terriers seraient vides.

De nombreuses espèces corallivores exclusives ou non sont présentes sur le site corroborant ainsi s'il en était besoin, que les coraux sont toujours vivants.

Ainsi, au regard de nos observations, rien ne permet de penser que l'acide sulfurique déversé dans le Creek baie nord ait pu perturber la faune ichthyologique de la baie.

6.6. Mission de suivi n°2, deux mois après l'accident (22 au 25 juin 2009)

Le rapport intégral est placé en annexe de ce document, seules les conclusions sont répétées dans ce chapitre.

L'effort d'échantillonnage est le même que lors de la première mission. L'effort est poursuivi de façon intense sur la variation du blanchiment corallien.

Tableau 6-19 : Nature de l'échantillonnage en fonction des stations

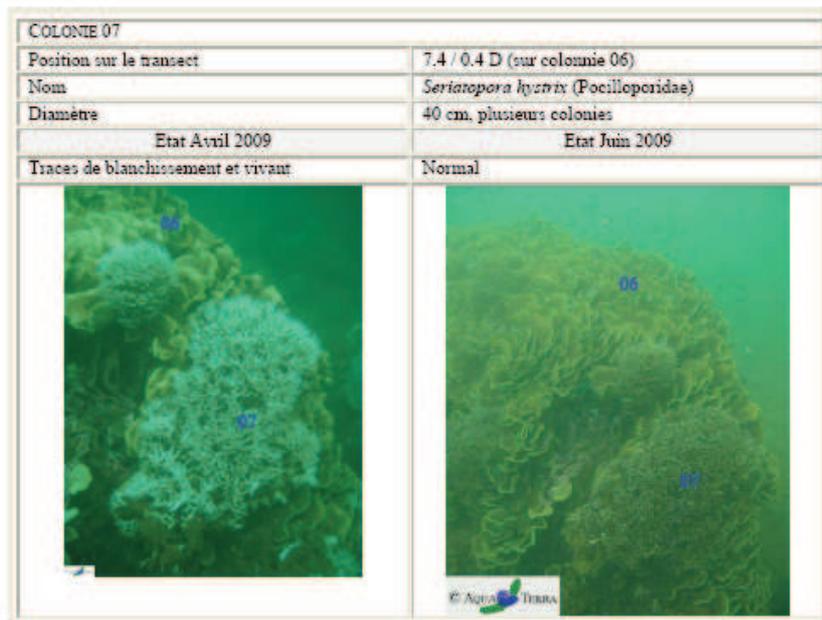
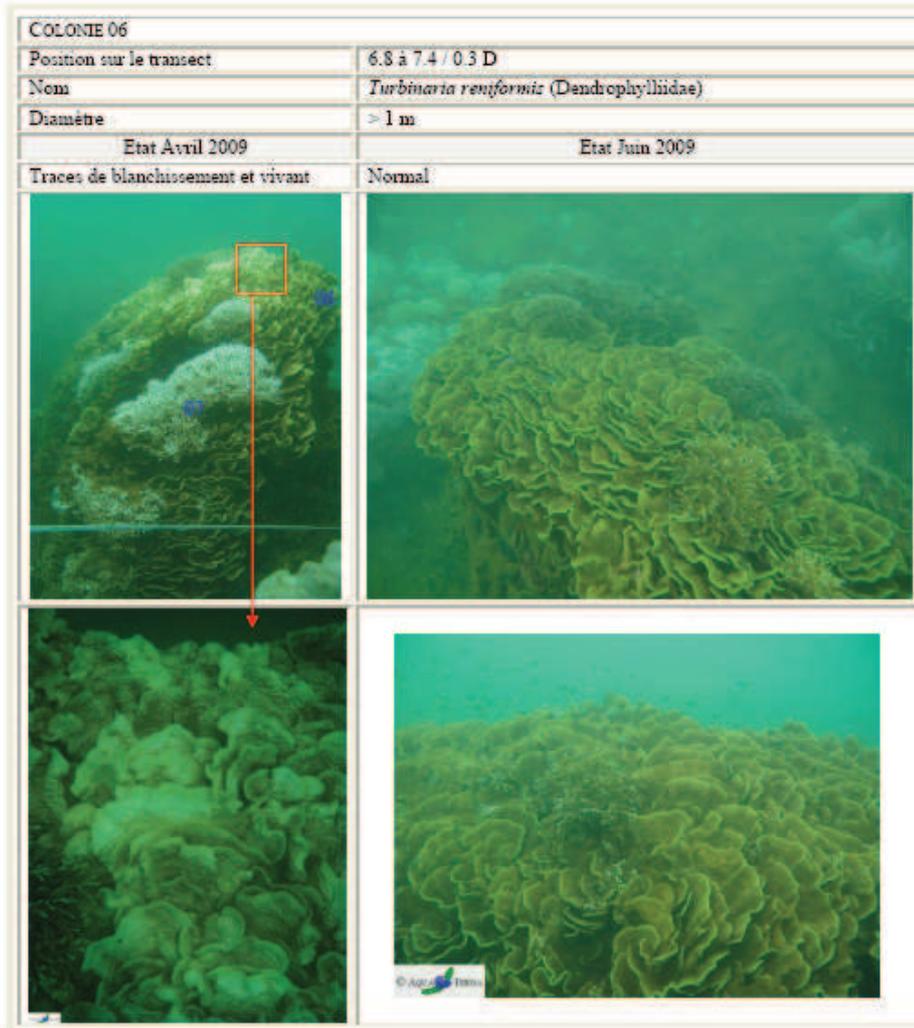
	NATURE DE L'ÉCHANTILLONNAGE
Zone 01	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 02	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Radiale avec observations générales et schéma structural Échantillonnage d'un transect : LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Observations des colonies coralliennes remarquables autour des 4 piquets Photographies & vidéos
Zone 03	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 04	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 05	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 06	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Radiale avec observations générales et schéma structural Échantillonnage d'un transect : LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Photographies & vidéos
Zone 07	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Zone 08	Observations générales, benthos, poissons, blanchissement Photographies & vidéos
Station 02	Échantillonnage des 2 transects : LIT, benthos, TLV poissons, colonies coralliennes blanchies Photographies & vidéos

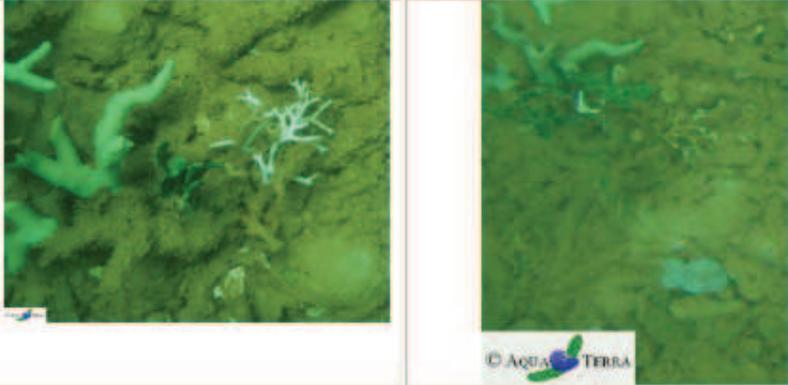
Les colonies coralliennes référencées permettent un suivi iconographique explicite, les photographies suivantes sont un extrait de l'atlas photographique commencé lors de la première mission et elles montrent la disparition du blanchiment corallien colonie par colonie, zone par zone. Le Tableau 6-20 suivant indique la richesse en coraux dans toute la zone d'étude selon les inventaires d'avril 2009 et de juin 2009.

Tableau 6-20 : Richesse spécifique totale des coraux en avril et en juin 2009. Baie de Prony, zones proches de l'embouchure du creek de la baie Nord

	Zone 1	Zone 2		Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6		Zone 7	Zone 8	TA Z2	TA Z6	ST2	
	1 à 3m	0 à 7m	7 à 23 m	0 à 8m	0 à 8m	0 à 10m	0 à 6m	6 à 16 m	1 à 6m	3 à 10m	5m	2m	ST 2A 9m	ST2 B 11m
Avril	1	73	66	73	76	70	64	72	68	77	30	26	75	67
Juin	1	76	70	73	77	71	64	73	73	79	29	27	80	68

Figure 6-32 : Photographies de formations coralliennes extraites de l'atlas photographique Mission n° 2 : ces photographies montrent que le blanchiment corallien disparaît, que les polypes sont bien vivants et qu'ils ont repris leur activité symbiotique avec des zooxanthelles



COLONIE 08	
Position sur le transect	9.4 / 0.5 D
Nom	<i>Millepora</i> sp. (Milleporidae)
Diamètre	< 10 cm
Etat Avril 2009	
Blanc et vivant	Normal
Etat Juin 2009	
	

Conclusions sur le blanchiment corallien : Suivi d'avril 2009 et suivi de juin 2009, tableaux suivants 6-21 et 6-22.

Rappel ; Les Zones 07 et 08 sont les 2 zones témoins (de référence) qui reçoivent un apport d'eau douce mais qui sont hors influence du projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie et du creek de la baie Nord.

Tableau 6-21 : Taux de blanchiment au niveau spécifique, par zone et période

	Zone 1	Zone 2		Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6		Zone 7	Zone 8	TA Z2	TA Z6	ST2	
	1 à 3m	0 à 7m	7 à 23 m	0 à 8m	0 à 8m	0 à 10m	0 à 6m	6 à 16 m	1 à 6m	3 à 10m	5m	2m	ST2 A 9m	ST2 B 11 m
Avril	0	89%	32%	32%	38%	4%	45%	25%	35%	37%	50%	39%	3%	5%
Juin	0	32%	10%	23%	30%	9%	41%	25%	47%	24%	21%	52%	6%	2%

Tableau 6-22 : Taux de blanchiment au niveau du recouvrement – estimation visuelle par zone et période

	Zone 1	Zone 2		Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6		Zone 7	Zone 8	TA Z2	TA Z6	ST2	
	1 à 3m	0 à 7m	7 à 23 m	0 à 8m	0 à 8m	0 à 10m	0 à 6m	6 à 16 m	1 à 6m	3 à 10m	5m	2m	ST2 A 9m	ST2 B 11m
Avril	0%	65%	10%	25%	35%	3%	50%	5%	25%	45%	35%	55%	3%	2%
Juin	1%	20%	4%	5%	4%	1%	6%	3%	15%	15%	5%	5%	3%	2%

La diminution du taux de recouvrement en coraux blanchis entre les deux missions d'avril et de juin 2009 est significative (eg. : il y a beaucoup moins de coraux blanchis).

Nous rappelons qu'un corail blanc est en phase de latence et peut donc : soit ne pas retrouver de zooxanthelles et finir par mourir au bout de quelques mois, soit être recolonisé par des zooxanthelles et donc retrouvé un état de santé correct.

La figure suivante 6-30 montre le blanchiment corallien, d'après les observations de la campagne de suivi de juin 2009, les zones témoins Z 8 et Z 07 (définies précédemment et montrées sur les figures 6-33 et 6-34) présentent un blanchiment de niveau 2 plus élevé que dans la zone la plus proche du creek.

Pour rappel comparatif la même cartographie est établie d'après la campagne de suivi d'avril 2009 et l'on note qu'en avril c'était sur la zone Z02 que le blanchiment était le plus abondant mais qu'il était présent sur toutes les zones avec un niveau élevé de 5 en baie du carénage.

Figure 6-33 : Blanchiment corallien sur toute la zone du creek de la Baie Nord et deux stations témoins en baie de Prony, juin 2009. En encadré : les deux aires témoins Z08 et Z07

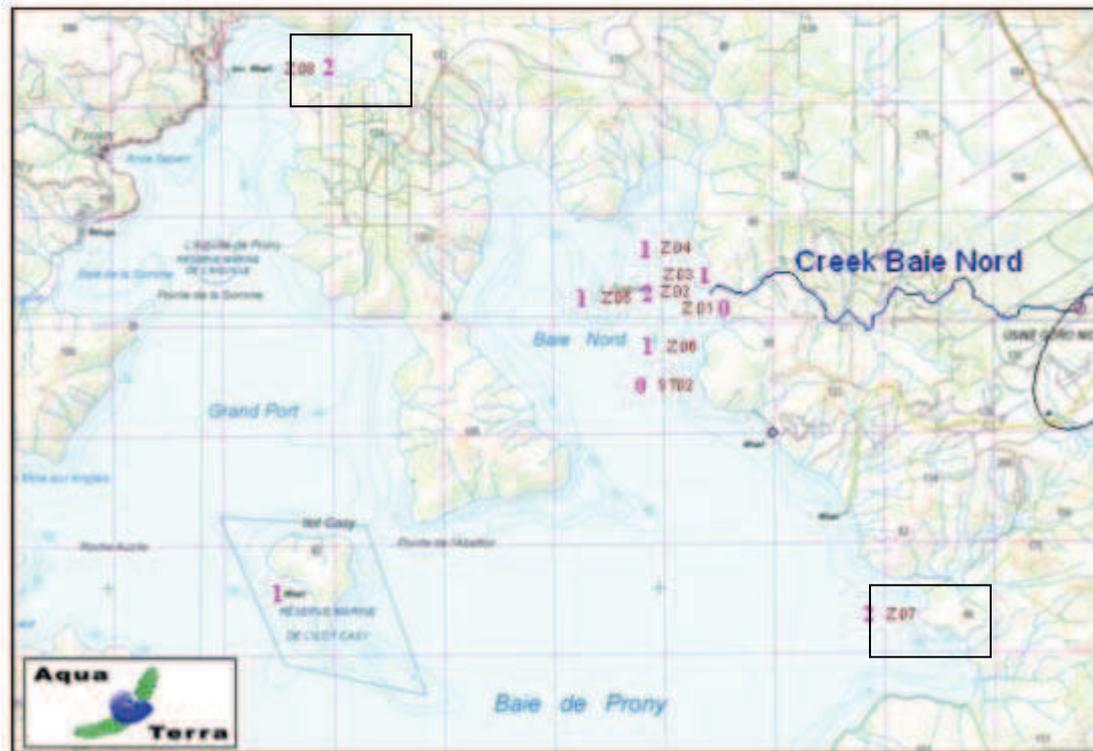


Figure 6-34 : Blanchiment corallien sur toute la zone du creek de la Baie Nord et deux stations témoins en baie de Prony, avril 2009



Communautés benthiques :

Au regard des variations, du blanchiment corallien et de la richesse spécifique des communautés coralliennes (coraux, macrophytes, invertébrés) dans les stations de suivi situées dans la rade Nord et les stations témoins (Baie Carénage et rade du NE) :

- Une perturbation naturelle est indéniable dans l'ensemble des récifs de la baie de Prony (dépression Jasper entre le 24 et 26 mars 09 et anomalie positive des précipitations en début d'année 2009 impliquant une dessalure des eaux de surface, variations de température, variations de turbidité...) et particulièrement aux embouchures des creeks qui charrient de l'eau douce et des particules en suspension. Les récifs de l'ensemble de la baie de Prony ont été influencés selon un gradient d'éloignement par rapport aux creeks et rivières.
- Cependant les récifs environnants le Creek baie nord ont été plus particulièrement blanchis. La baisse du pH à l'embouchure du Creek baie nord a pu avoir une influence supplémentaire sur le blanchiment corallien naturel 1) dans un premier temps et majoritairement sur les récifs à proximité du Creek baie nord (zones 1 et 6) et 2) dans un second temps et dans une moindre mesure sur les récifs au pourtour du Creek baie nord (zones 3, 4 et 5).

Les dégradations s'amointrissent avec le temps car la résilience des communautés coralliennes est forte (particulièrement les coraux).

Communautés ichthyologiques :

Grâce à la seconde mission on peut se rendre compte que la faune ichthyologique de la baie de Prony a été perturbée. Sa diversité spécifique apparente, qui « variait spatialement en harmonie avec la couverture corallienne » était en fait partout en dessous de la valeur que nous avons observée en juin. Toutefois, il est possible que cette valeur soit « dopée » ou « forcée » par les apports continentaux.

Le rôle de nursery dévolu classiquement à ce genre de biotope (fond de baie, estuaire) n'a pas été affecté. La plupart des espèces rencontrées sont à l'état de juvéniles. Le stock de juvéniles de juin est sensiblement différent de celui que nous avons en avril (succession des pontes).

Nous maintenons que « Si la présence de beaucoup de poissons nomades n'est pas démonstrative, en revanche, la présence de poissons adultes sédentaires comme les Gobies, les Blennies, les Pinguipédidés... indique que ce milieu n'a pas été perturbé gravement par l'accident. Dans le cas contraire, les terriers seraient vides. ». En effet, tout porte à croire qu'un grand nombre d'espèces, stressées en avril, sont restées blotties dans les cavités du corail. Elles ont pu être observées en juin. Aux espèces résidentes se sont ajoutées des espèces dont la présence est opportuniste et vraisemblablement induite par l'événement « Jasper ».

De nombreuses espèces corallivores exclusives ou non sont toujours présentes sur le site corroborant ainsi s'il en était besoin, que les coraux sont toujours vivants.

Ainsi, notre conclusion n'a pas changé, au regard de la faune ichthyologique rien ne permet de penser que l'acide sulfurique déversé dans le creek ait pu se retrouver actif dans l'environnement marin de la baie.

En revanche une perturbation a eu lieu, mais tout porte à croire qu'il s'agit d'une dessalure⁷, même si un événement pH ait pu se surajouter localement à cette dessalure plus générale dans l'ensemble de la baie de Prony.

Remarque :

Le rapport de l'IRD sur la qualité physico-chimique des eaux sur des stations de référence montre bien cet apport terrigène et d'eau douce constants en baie de Prony et plus particulièrement en face du creek de la baie nord. La campagne effectuée en novembre 2005, lors d'une année plutôt sèche, montre que la station ST15 située proche du creek de la baie nord présente une dessalure de surface et une baisse de température de surface que les autres stations ne présentent pas. Elle est donc sous une influence constante et forte d'apport d'eau douce.

La figure ci-dessous (Figure 6-35) présente le profil de la colonne d'eau de la Station ST15 (Creek baie nord, campagne 2005) en comparaison avec celui d'une autre station même située en Baie de Prony mais plus éloignée du creek (ST17, proche de Montravel), on voit la *dessalure* (moindre salinité) de surface accompagnée d'une température plus fraîche, au niveau de la zone du creek de la Baie Nord

⁷ La dessalure est un phénomène naturel : c'est un apport massif d'eau douce dans la mer, par exemple aux embouchures des creeks ou rivières, apport qui peut être accentué par des pluies plus importantes.

Figure 6-35 : Profil de la colonne d'eau au niveau de la station ST15 (Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux de canal de la Havannah et de la baie de Prony IRD 2007)

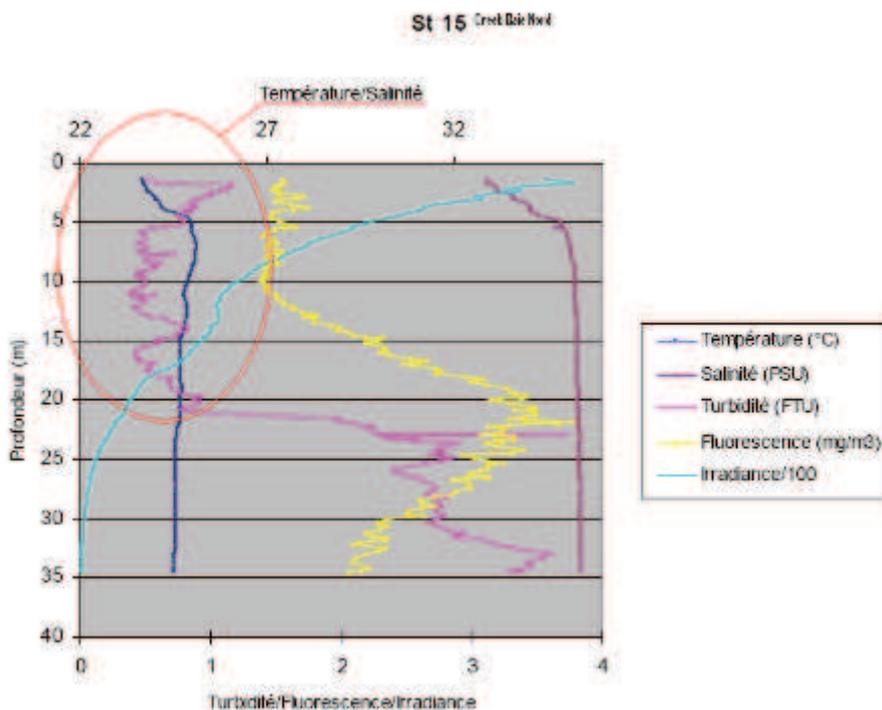
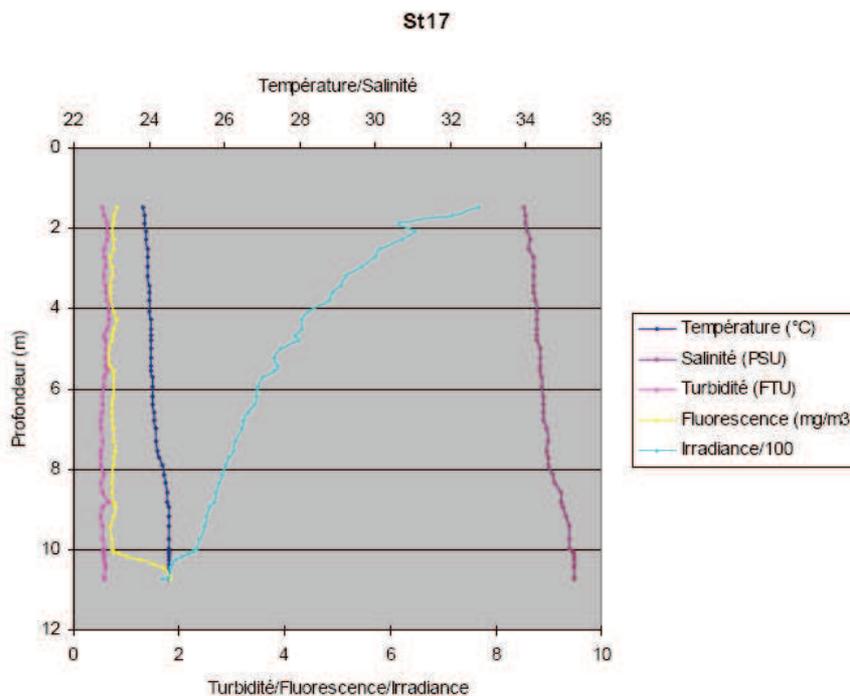


Figure 6-36 : Profil de la colonne d'eau au niveau de points de suivis marins station ST17 plus éloignée du creek (Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux de canal de la Havannah et de la baie de Prony IRD 2007)



6.7. Mission de suivi n°3, 9 mois après l'accident (2009)

La mission de suivi n°3 a eu lieu en décembre 2009 selon la même méthodologie, mêmes zones, mêmes *transects* et avec les mêmes échantillonneurs que précédemment afin de réduire au maximum les biais d'observation. L'analyse des résultats a donné lieu à une synthèse comparative entre les trois suivis d'avril, juin et décembre 2009 et sur la station fixe ST02 à une analyse comparative avec les états des lieux des suivis de 2007 et 2008.

Un rappel des données météorologiques est aussi précisé car l'évolution des communautés du lagon en fond de baie et à l'embouchure des creeks dépend étroitement de la pluviométrie (apports d'eau douce et apports terrigènes)

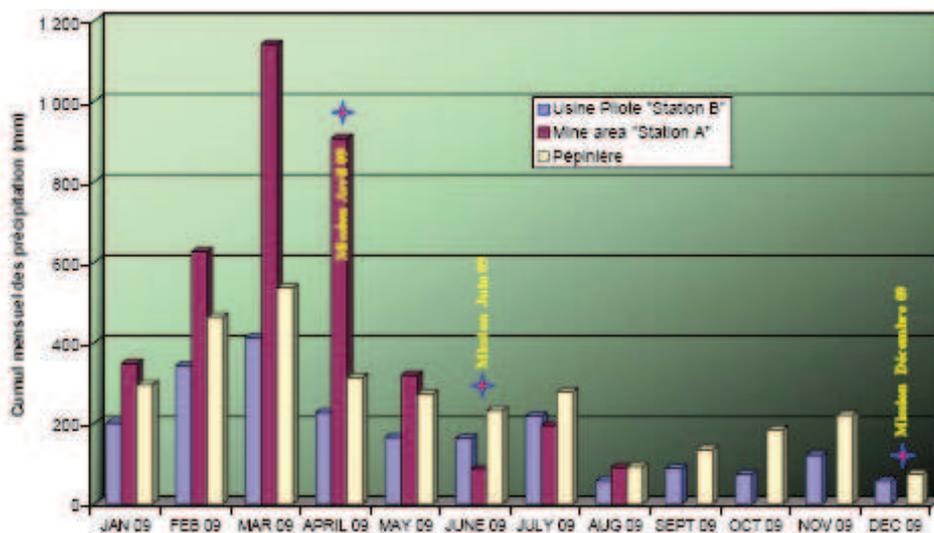
Le rapport complet est placé en annexe XXII de ce document sous le nom de : Mission n°3 CBN mer. Ce chapitre résume les conclusions selon les volets suivants :

- Substrat (LIT fixes)
- Benthos (hors corail)
- Corail
- Poissons
- Remarques
- Conclusion

Substrat

Depuis le mois d'août 2009, les précipitations sont faibles par rapport aux normales saisonnières (août - 55%, septembre + 15%, octobre - 38%, novembre - 46%). Ces conditions climatiques sont favorables à la résilience des communautés coralliennes dans la zone d'étude et particulièrement celle des coraux scléactiniaires. La Figure 6-37 ci-dessous indique les précipitations sur le site et le moment des 3 missions de plongées à l'embouchure du creek de la baie Nord.

Figure 6-37 : Précipitations enregistrées sur le site pour l'année 2009



Zones des transects 02 & 06 de part et d'autre de l'embouchure proche du creek

La station de la zone 02 est stable avec une très légère augmentation du recouvrement biotique (+ 2.5% pour les macrophytes et + 6.5% pour les coraux scléactiniaires).

La zone 06 voit une hausse forte du recouvrement en scléactiniaires (+ 15.5% de corail dur), associée à une légère baisse du recouvrement des macrophytes, ce qui rend les résultats globaux semblables à ceux de la campagne d'avril 2009.

Pour la station ST02, les tableaux suivants 6-23 et 6-24 présentent une synthèse depuis 2007.

Tableau 6-23 : Taux de recouvrement du substrat selon les missions depuis 2007 (%)

CAMPAGNE	STATION	Macrophytes et invertébrés	Coraux scléractinaires	Abiotique
2007	ST02A	45,5	42	12,5
	ST02B	33	11,5	55,5
2008	ST02A	52,5	27,5	20
	ST02B	15	11	74
Avril 2009	Z02 A	39	14,5	46,5
	Z06 A	38	20,5	41,5
	ST02A	32,5	33	34,5
	ST02B	17	9,5	73,5
Juin 2009	Z02 A	40	18,5	41,5
	Z06 A	26,5	26	47,5
	ST02A	52	27,5	20,5
	ST02B	17	9,5	73,5
Décembre 2009	Z02 A	42,5	25	32,5
	Z06 A	42	22	36
	ST02A	48	23	29
	ST02B	11,5	9,5	29

Tableau 6-24 : Evolution du taux de recouvrement du substrat selon les missions depuis 2007 (%)

CAMPAGNE	STATION	Macrophytes et invertébrés	Coraux scléractinaires	Abiotique
2008 vs 2007	ST02A	7	-14,5	7,5
	ST02B	-18	-0,5	18,5
Avril 2009 vs 2008	ST02A	-20	5,5	14,5
	ST02B	2	-1,5	-0,5
Avril 2009 vs juin 2009	Z02 A	1	4	-5
	Z06 A	-11,5	5,5	6
	ST02A	19,5	-5,5	-14
	ST02B	0	0	0
Juin 2009 vs décembre 2009	Z02 A	2,5	6,5	-9
	Z06 A	15,5	-4	-11,5
	ST02A	-4	-4,5	8,5
	ST02B	-5,5	0	5,5

Code couleur :

- Le taux de recouvrement a augmenté
- Le taux de recouvrement est équivalent (à +/-20%)
- Le taux de recouvrement a diminué

Communautés benthiques (hors coraux)

La faune (hors coraux) et la flore benthique des différentes zones prospectées sont diversifiées et ne présentent pas de signe de dégradation (pas de mortalité observée).

Dans toutes les zones prospectées, les alcyonaires du genre *Sarcophyton* et *Sinularia* qui présentaient des marques de blanchiment pour les missions d'avril et de juin 2009 sont maintenant en bonne santé et ne montrent plus de stigmate de blanchiment. Les macrophytes ne présentent aucune marque de dégradation.

Une augmentation du couvert algal a été observée sur les hauts de platier des zones 1, 2 et 5 (développement des macrophytes qui s'inscrit dans le cycle de variation des normales saisonnières). Le genre *Padina* se développe sur le platier de des zones 01 et 02, et le genre *Asparagopsis armata* est en fin de développement sur la partie sommitale du récif de la zone 5.

Présence de *Culcita novaeguineae* (étoile de mer) en zones 02, 05 et 08 (1 à 2 individus par zone) et absence depuis le mois de juin 2009 en zones 03, 04 et 07. Le tableau 6-25 présente l'évolution du benthos.

Tableau 6-25 : Evolution de la richesse taxonomique du benthos selon les missions depuis 2007 (gain/perte en taxa)

CAMPAGNE	STATION	Macrophytes et invertébrés	Coraux scléactinaires	Autres coraux	Richesse taxonomique totale
2008 vs 2007	ST02A	0	13	1	14
	ST02B	2	26	1	29
Avril 2009 vs 2008	ST02A	4	17	0	21
	ST02B	6	4	0	10
Avril 2009 vs juin 2009	Z02 A	3	-1	0	2
	Z06 A	-3	1	0	-2
	ST02A	3	5	0	8
	ST02B	1	1	0	2
Juin 2009 vs décembre 2009	Z02 A	0	0	0	0
	Z06 A	6	1	0	7
	ST02A	2	1	0	3
	ST02B	2	1	0	3

Code couleur :

	La richesse taxonomique a augmenté
	La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt)
	La richesse taxonomique a diminué

Les coraux

Les espèces coralliennes ne vont pas réagir de la même manière à une perturbation (variations d'origine naturelle ou anthropique), c'est pourquoi il est important de définir les espèces ou genres qui ont été perturbés afin de donner un diagnostic le plus précis possible. Enfin les coraux fournissent un habitat privilégié aux autres espèces marines. Si cette structure est influencée c'est l'ensemble de la biodiversité de l'écosystème qui est perturbée.

Le blanchiment a été calculé de deux manières :

- Au niveau spécifique : pour chaque espèce, celle présentant des colonies blanchies ont été notées. Cela ne veut pas dire que pour une espèce classée « blanchie » toutes les colonies de cette espèce l'étaient. Seules certaines étaient concernées ;
- Au niveau du recouvrement : sur toutes les zones, une estimation visuelle des colonies (toutes espèces confondues) blanchies par rapport au recouvrement total en coraux a été réalisée et exprimée en pourcentage.

Il y a manifestement une résilience des coraux assez importante dans l'ensemble de la zone d'étude.

Les zones où les colonies coralliennes étaient le plus affectées lors de la mission d'avril sont celles qui reflètent le plus d'amélioration au niveau biologique lors de la mission de décembre 2009 (zone 02, 04, 06 et les zones témoins 07 et 08).

Cependant une légère variation de teinte pour l'ensemble des colonies coralliennes a été constatée entre les deux dernières missions (juin et décembre). Les colonies ont légèrement perdu leur pigmentation (exemple : couleur jaune vif de *Turbinaria reniformis* et *Pocillopora damicornis* au mois de juin et plus terne au mois de décembre). La santé du récif n'est pas remise en cause par ce phénomène, au mois de juin les zooxanthelles étaient fraîchement réintégrées dans les tissus des coraux et il se peut qu'au fur et à mesure du temps leur pigmentation s'atténue sensiblement (*il n'y a pas de commentaire à ce sujet dans la littérature*).

La Figure 6-38 ci-dessous montre l'évolution du blanchiment corallien sur chaque zone et au fil des missions de surveillance.

Figure 6-38 : Blanchiment corallien, estimation visuelle sur une échelle de 10

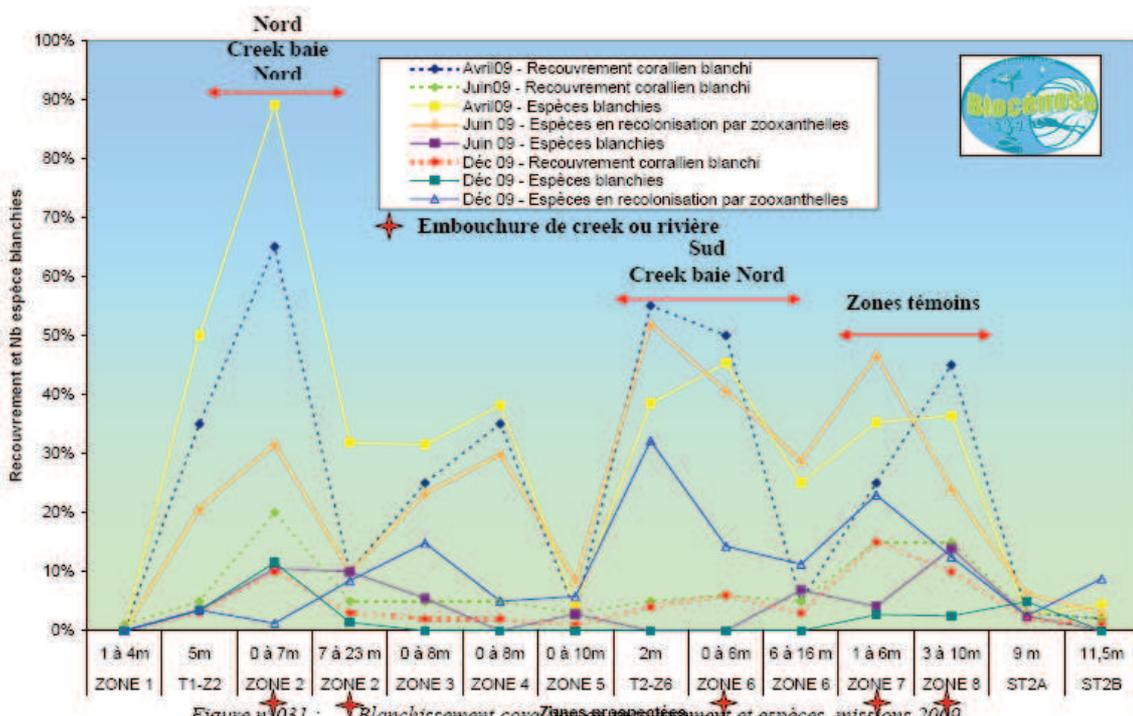


Nb : Vert=avril 2009, mauve=juin 2009 et jaune= décembre 2009

Z07 et Z08 sont les stations témoins en dehors de toute influence du creek de la baie Nord mais cependant elles reçoivent des cours d'eau permanents et sont influencées par les pluies. ST02 est la station à poste qui est suivie depuis 2007

La figure 6-39 ci-dessous récapitule l'évolution du blanchiment corallien, tant au niveau du recouvrement qu'au niveau spécifique, pour toutes les zones et pour les trois missions de 2009, de part et d'autre du creek et en s'éloignant de plus en plus de celui-ci.

Figure 6-39 : Blanchiment corallien en recouvrement et espèce, missions 2009



Les poissons

Les comparaisons sont effectuées par un expert halieute. Il attire l'attention sur : Les espèces contingentes qui ne sont pas celles qui sont là par hasard (Chaetodons, petits labres nomades...), mais qui sont celles dont la présence sur le transect est soit éphémère (nuage de très jeunes recrues) soit, et surtout, celles dont la présence est absolument liée à celle du plongeur (saumonée, carangues...).

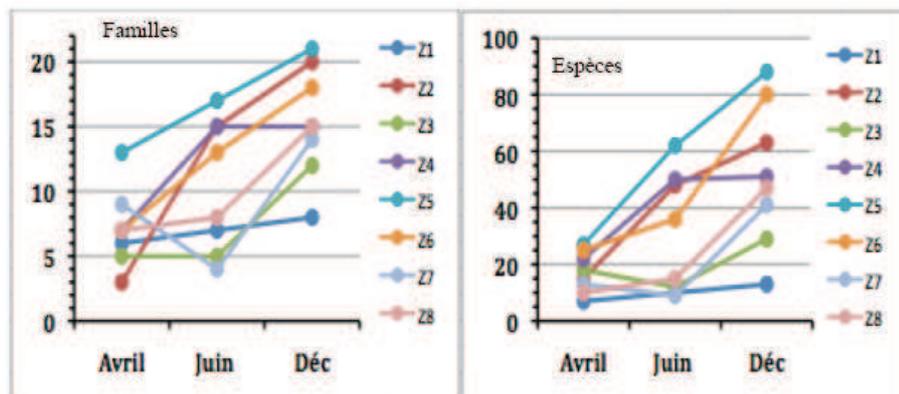
On notera également que, du fait de la méthode, ces deux paramètres, densité et biomasse, sont lourdement influencés par la « contingence du positionnement ». C'est par exemple le cas d'*Anyperodon leucogrammicus* : le même individu (ou un individu identique) participe en juin à la densité totale pour une valeur de 0,05 ind/m² et pour une biomasse de 5,48 g/m² et en décembre simplement parce qu'il s'est placé à un mètre plus loin du transect, sa participation n'est plus que de 0,03 et 1,35 respectivement.

• En avril, la biomasse est dopée par la présence des deux gros Scaridés, par un couple de *Siganus*

puellus et surtout par un *Lethrinus harak* dont la présence sur le transect n'est due qu'à celle du plongeur.

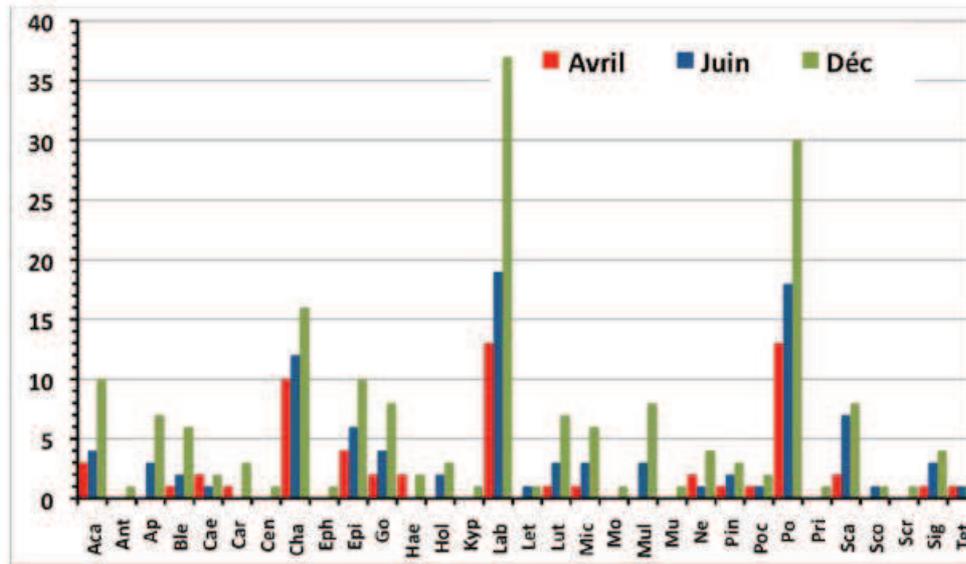
- En juin, la biomasse n'est plus dopée par les Scaridés car c'est l'espèce *Scarus flavipectoralis* qui représente la famille. C'est une petite espèce dont la présence est d'ailleurs habituelle dans une telle zone, contrairement à *S. Ghobban* surtout et à *Chlorurus bleekeri* que nous avons en avril. En revanche, cette fois-ci c'est *Anyperodon leucogrammicus*, espèce curieuse et donc attirée par le plongeur, qui force la biomasse.
- En décembre, un nuage de 200 très petites recrues de *Pomacentrus aurifrons* - dont l'effectif, à brève échéance est destiné à diminuer de manière drastique – dope la densité et la biomasse. C'est le cas également du banc de *Caesio cuning* qui n'est là que parce qu'un plongeur s'y trouve. A elles deux, ces espèces majorent d'un tiers la biomasse.

Figure 6-40 : Evolution du nombre de familles et d'espèces par zone (3 missions 2009)



La comparaison des structures par familles des peuplements observés lors des 3 missions (Fig. 6-41) montre une similitude de composition hautement significative : $\chi^2=31$, ddl=60 soit $P \neq 0,05$.

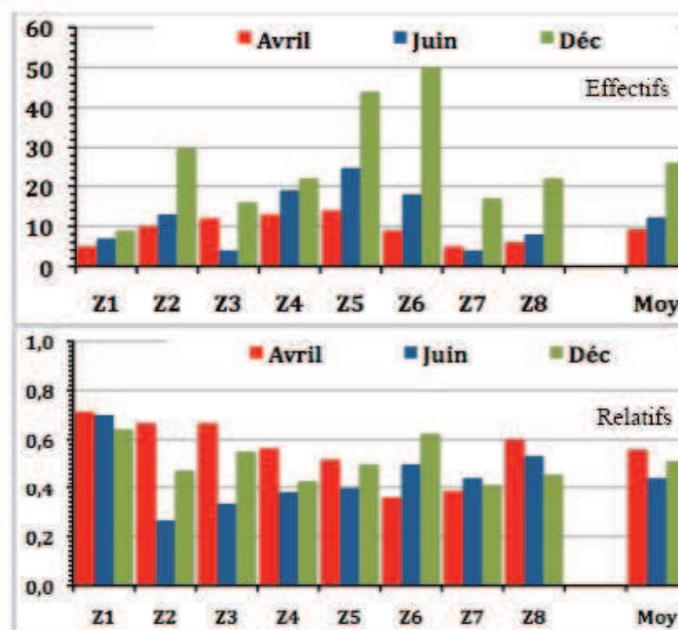
Figure 6-41 : Nombre d'espèces totales observées par famille – toutes zones confondues et au cours des trois missions



Le suivi porte avec précision sur les poissons juvéniles car les zones côtières et particulièrement les zones côtières protégées comme les baies, jouent, dans le fonctionnement du lagon, un rôle important de nursery pour un grand nombre de poissons récifo-lagonaires. L'une des priorités en matière de surveillance de ces milieux doit porter sur la pérennité de ce rôle.

La présence des juvéniles dans le milieu est en relation avec les périodes de ponte. En Nouvelle-Calédonie, 90% des poissons pondent de septembre à février. Le nombre de juvéniles est significativement plus important en décembre qu'il ne le fût en avril et surtout en juin, mais exprimées en pourcentage (relatifs) ces mêmes données ne montrent plus de différence significative (cf. figure 6-42).

Figure 6-42 : Distribution des juvéniles par zone



Effectifs = Nombre d'espèces présentes à l'état de Juvéniles
 Relatifs = Pourcentage d'espèces présentes à l'état de juvéniles par rapport au nombre d'espèces présentes

Le rôle de nurserie demeure donc, mais sur un nombre d'espèces différent.

Remarque :

Présence de cyanobactéries en très faibles proportions (zones 04, 05, 06, 07 et ST02). Cependant une prolifération importante de cyanobactéries en forme de pompon a été constatée en zone 08. Ce phénomène est à surveiller.

Absence des cyanobactéries depuis le mois de juin 2009 en zone 03 (il y avait une prolifération sur tout le haut du platier qui a complétement disparu).

Conclusion

Pour le benthos (et le corail)

- **Le blanchiment corallien a encore diminué et tend maintenant à se stabiliser** (depuis la mission de juin). Une amélioration a été observée sur l'ensemble des stations (baisse du recouvrement des coraux perturbés dans toutes les zones avec cependant une dominance pour les zones d'embouchures). **Ces observations sont en corrélation directe avec les précipitations enregistrées depuis le début d'année 2009.**
- Les récifs de l'ensemble de la baie de Prony ont été influencés selon un gradient d'éloignement aux creeks et rivières. **Désormais les zones les plus perturbées sont les stations témoins** (zones 07 et 08) qui n'ont pas eu d'influence avec l'acide mais également l'embouchure du Creek baie nord (zone 02).
- Quelques colonies coralliennes recolonisées au mois de juin par les zooxanthelles montrent au mois de décembre une légère variation de teinte (teinte moins vive). Ces colonies ont légèrement perdu leur pigmentation (exemple : couleur jaune vif de *Turbinaria reniformis* et *Pocillopora damicornis* au mois de juin et plus terne au mois de décembre). **La santé du récif n'est pas remise en cause par ce phénomène : au mois de juin les zooxanthelles étaient fraîchement réintégréées** dans les tissus des coraux et il se peut qu'au fur et à mesure du temps leur pigmentation s'atténue sensiblement
- **Les coraux scléactiniaires de l'embouchure du Creek baie nord, influencés par le blanchiment , ont dorénavant un recouvrement corallien qui s'inscrit dans les valeurs similaires (voir même légèrement inférieur) aux autres zones d'embouchures (zones témoins).** Ce qui pourrait supposer que l'acide aurait pu avoir un effet notable sur les communautés coralliennes durant le mois d'avril (date de l'accident) mais aussi que les coraux scléactiniaires ont une incroyable résilience et que les récifs se rétablissent au fur et à mesure avec le temps.
- **Les dégradations récifales observées sont relativement faibles et ponctuelles** et concernent principalement les zones d'embouchures de rivière (zones 02, 06, 07 et 08). Le taux de mortalité corallien est compris entre 2 et 5%. Il est légèrement supérieur pour la zone 08 qui est une zone témoins (5%) tout en restant très localisé (prolifération de cyanobactéries et débris coralliens mais cette station est aussi une zone de mouillage reconnue). Le pourcentage de coraux morts reste dans des proportions relativement faibles pour les autres zones (2 à 3%).

Pour les communautés ichthyologiques

La faune ichthyologique de la baie de Prony n'apparaît pas perturbée. Sa diversité spécifique varie spatialement en fonction de la couverture corallienne et dans le temps avec les saisons. L'accroissement considérable de la biodiversité α en décembre (donc en été) est normal. Les espèces sont plus actives quand les eaux sont plus chaudes.

L'étude de la diversité des zones échantillonnées montre qu'il y a eu très certainement une perturbation de la faune ichthyologique, mais que cette perturbation fut générale dans toute la baie. Cette perturbation n'a donc pas été plus forte près du Creek baie nord qu'elle ne le fut à l'Ilot Gabriel (Z05), au sud du port (Z07) ou encore dans la baie du carénage (Z08) qui sont 3 zones n'ayant pas perçu les effets du creek .. Ceci prêche donc plus pour une perturbation d'origine

naturelle, comme l'abondance des précipitations, que pour une perturbation locale et d'origine anthropique.

Le rôle de nurserie dévolu classiquement à ce genre de biotope (fond de baie, estuaire) n'a pas été affecté. Un très grand nombre d'espèces rencontrées sont à l'état de juvéniles. C'était déjà le cas en avril et juin et leur nombre c'est encore accru en décembre.

Tous les régimes alimentaires sont représentés. Il y a une majorité de benthophages et d'herbivores, ce qui est normal pour une zone côtière et plus encore pour un fond de baie. On notera également un grand nombre de planctonophages : non seulement les petites espèces classiques comme la plupart des Pomacentridae, mais également de plus grosses dont certaines sont nomades comme les Caesionidae ou certains Acanthuridae. De nombreuses espèces corallivores exclusives ou en partie corallivores, sont toujours présentes sur le site corroborant ainsi la présence de coraux vivants en grand nombre.

Le nombre de poissons nomades s'est accru, notamment des Carangues.

La présence de poissons adultes sédentaires liés au fond comme les Gobies, les Blennies, les Pinguipéidés... ou inféodés à la tranche d'eau comme les Pomacentridae est toujours observée, montrant que ce milieu n'a pas été détruit ni gravement perturbé.

Ainsi, au regard de la faune ichthyologique, rien ne permet de penser que l'acide sulfurique déversé dans le Creek baie nord ait pu se retrouver actif dans l'environnement marin de la baie.

Les perturbations observées au cours des précédentes missions et pour lesquelles l'origine était incertaine : accident d'acide vs abondance des précipitations, sont, quoi qu'il soit, effacées.

Photographies explicites de la mission de suivi n°3 :



COLONIE 01		
Position sur le transect	0.3 / 0.2 G	
Nom	<i>Stylophora pistillata</i> (Pocilloporidae)	
Diamètre	30 cm	
	Etat Avril 2009	Etat Juin 2009
Blanc et vivant	Normal	Normal
		
		

7. Milieu marin – Sédiments

7.1. Programme d'évaluation

Une analyse des sédiments marins de la zone de forte sédimentation qui fait face au Creek de la Baie Nord a eu lieu sur les 5 stations d'évaluation des paramètres physico-chimiques décrites au dessus.

Les mesures portent sur les listes d'éléments et de paramètres suivants :

- Analyse chimique des métaux ;
- Présence de matière organique.

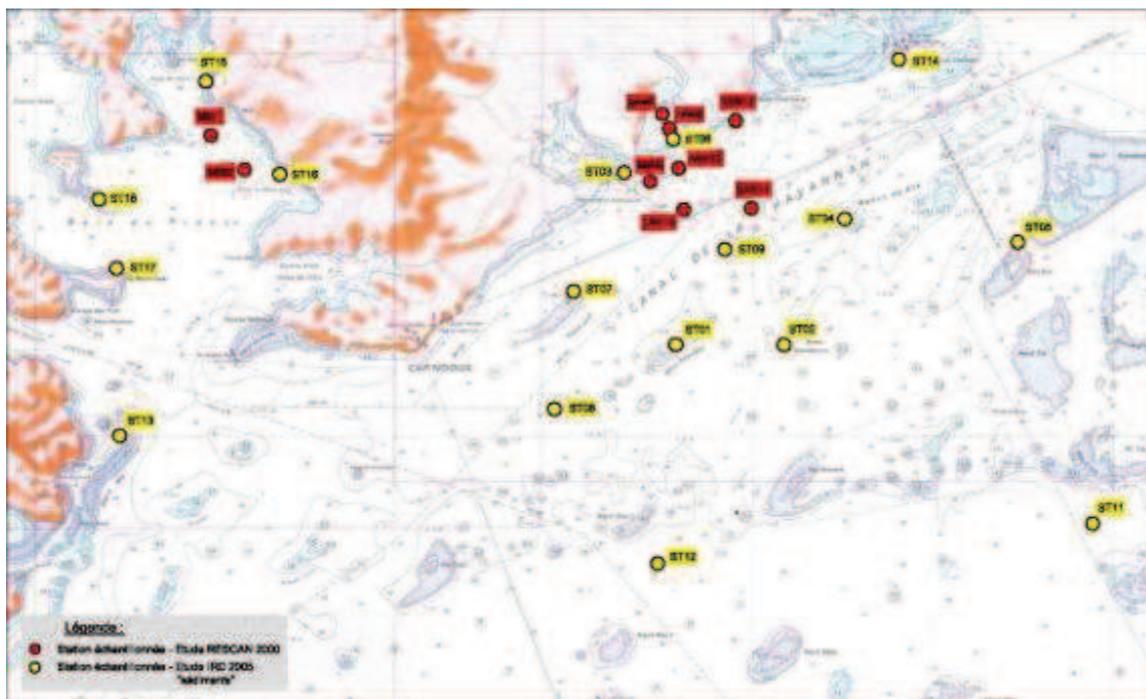
L'échantillonnage des sédiments est effectué par l'IRD le 9 avril 2009. La méthodologie est celle qui a été validée pour le suivi du milieu marin dans l'arrêté ICPE du 9 octobre 2009. Un audit sur les méthodologies et analyses est effectué par le bureau VERITAS, mandaté par Vale Inco Nouvelle-Calédonie.

Compte tenu du caractère improbable d'impact sur ce milieu aucune redondance de prélèvement ni d'analyse n'est pour l'instant prévue. Si la moindre anomalie était détectée le principe de doublement des prélèvements et des analyses serait mis en place lors d'une deuxième campagne dans la foulée des résultats de la première.

7.2. Valeurs de référence

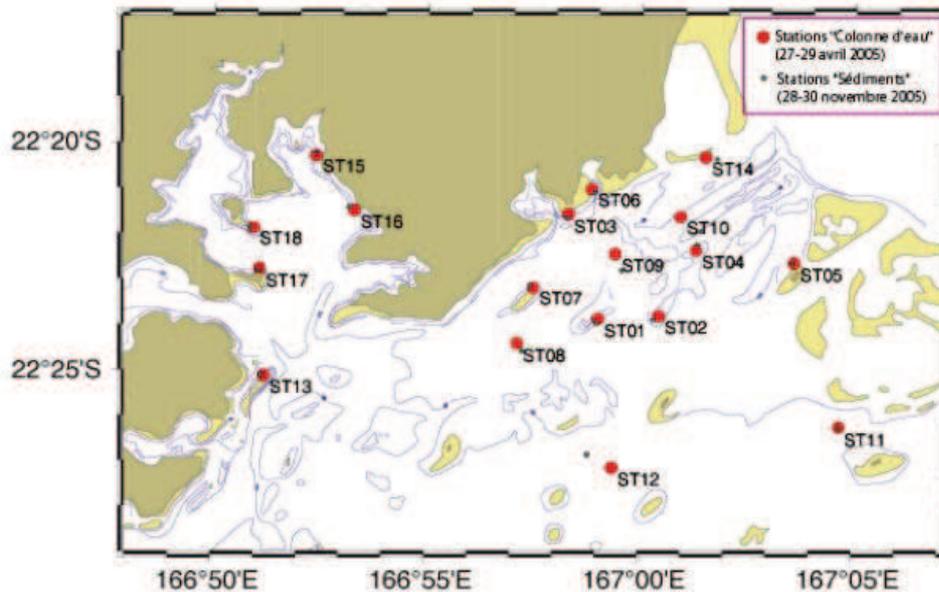
- Rescan 2000, *Supplemental Baseline Technical report : Marine Environment.* ;
- IRD, *Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux et niveaux de concentration des métaux dans les sédiments, février 2006. La campagne de prélèvement correspondant à cette étude a été effectuée en novembre 2005.*
-

Figure 7-1 : Stations de prélèvement des sédiments (campagnes de : Rescan 2000 et l'IRD 2006)



Et stations de référence IRD 2005

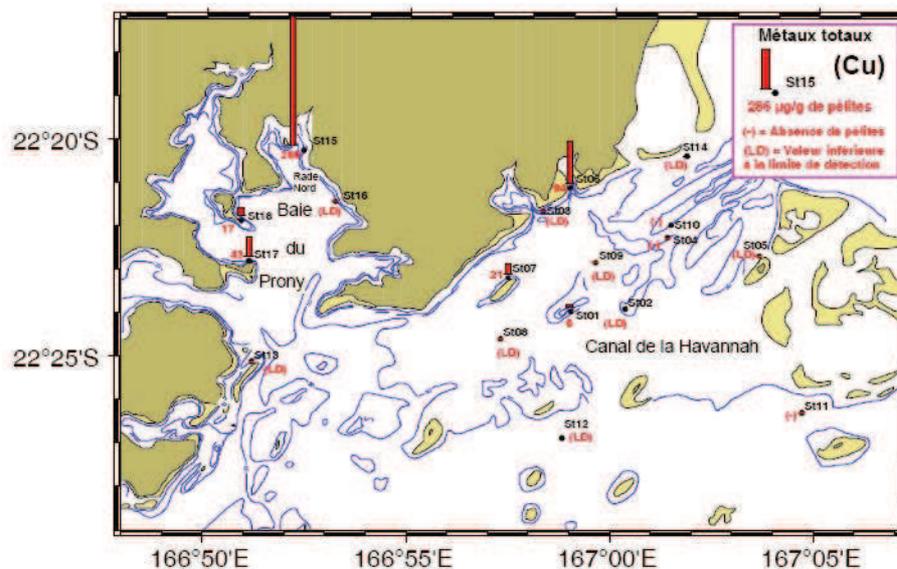
Figure 7-2 : Stations de prélèvement des sédiments (campagne IRD 2005)

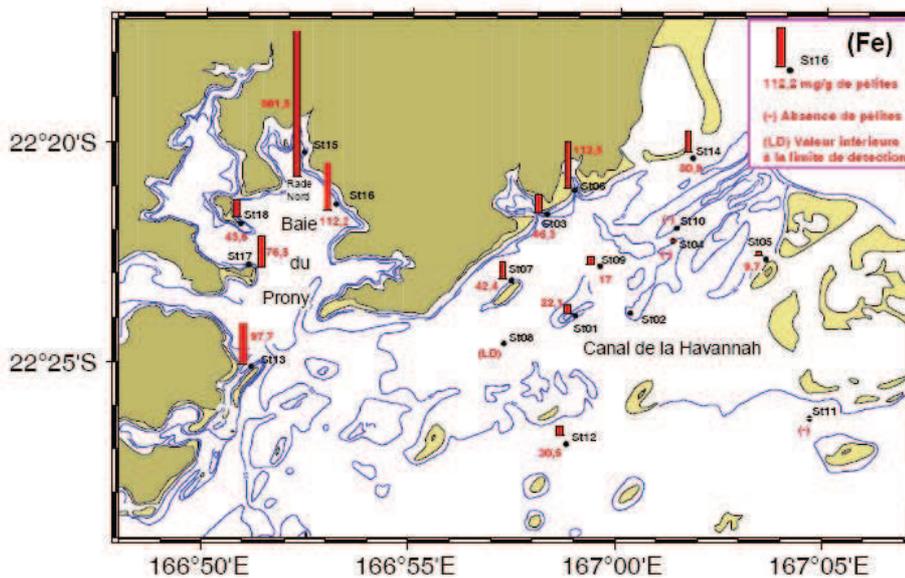
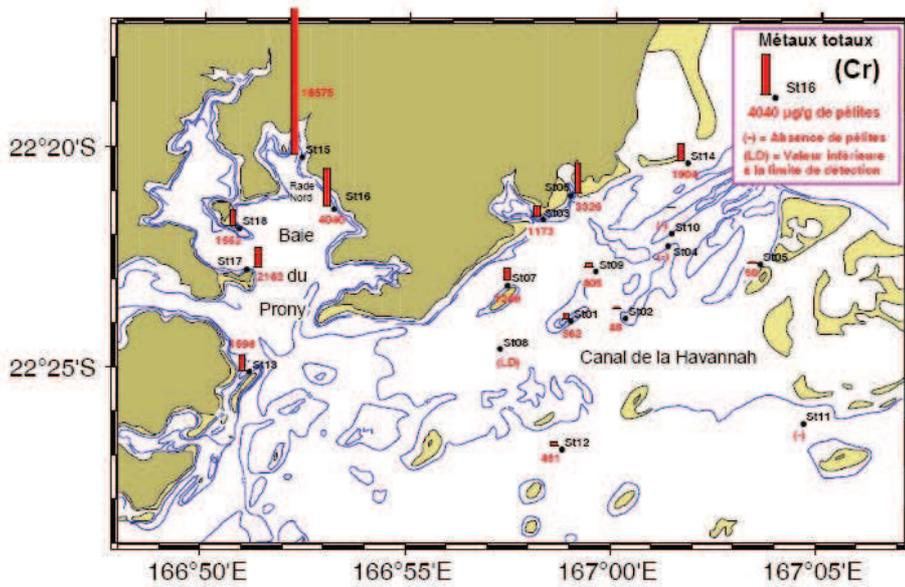
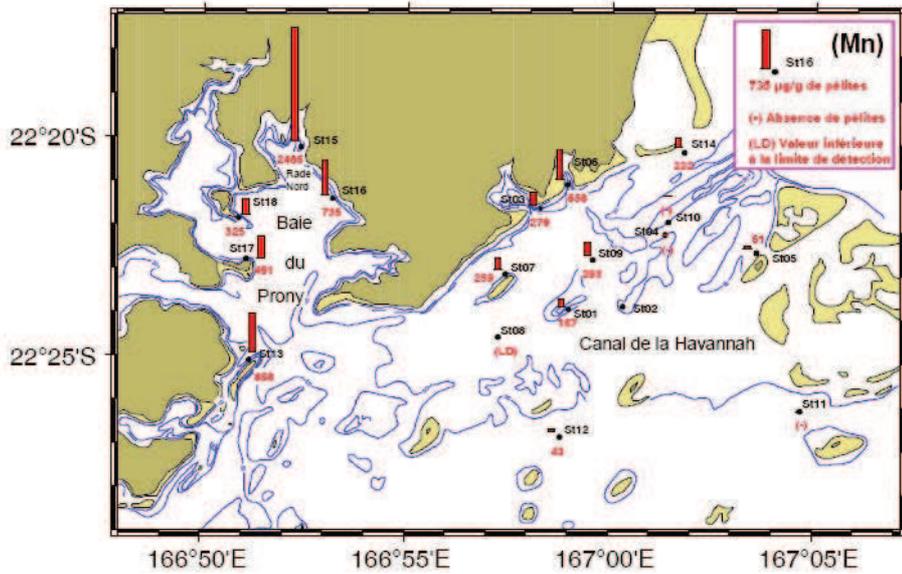


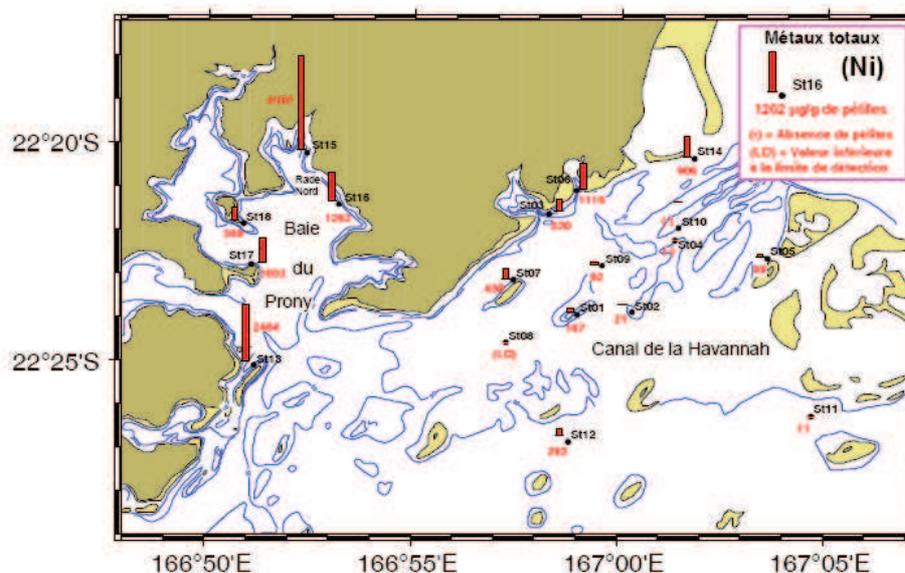
De manière générale les concentrations en arsenic, chrome, cobalt, cuivre et nickel sont élevées notamment dans les zones où les apports terrigènes sont les plus importants (baie, et embouchure de rivière).

La Figure représente la distribution spatiale du manganèse en avril 2005 dans les pélites (particules fines inférieures à 40 μm) de la zone d'étude. Cette distribution spatiale est similaire pour le cobalt, le cuivre, le chrome, le fer et le nickel.

Figure 7-3 : Distribution spatiale type des métaux dans les pélites des sédiments de surface – cas du manganèse total (IRD, février 2006) et d'autres métaux : Cu, Cr, Fer et Ni.







Dans la baie de Prony les concentrations augmentent considérablement, les valeurs les plus élevées étant enregistrées en St15 dans la rade Nord et proche de l'embouchure du Creek de la Baie Nord pour ces études d'état des lieux.

La comparaison des concentrations en métaux totaux dans les sédiments bruts avec les valeurs guides montrent les points suivants :

Pour la baie de Prony : les concentrations maximales enregistrées en As, Cr, Cu et Ni sont supérieures aux valeurs guides publiées par l'ANZECC pour les sédiments. Les concentrations maximales enregistrées en As et en Cu sont également supérieures à la VCI usage sensible alors que les concentrations maximales en Cr et en Ni sont supérieures à la VCI pour un usage non sensible. Les plus fortes valeurs en métaux ont été mesurées sur la station St15 dans la rade Nord et à proximité de l'embouchure du Creek de la Baie Nord. Sur cette station la concentration en cobalt est également supérieure à la VDSS,

D'autre part, les concentrations maximales en chrome et cuivre enregistrées dans la baie de Prony sont nettement supérieures aux concentrations mesurées dans la baie d'Ué (point de référence). Il en est de même pour les concentrations en chrome, cobalt et manganèse détectées en baie de Kwé.

En conclusion, les apports terrigènes constituent une réserve d'éléments métalliques qui avec le temps peuvent être redistribués sous des formes géochimiques diverses, d'abord dissoutes avant de se recombinaison avec les phases particulières.

7.3. Valeurs obtenues après la fuite d'acide dans le creek

Au niveau des sédiments et des eaux interstitielles analysées suite à l'accident d'acide les résultats complets sont dans le rapport IRD définitif (31/08/09) qui est placé en annexe de ce document.

Seules les conclusions sont rappelées dans ce chapitre dans les figures explicatives suivantes.

Figure 7-4 : Evolution spatiale des concentrations en Co, Mn, Ni et Cr dans les eaux interstitielles des sédiments des stations ST15, ST151, ST152, ST153 et ST154

Eaux interstitielles

Les eaux interstitielles des sédiments prélevés aux stations St15, St151, St152, St153 et St154 ont été extraites et leurs contenus en métaux (Co, Ni, Mn et Zn) ont été analysés. Les résultats sont présentés dans la figure 16 et l'annexe 5. Pour de raisons techniques les échantillons des 2 campagnes de prélèvement ont été regroupés.

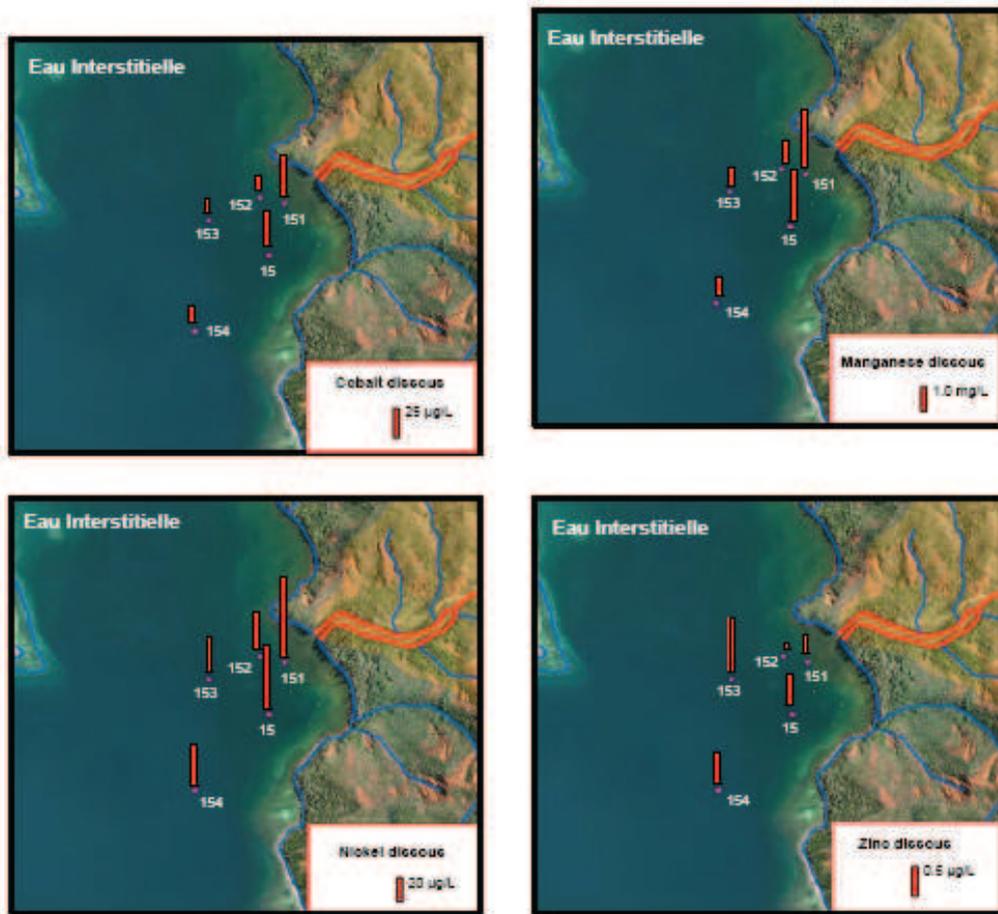


Figure 7-5 : Evolution spatiale des concentrations en Co, Mn, Ni et Cr

dans les phases géochimiques constitutives des sédiments des stations ST15, ST151, ST152, ST153 et ST154 (MO=phase organique ; Carb = phase carbonatée ; Ox = phase hydroxydée)

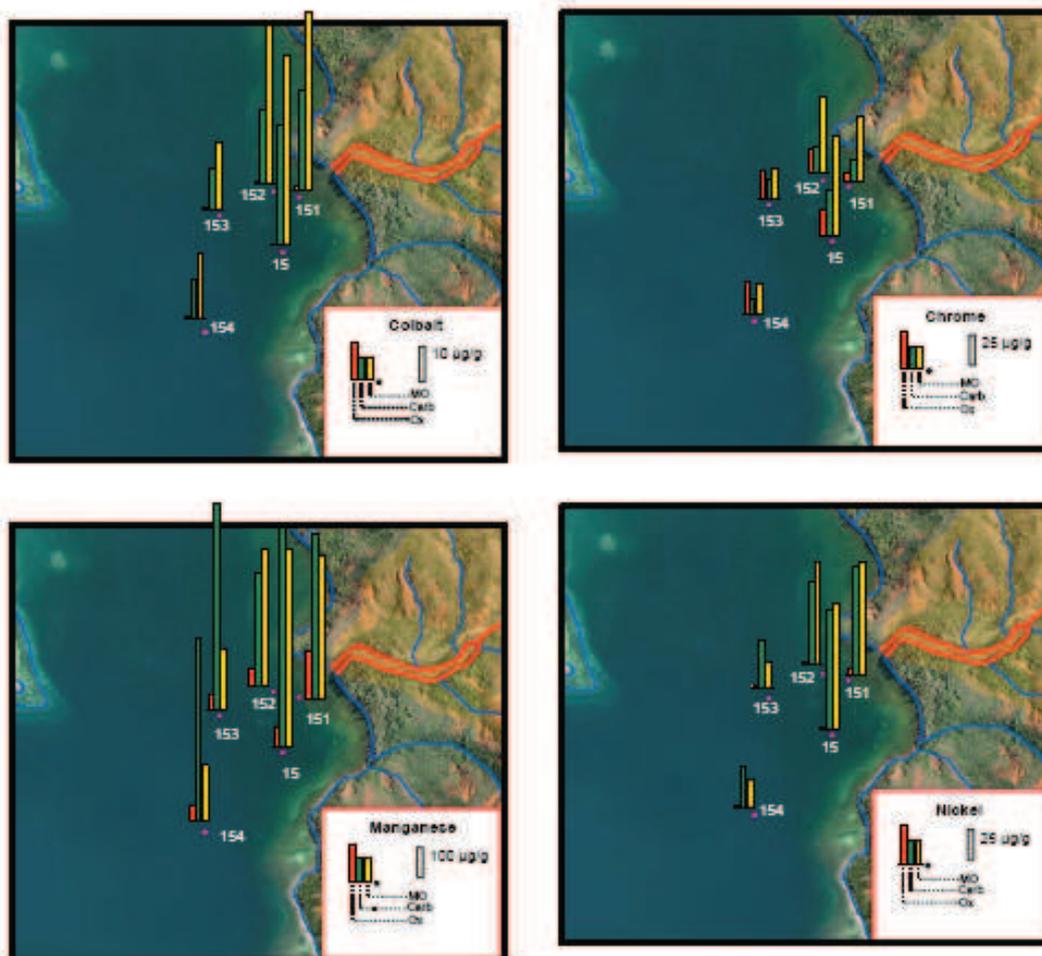


Figure 17 : Evolution spatiale des concentrations en Co, Cr, Mn et Ni dans les phases géochimiques constitutives des sédiments des stations St15, St151, St152, St153 et St154 (MO = phase organique ; Carb = phase carbonatée ; Ox = phase hydroxydée).

Conclusions :

Les teneurs en métaux dans les fractions résiduelles des sédiments permettent de constater que la nature des apports terrigènes n'a pas évolué dans le temps. Toutefois, les enrichissements en métaux labiles liés aux oxy-hydroxydes, aux carbonates et à la matière organique démontrent qu'un changement qualitatif s'est produit récemment par rapport aux valeurs obtenues en 2005. Ce changement ne semble pas devoir être attribué au récent rejet accidentel d'acide compte tenu de la surface impliquée, mais plutôt être la conséquence de l'accident sédimentaire de mars 2006 (Convention IRD/Goro Nickel 1229, 2006 : « Etude des apports sédimentaires à l'embouchure du CRN (baie de Prony) »).

Il ne semble pas y avoir eu d'impact au niveau des sédiments et la nature des apports terrigènes n'a pas évolué dans le temps. Plus que l'accident d'acide, ce sont les apports sédimentaires notamment de 2006 qui ont influencé ce milieu.

7.4. *Qualification et quantification de l'impact*

La nature des apports terrigènes influence les milieux sédimentaires proches de l'embouchure des creeks ; ces apports constituent une réserve d'éléments métalliques qui avec le temps peuvent être redistribués sous des formes géochimiques diverses.

L'accident dû à la fuite d'acide, avec retour à la normale du pH dans le creek en moins de 20 heures, n' a pas modifié la nature des sédiments marins.

8. Milieu marin - Bio indicateurs : bivalves et algues

8.1. Programme d'évaluation

Les algues brunes *Lobophora variegata* sont omniprésentes dans la zone d'étude et elles ont la propriété d'incorporer les métaux dissous.

De plus les bécotiers et autres bivalves sont des mollusques filtreurs, ils sont considérés comme bio-accumulateurs. Chez les mollusques, l'accumulation biologique des métaux peut se faire à partir de trois sources : l'eau, la nourriture et le sédiment. Le transfert des métaux du milieu aux organismes se fait par filtration et dépend des concentrations présentes dans ces différentes sources. Ces algues et les bivalves sont donc des bio indicateurs intéressants.

Une analyse des taxons bio-indicateurs présents dans la zone de forte sédimentation qui fait face au Creek de la Baie Nord aura lieu. Elle porte sur les deux taxons suivants :

- *Isognomon isognomon* (Bivalve)
- *Lobophora variegata* (algue brune)

Le prélèvement est effectué par Aqua Terra les 7 et 8 avril 2009. Les analyses des métaux seront effectuées par l'IRD ou un laboratoire de son choix sous la responsabilité de M. Jean-Michel Fernandez. Les sites de prélèvement de ces organismes marins pour analyses de leur chair sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 8-1 : Stations de prélèvements d'échantillons de Bivalves et d'algues brunes pour analyses de leur chair

Station	Positions (WGS 84)	Prof. (m)	Description	Echantillons
43	22°19,882 166°52,588	4	zone 2 - Nord embouchure Creek Baie Nord (zone corallienne)	<i>Lobophora</i>
45	22°19,6736 166°52,5666	4	Zone 4 - Proche d'un cap et creek au nord (zone corallienne)	<i>Lobophora</i> <i>Isognomon</i>
51	22°19,9590 166°52,1557	4	Zone 5- Tombant ilot Gabriel (zone corallienne)	<i>Lobophora</i>
54	22°20,0694 166°52,6860	3	Zone 6- Sud embouchure creek baie Nord (zone corallienne)	<i>Lobophora</i>
57	22°19,8709 166°52,5110	12	zone 2 - Nord embouchure Creek Baie Nord - (zone corallienne)	<i>Isognomon</i>
59	22°21,4616 166°53,7765	5	Zone 7 - embouchure creek vers le port (zone corallienne)	<i>Lobophora</i>
60	22°18,8180 166°50,4884	4	Zone 8 - embouchure du carenage (zone corallienne)	<i>Isognomon</i> (<i>Lobophora</i>)
62	22°20,3270 166°52,6138	3	Zone 6- (zone corallienne) proche transect2	<i>Lobophora</i>

Compte tenu du caractère très improbable d'impact sur ce milieu aucune redondance de prélèvement ni d'analyse n'est pour l'instant prévue. Si la moindre anomalie était détectée le principe de doublement des prélèvements et des analyses serait mis en place lors d'une deuxième campagne dans la foulée des résultats de la première.

8.2. Valeurs de référence

Les résultats complets sont dans le rapport final de l'IRD placé en annexe de ce document.

Aucune étude de référence relative aux niveaux de concentrations et à leur variabilité géographique n'ayant été réalisée dans cette zone avant l'accident, il est extrêmement difficile de pouvoir conclure avec certitude sur l'impact réel du rejet d'acide sulfurique sur la bioaccumulation des métaux. Cependant, une récente étude de transplantation de cette espèce en baie de Boulari a permis de montrer que l'augmentation des concentrations en métaux chez les algues transplantées était linéaire et atteignait les mêmes niveaux de concentrations que chez la population résidente après, au minimum, un mois d'exposition. L'augmentation journalière des concentrations dans les algues était alors de 0,5 µg/g pour Co, de 2,3 µg/g pour Cr, de 7,2 µg/g pour Mn et de 3,4 µg/g pour Ni (Hédouin *et al.*, 2008).

8.3. Valeurs obtenues après l'incident

Des macroalgues brunes *Lobophora variegata* et des bivalves *Isognomon isognomon* ont été récoltés en plongée sous-marine sur un total de huit stations puis stockés dans de l'eau de mer du site jusqu'au retour au laboratoire (deux ou trois jours après la récolte). Chaque algue a ensuite été soigneusement brossée et rincée afin d'éliminer les sédiments adhérents, puis transférée dans un sachet unique pour chaque station. Les bivalves ont été mesurés et disséqués afin d'extraire les chairs molles entières.

Les concentrations en Co, Cr, Mn, Ni et Zn mesurées dans la macro-algue brune *Lobophora variegata* récoltée sur différentes stations dans la Baie de Prony et la Rade du Nord révèlent l'existence d'apports en métaux dissous biodisponibles d'origine

terrigène sans rapport immédiat avec l'accident. Les concentrations observées dans les macro-algues sont caractéristiques des milieux sous influence terrigène et ne sont donc pas exceptionnellement élevées pour ce type de milieu.

Les constantes d'accumulation connues chez cette espèce, les niveaux de concentrations mesurés dans notre étude, ainsi que la brève durée d'exposition des algues aux rejets acides (maximum 7 jours), suggèrent que les fortes concentrations en métaux observées dans les algues, notamment à la station 43, reflètent majoritairement l'impact des apports terrigènes chroniques plutôt qu'une contamination résultant du rejet accidentel d'acide dans le milieu.

8.4. Qualification et quantification de l'impact

Les résultats d'analyse des métaux sur les chairs des bivalves *Isognomon isognomon* ne permettent pas plus de conclure sur les effets d'un panache constitué d'éléments métalliques solubilisés par le front acide ; les fortes concentrations mesurées proviennent plus probablement des apports chroniques naturels.

9. Simulation hydrodynamique et dispersion du panache

Les simulations de dispersion du panache accidentel ont été conduites à partir du modèle MARS-3D implémenté dans le secteur sud du lagon de Nouvelle-Calédonie et validé pour l'étude : « Comportement, dispersion et effets biologiques des effluents industriels de Goro-Nickel ». Cette étude intègre la Baie de Prony.

Le modèle est basé sur une grille de calcul de 540m, raffinée à 180m dans tout le secteur. Cette dernière grille, bien qu'elle ne soit pas totalement adaptée pour les calculs appliqués à un secteur restreint aux dimensions de la Rade du Nord en Baie du Prony, permet néanmoins de modéliser les courants et de simuler approximativement la dilution du panache issu du Creek de la Baie Nord.

Le seul paramètre forçant a été la marée, l'action du vent en surface n'ayant pas été prise en compte en raisons principalement d'une part du manque de séries temporelles fiables et d'autres part d'imprécisions du modèle WRF dans ce secteur de la Baie du Prony.

La Figure 9-2 donne l'état des courants au moment de l'arrivée présumée du panache acide à l'estuaire du Creek de la Baie Nord. La Figure 9-3 quant à elle présente le *marégramme* du 1er avril 2009 et le moment des événements dus à la fuite d'acide en fonction de la marée.

Figure 9-1 : Carte des courants en Rade du Nord (Baie du Prony) le 01/04/09 à 18h30 (heure à laquelle la baisse de pH du à la fuite d'acide dans le creek a atteint l'embouchure)

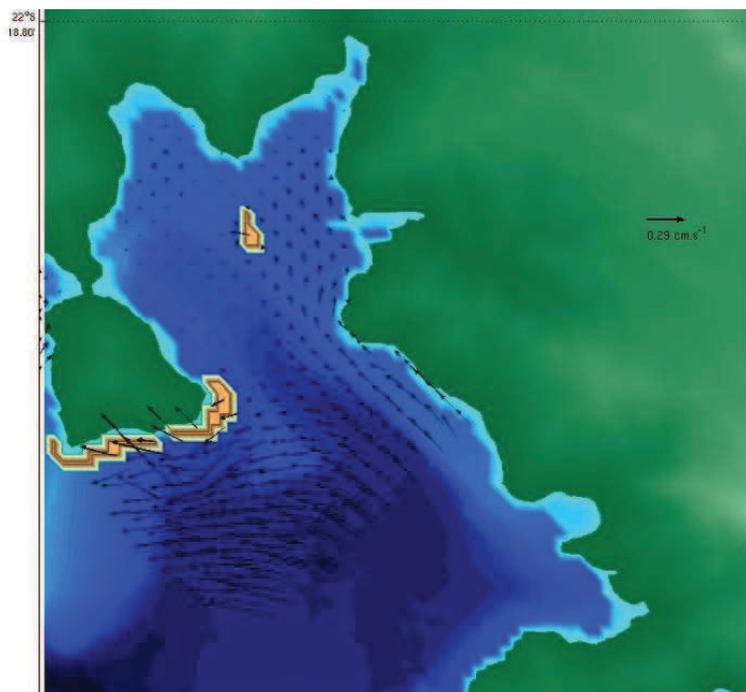
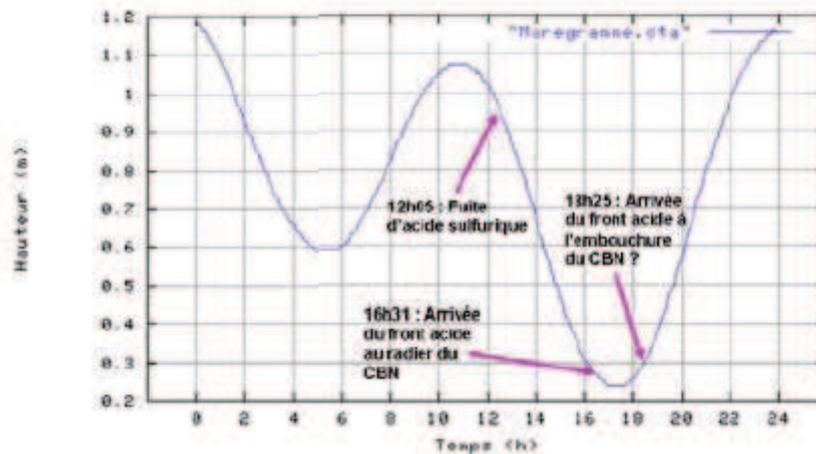


Figure 9-2 : Fuite d'acide - Chronologie en fonction de la marée



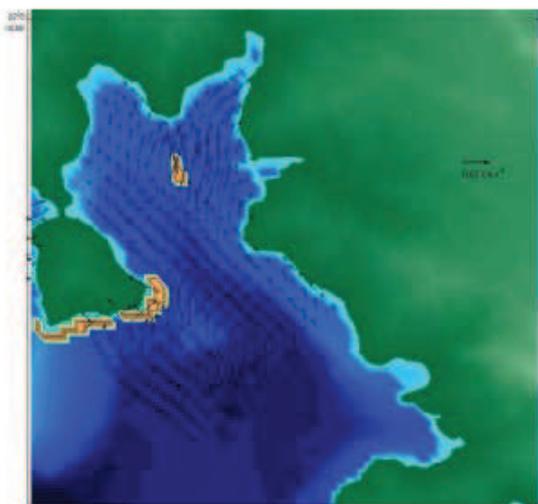
Les résultats de cette simulation

En ce qui concerne l'hydrodynamique, la modélisation qui a été conduite ne tient pas compte des effets mécaniques du vent dans cette première approche de l'étude.

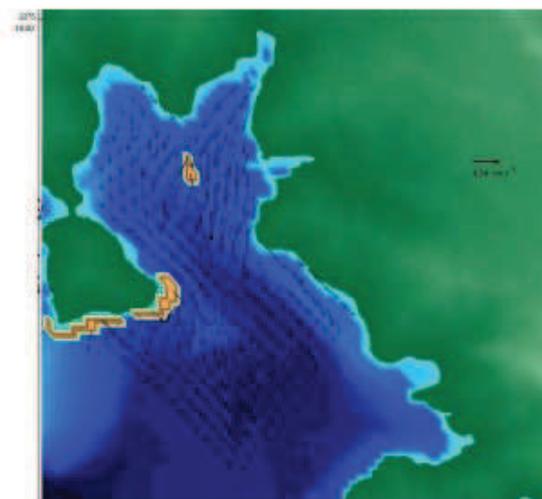
Le paramètre « vent » est cependant probablement important en particulier pour les couches de surfaces dans un secteur (Rade Nord) où les courants de surface sont faibles.

Les figures suivantes montrent les vitesses moyennes de courants aux maxima des marées montantes et descendantes pour la période d'études. Les calculs mettent en évidence la faiblesse des vitesses qui demeurent toujours inférieures au cm/s quelque soit la force de la marée (vives ou mortes eaux) (1cm/s = 0,02 nautical miles).

Figure 9-3 : Vitesses moyennes des courants aux maxima des marées montantes et descendantes pour la période d'étude de l'IRD



Carte des courants maximum de marée montante.



Carte des courants maximum de marée descendante.

Les paramètres nécessaires à une simulation simplifiée ont été les suivants:

- Débit de du Creek de la Baie Nord égal à 0.85 m³/s ;
- Charge à 100 µg/L en nickel ;
- Concentration du milieu à l'état naturel égale à 0.5 µg/L ;

- Injection du « front métallique » dans le système le 01/04/09 à 18h30
- Durée de l'injection égale à 12 heures (Valeur déduite du suivi du pH effectué au niveau du radier du CBN).

Le modèle suggère que le front métallique se dilue tout en se déplaçant vers le Nord (Fond de la Rade du Nord.)

Les figures 9-4 à 9-7 montrent, en fonction du temps (jour et heure), la dispersion du front de métaux dissous libérés par le passage de la vague acide, dans la couche d'eau de surface, afin d'obtenir une visualisation (simulée) du panache venue du creek de la baie Nord après la fuite d'acide du 1 avril 09.

Les résultats complets sont dans le document final de l'IRD, il est placé en intégralité en annexe de ce document.

Figure 9-4 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (simulation pour le 02 avril 09/ 12h. Les ronds évidés représentent les stations de prélèvement)

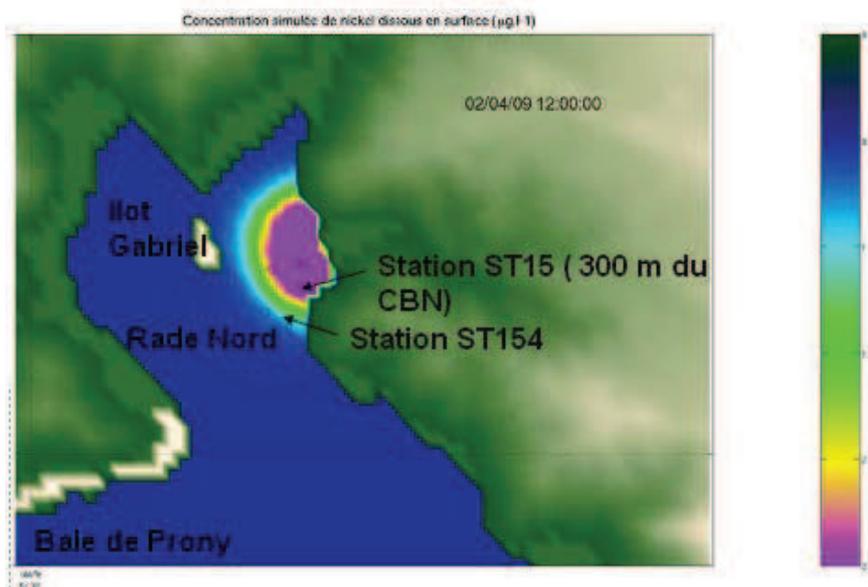


Figure 9-5 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (Simulation pour le 04 avril 09/ 12h)

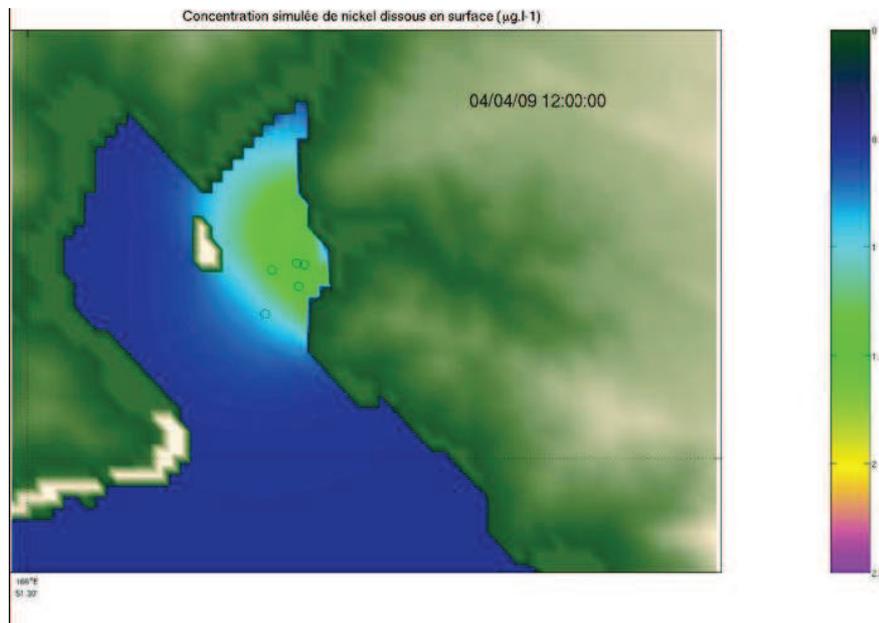


Figure 9-6 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (simulation pour le 10 avril 09/ 12h)

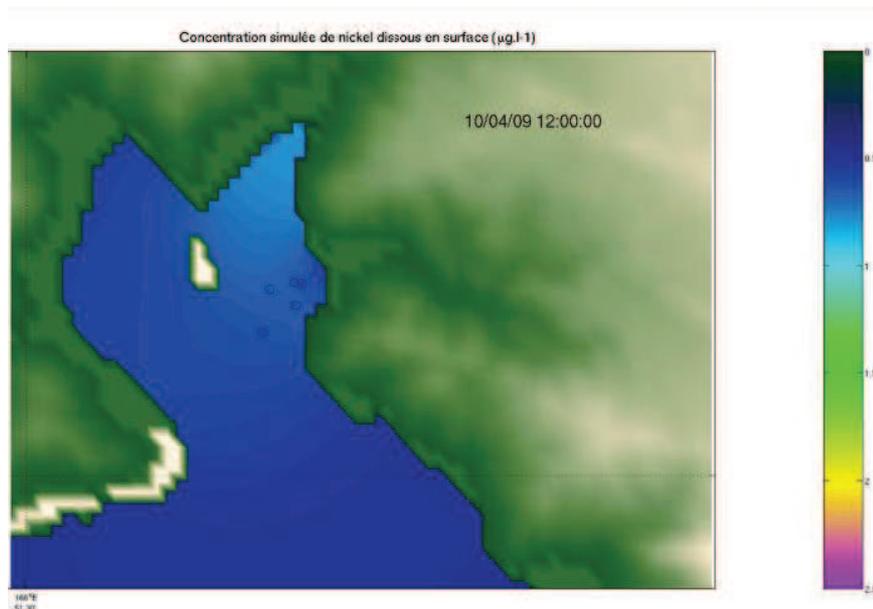
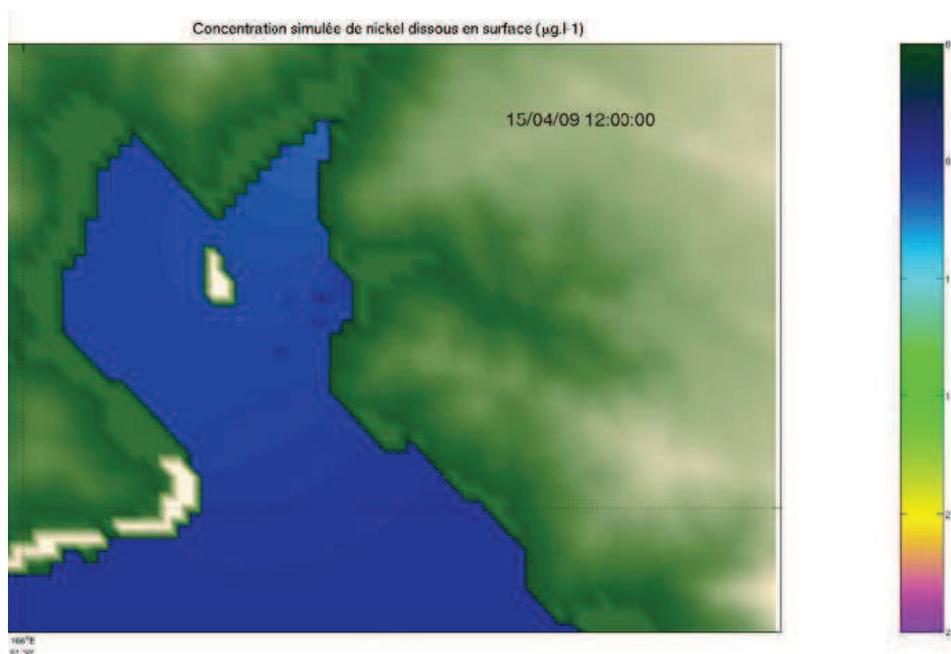


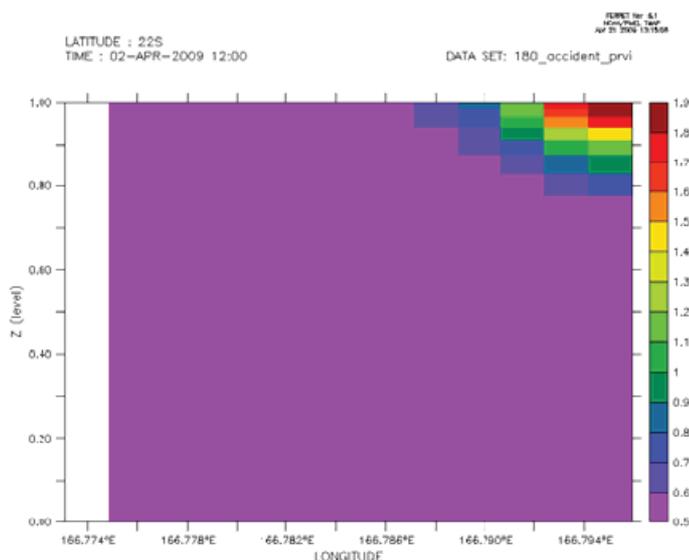
Figure 9-7 : Dispersion du front de métaux dissous dans la couche d'eau de surface (Simulation pour le 15 avril 09/ 12h)



A l'issue des simulations, une coupe transversale a également été réalisée pour suivre la pénétration du front métallique dissous dans la colonne d'eau. Les résultats de calculs et les mesures sont ici aussi en bonne concordance.

La figure suivante présente une coupe transversale dans le cadre de la simulation de la dispersion du panache.

Figure 9-8 : Coupe transversale dans le cadre de la simulation de la dispersion du panache (le 02 avril 09 / 12 h)



9.1. Conclusions

Le modèle suggère que le panache métallique se dilue tout en se déplaçant vers le nord (Fond de la Rade du Nord), c'est-à-dire en direction de l'embouchure de la rivière Kadji. Cette rivière est elle aussi une source de métaux, dont le nickel, cependant celle-ci n'est pas prise en compte dans la modélisation simplifiée. Cette simulation n'a pour autre objectif que de rendre compte des phénomènes de dilution du panache constitué par les éléments métalliques lixiviés issus du CRN.

10. Paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau

*Analyse du pH, ions majeurs, sels nutritifs et des métaux dissous dans l'eau de mer.
Le rapport complet est en annexe de ce document*

10.1. Programme d'évaluation

Suite à la fuite d'acide dans le creek de la baie Nord, Vale Inco Nouvelle-Calédonie a demandé une évaluation de la qualité de l'eau de mer (en surface et en profondeur) à l'embouchure du creek à l'IRD qui est le intervenant du territoire pouvant effectuer une mission de terrain rapidement et effectuer les analyses chimiques (en eau de mer) qui en découlent, le bureau Veritas a par la suite conduit un audit sur les méthodes d'échantillonnage et d'analyses.

La mission a eu lieu le 4 avril et deux autres missions ont suivi afin d'analyser l'évolution temporelle de l'éventuelle pollution marine, soit les 10 et 15 avril 2009.

Les méthodologies sont détaillées dans le rapport complet qui est en annexe de ce document. La position des points de prélèvement est indiquée dans le tableau ci-dessous et la figure accompagnatrice.

Tableau 10-1 : Stations de prélèvement

Tableau 1 : Missions du 04, 10 et 15 avril 2009. Liste, localisation et profondeur des stations de prélèvements (système WGS84).

Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)
St15	166° 52,590	-22° 20,037	27
St151	166° 52,618	-22° 19,941	14
St152	166° 52,582	-22° 19,934	18
St153	166° 52,464	-22° 19,965	35
St154	166° 52,431	-22° 20,158	34

Figure 10-1 : Position des ces stations



10.2. Valeurs de référence

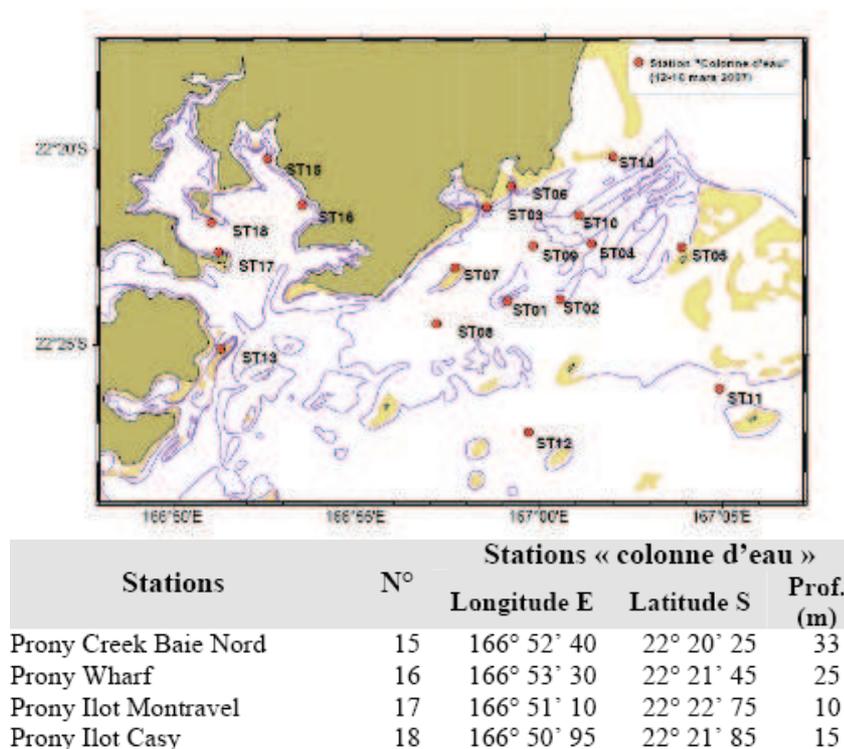
La définition de l'état de référence de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau marine a été initiée dès 2000 ; elle s'est poursuivie jusqu'en 2007.

Les références ont été établies et synthétisées par l'IRD, elles sont disponibles dans le dossier ICPE de l'usine en ligne sur Internet (Caractérisation de l'environnement, volume III, Chapitre 5, rapports complets en annexes : III, A- 4.) et dans les rapports annuels fournis aux administrations.

En baie de Prony les stations de référence sont indiquées sur la carte suivante, il s'agit des stations ST15, la plus proche de l'embouchure du creek de la baie Nord (300m), ST16, ST17 et ST 18.

La Figure 10-2 montre ces stations de référence pour l'étude des lieux.

Figure 10-2 : Les stations d'étude de la qualité physico-chimique des eaux de mer et leur position pour les stations en baie de Prony



Le rapport 2008 indique en conclusion :

Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous (4-8 aout 2008) IRD Nouméa. Fernandez JM ; Moreton B ; Gérard P ; Dolbecq M et Belhandouz A. Dec 2008.

La distribution des éléments métalliques dissous tels que Co, Mn, Ni, Zn (et dans une moindre mesure CrVI) possèdent des caractéristiques très différentes. En effet, les concentrations montrent des variations spatiales qui peuvent être importantes. Ainsi, il est possible de distinguer :

- **Une diminution globale des concentrations en direction du large.** Ce gradient de concentration est, bien sûr, à relier à l'influence des apports terrigène et sa diminution au fur et mesure que l'on s'éloigne du rivage.
- **La singularisation de la Baie du Prony où les concentrations en métaux sont bien plus élevées** que dans le Canal de la Havannah. Cette zonation avait déjà été mise en évidence en saisons sèche et humide. Ainsi pour le manganèse et le nickel, les concentrations sont respectivement de l'ordre de 0,26 et 0,33 µg/L dans la Baie du Prony et de 0,12 et 0,14 µg/L dans le Canal de la Havannah.

Le Tableau 10-2 suivant montre l'évolution des concentrations en 4 métaux dissous en baie de Prony entre 2007 et 2008.

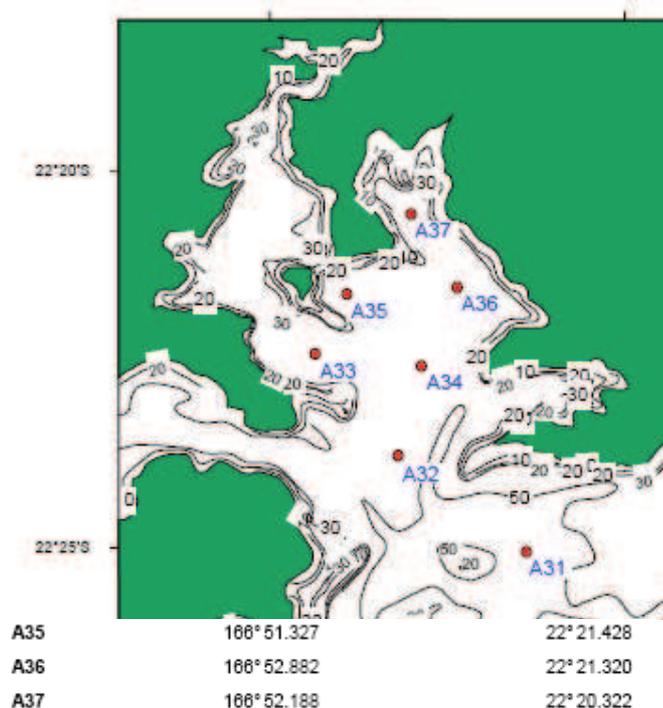
Tableau 10-2 : Evolution temporelle des concentrations en métaux dissous pour les périodes 2007 et 2008 dans l'ensemble de la Baie de Prony

	Année	Co (µg/L)		Ni (µg/L)		Zn (µg/L)		Mn (µg/L)	
		07	08	07	08	07	08	07	08
Baie du Prony	Min	0.024	0.032	0.21	0.26	0.60	0.23	0.17	0.20
	Max	0.082	0.073	0.54	0.50	1.29	1.06	0.43	0.45
	Mean	0.044	0.046	0.35	0.33	0.88	0.59	0.24	0.26

Le rapport final « Caractéristiques physico-chimiques des eaux » d'octobre 2005 indique :

- IRD Nouméa 2005 ; Renaud Fichez, Benjamin Moreton, Olivier Pringault et Hélène Viret
- D'après une analyse en situation hivernale (juin 2003) et estivale (janvier 2004)

Figure 10-3 : Stations étudiées en baie de Prony en 2005



10.3. Evolution sur un an des concentrations en métaux :

L'évolution sur un an des concentrations en nickel dissous et particulaire dans le canal de la Havannah et dans la baie de Prony ne met pas en évidence de tendance saisonnière clairement identifiable.

Les concentrations mesurées dans le canal de la Havannah varient entre 0 et 1,59 nM pour le nickel dissous et entre 0 et 0,67 nM pour le nickel particulaire. Dans la baie de Prony elles varient entre 0,74 et 9,21 pour le nickel dissous et entre 0,3 et 1,68 nM pour le nickel particulaire avec un maximum à 29,8 nM en mai 2004. Cette concentration exceptionnelle en nickel particulaire correspond à l'épisode de pluie associé à une forte turbidité de surface

Les concentrations en cobalt varient dans le canal de la Havannah entre 0 et 24 pM pour le dissous et entre 0 et 104 pM pour le particulaire. Dans la Baie de Prony ces concentrations varient entre 0 et 187

pM pour le dissous et entre 28 et 183 pM pour le particulaire avec pour ce dernier un maximum à 1019 pM lors de l'épisode pluvieux de mai 2004. Comme pour le nickel, aucune tendance saisonnière bien marquée ne semble identifiable ; les épisodes de pluie, évidemment plus fréquents en saison humide, apparaissent comme les principales variables forçantes des concentrations en nickel particulaire dans l'eau.

L'évolution sur un an des concentrations en manganèse dissous et particulaires suit sensiblement la même tendance que le cobalt. Dans le canal de la Havannah les concentrations en manganèse varient entre 0 et 0,05 nM pour le dissous et 0 et 1,4 nM pour le particulaire. Dans la baie de Prony les concentrations en manganèse varient de 0 à 1,44 nM pour le dissous et entre 1 et 4,3 nM pour le particulaire avec pour ce dernier un maximum à 13,4 nM lors de l'épisode pluvieux de mai 2004.

Les résultats obtenus permettent de déterminer la gamme de variabilité des mesures de métaux dissous et particulaire en conditions normales mais ne mettent pas en évidence de saisonnalité bien marquée. En revanche l'épisode de pluie (134 mm en 24 heures) de mai 2004 se traduit par une augmentation systématique considérable de tous les métaux particulaires ce qui démontre que de tels événements hydro-climatiques peuvent ponctuellement entraîner des quantités très significatives de métaux d'origine terrigène dans le lagon, le processus de sédimentation les amenant ensuite à se déposer sur le fonds et en particulier dans les zones où l'hydrodynamisme favorise le dépôt des particules fines.

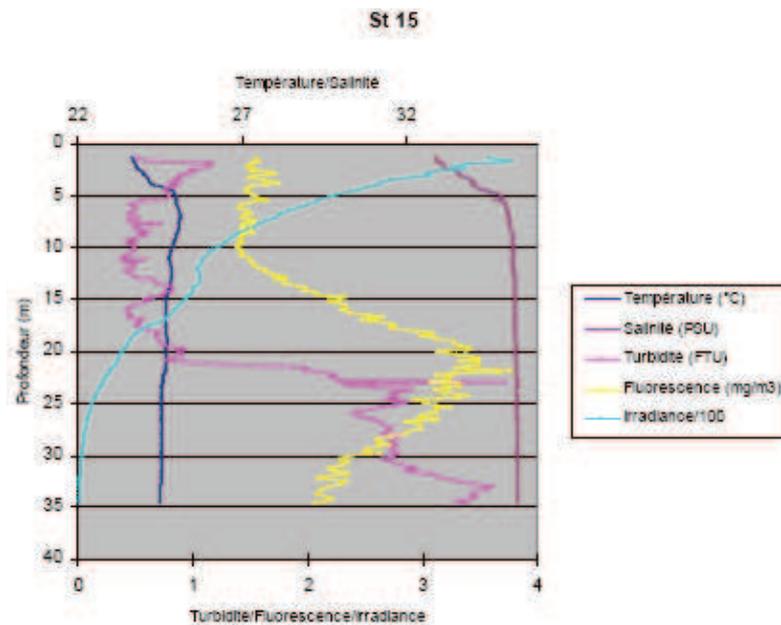
La baie de Prony avec les stations ST 36, ST 37 et ST15, étudiées par l'IRD en 2003, 2004, 2005 et 2008 (en plus des études menées par Rescan en 2000), a donc fait l'objet d'un état des lieux qui permet d'avoir des données de référence en saison sèche comme en saison humide.

La structuration de la colonne d'eau montre aussi cette particularité de fond de baie : Rapport d'état des lieux IRD : état de référence de la qualité des eaux. 2006 (*la station ST15 correspond aux eaux en face du creek de la Baie Nord*)

- Situées à dans la Rade Nord de la Baie du Prony, les eaux des stations St15, St06 et St18 sont clairement influencées par les apports terrestres. Ainsi, la station St15 en particulier, montre des profils laissant apparaître plusieurs couches d'eaux bien individualisées : en surface la dessalure est importante (32,9 PSU) et coïncide avec une couche turbide (1,4 FTU) plus froide (23,7°C), en dessous, si la température et la salinité (respectivement environ 25°C et 35,5 PSU) demeurent constantes et proches des valeurs mesurées dans le Canal de la Havannah, la turbidité et la fluorescence mettent en évidence une importante couche népheloïde benthique entre 22 et 35 m de profondeur. Cette présence est probablement générée par les apports de la rivière Kadji (Profils effectués une demi-heure après l'étal de marée haute). Les eaux des stations St18 et St16 reflètent, à des degrés moindres, cette influence terrestre, avec cependant un effet de remise en suspension notable pour la station proche du futur port industriel (St16). L'augmentation de la fluorescence en profondeur est considérable puisqu'elle passe de 1 à plus de 4 mg/m³. Cette distribution correspond en tout point aux observations effectuées dans cette même aire d'étude et correspond à un phénomène métabolique (Fichez et al., soumis).
- Les stations St13 et St17, localisées en sortie de la Baie du Prony, sont des eaux intermédiaires.

Le schéma suivant montre la structure de la colonne d'eau en baie de Prony au niveau de la station ST15 du creek de la baie nord, elle est reconnaissable à sa dessalure de surface.

Figure 10-4 : Qualité physico-chimique de la colonne d'eau station ST15 dite du creek de la Baie Nord



Les résultats des analyses effectuées avec les échantillons prélevés après le 1er avril seront comparés à une synthèse des valeurs de référence.

10.4. Valeurs obtenues après l'accident

À la date du 14 avril 2009 un pré rapport préliminaire (provisoire) de l'IRD quant aux concentrations en métaux Co, Mn, Ni et Zn montre que ceux-ci indiquent (à la date de prélèvements du 4 avril) la présence d'une couche de surface (de moins de 3 mètres de profondeur) marquée par une concentration significative supérieure en métaux Co, Zn, Mn et Ni. En profondeur cette concentration supérieure n'est détectable que dans le champ très proche près de l'embouchure du creek.

Ces premières conclusions ont été communiquées à la DENV sous la forme d'un rapport provisoire d'étude d'impact.

Les analyses des échantillons prélevés le 9 avril (et par la suite), les analyses des sulfates, du calcium, des nitrates et de l'ammonium ainsi que les analyses des chairs des bivalves bio indicateurs et des macro-algues ont été présentées en juin 2006 à l'observatoire de l'environnement du Grand sud, par l'IRD. La synthèse des études d'impact et du suivi de cet impact, durant les mois suivants l'accident, a été présentée en juillet 2009 aux experts et à l'Observatoire de l'environnement du Grand Sud.

Structure de la colonne d'eau

Paramètres physico-chimiques

Les 5 stations étudiées montrent une évolution importante de la température consécutivement aux pluies tombées à partir du 04 jusqu'au 10 avril 2009. Dans toute la zone étudiée, tout comme à la station de référence St15, ces précipitations qui ont été abondantes, ont eu pour effet de réduire progressivement la température de 1°C dans les eaux profondes et jusqu'à 1,5°C dans les eaux de surface, accompagnées pour ces dernières d'une importante dessalure de 4 à 5 ‰.

La turbidité est relativement élevée au droit du creek (St151) pendant toute la période d'études (04 au 15 avril 2009). À toutes les autres stations, se développent des couches turbides en surface et au fond de la colonne d'eau.

Evolution des pH

Les pH ont été mesurés aux 5 stations pour les eaux de surface, à une profondeur intermédiaire, déterminée selon la présence ou non de couche turbide, et au fond.

Les pH mesurés le 04/04/09 sont en dessous des valeurs normales de l'eau de mer qui est de l'ordre de 8,2 au large. Cependant, des valeurs un peu plus basses peuvent normalement être mesurées dans les fonds de baie abritées dont les influences terrigènes sont manifestes.

Par ailleurs, les pluies enregistrées durant cette période peuvent également contribuer à expliquer la baisse de pH bien que celle-ci soit constatée dans l'ensemble de la colonne d'eau.

Les valeurs de pH reviennent progressivement à la normale à partir du 10/04/09 et sont à l'équilibre le 15/04/09 sur l'ensemble de la colonne d'eau et pour les 5 stations surveillées (Tableau 10-3). Le pH à la station St15 au cours des campagnes antérieures de suivi (4-8 août 2008 et 16-20 mars 2009) étaient respectivement de 8,23 et 8,06 en moyenne sur les profondeurs de la colonne d'eau échantillonnées (Conventions IRD/Goro-Ni 2172, 2008 et 2284, cours « Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous »).

Tableau 10-3 : Evolution des pH dans les eaux de surface, à mi-profondeur et au fond pour les stations

Station	Niveau	04-08/08/08	16-20/03/09	04/04/2009	10/04/2009	15/04/2009
St15	Surface	8,23	8,06	7,93	8,01	8,23
	Mi-profondeur	8,24	8,07	7,91	8,04	8,20
	Fond	8,23	8,02	-	8,00	8,20

Analyse de l'eau de mer

Sulfates et calcium

Les résultats montrent qu'une partie non négligeable des déterminations de SO₄ sont supérieures aux valeurs mesurées régulièrement à la station de référence St15.

Cette augmentation concerne la moitié des prélèvements du 10/04/09 et la quasi-totalité de ceux effectués le 15/04/09. Le détail de cette tendance montre que pour ces deux dates les niveaux enrichis correspondent aux eaux des couches de mi-profondeur et de fond. Les valeurs les plus faibles se situent dans les eaux de surface que les fortes pluies ont probablement diluées.

Les concentrations en ions sulfates ont été suivies dans l'objectif d'apporter des informations complémentaires sur les phénomènes de dispersion du panache acide en mer.

En effet, outre son origine marine, des ions sulfates issus de la décomposition de l'acide sulfurique ont été libérés dans les eaux de la rivière puis déversés en mer. Si les quantités en mer ne semblent pas devoir être importantes (au vu des pH proches de la neutralité mesurés à l'embouchure du CRN le 01/04/09), un apport en phase particulaire n'est pas à exclure avec le transport de micro-précipités de gypse résultant de la réaction de neutralisation de l'acide sulfurique par le carbonate de calcium. Ces particules peuvent alors sédimenter dans la proche embouchure libérant des ions sulfates dans les eaux en mer (à des profondeurs intermédiaires), la dissolution du gypse se produisant au terme d'une vingtaine d'heures en milieu insaturé.

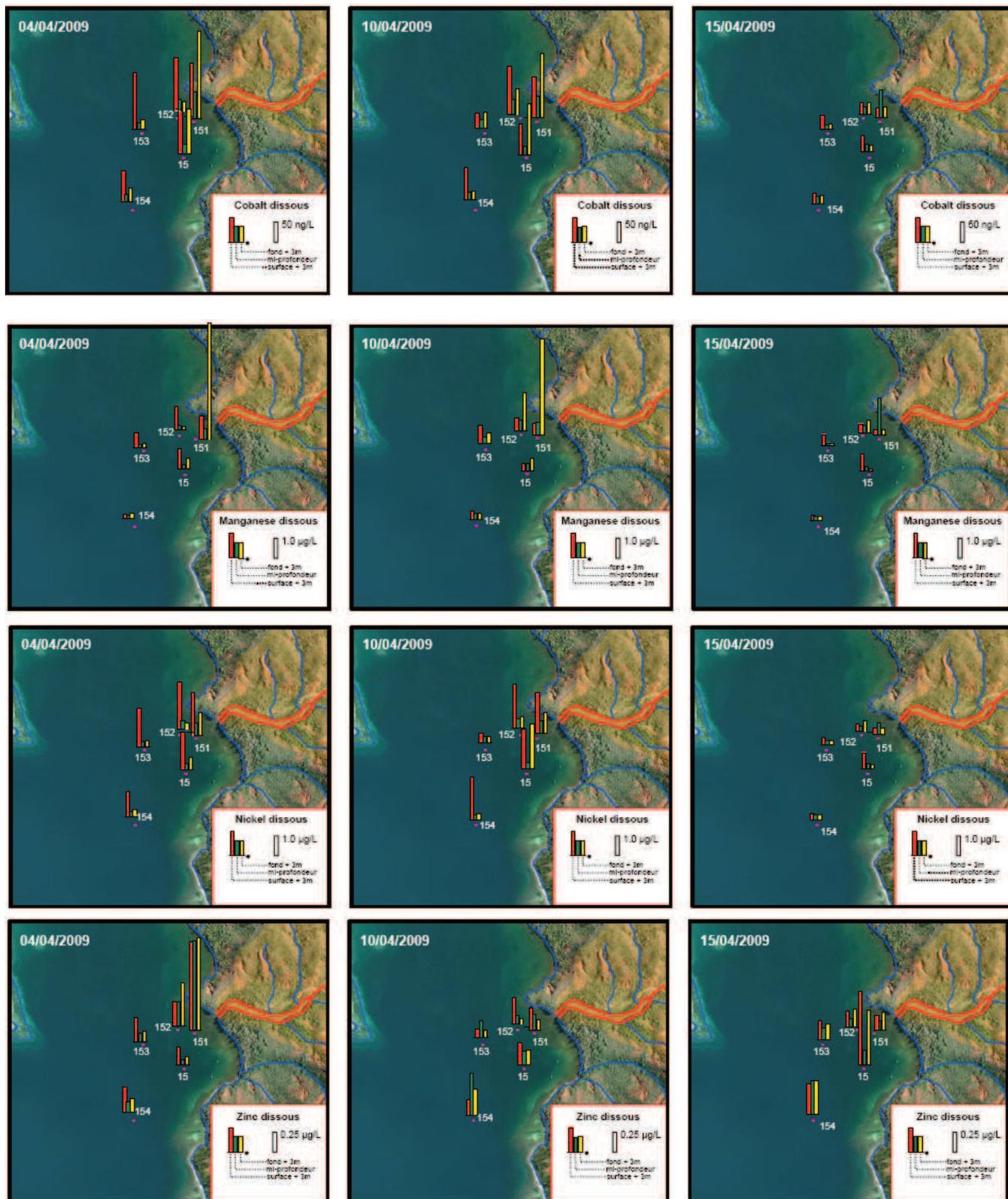
Métaux dissous

Les résultats d'analyse des métaux utilisés comme des traceurs de l'étude de la dilution du panache acide (Co, Ni, Mn et Zn).

L'ensemble de ces résultats suggère la mise en place d'un lent processus de dilution/dispersion du panache constitué par les apports métalliques injectés dans le milieu marin par le CRN. La décroissance des concentrations en métaux s'effectue d'une part en partie par des voies physiques dus aux mouvements de marées même si ceux-ci semblent être peu intenses en fond de baie du Prony ils favorisent néanmoins les phénomènes de diffusion moléculaire. D'autre part, une fraction des métaux est prise en charge par les processus physico-chimiques d'absorption et/ou complexation avec des

composés organo-métalliques dissous, colloïdaux voire particulières dont une fraction sédimente. La figure 10-5 synthétise les résultats d'analyses sur l'évolution spatio-temporelle des métaux dans la conne d'eau de mer.

Figure 10-5 : Evolution dans le temps et dans l'espace des concentrations en en Co, Mn, Ni et Zn dans la colonne d'eau de mer



10.5. Conclusions

Elles sont tirées du rapport de l'IRD et présentées dans leur intégralité en annexe de ce document.

Les résultats permettent de souligner les points suivants :

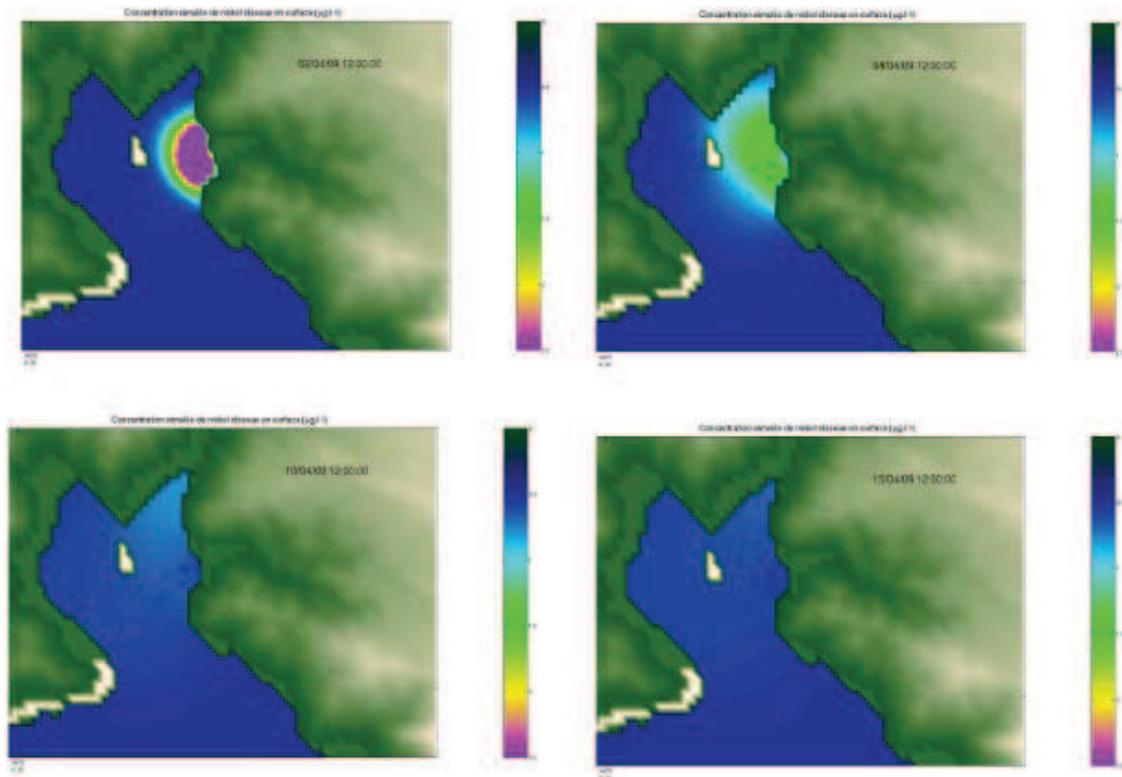
- Le passage du front acide a clairement été détecté à la hauteur du radier du CRN par les équipes de Goro-Ni (pH=4,23 à 16h31). En dehors de cette station, aucune autre série de mesures ne permet de décrire la progression du panache dans la rivière le jour de l'accident (01/04/09), notamment à l'embouchure. Cette lacune ne permet pas de l'heure et la durée du passage du front acide. Ces informations sur le terme source sont indispensables pour la bonne compréhension et la modélisation des phénomènes, les lacunes en la matière entache donc quelque peu les conclusions de ce rapport.
- Le front acide a solubilisé une quantité non négligeable de métaux et formé des colloïdes et/ou des précipités et le panache résultant a probablement été vers la côte nord de la baie, transporté par la marée montante. Le pH de l'eau de mer a donc pu par endroits, demeurer pendant quelques heures (?) en dessous de la valeur normale habituellement mesurée, cependant aucune mesure directe ne permet de certifier cette hypothèse.
- Dans les eaux de surface de la proche embouchure, le front faiblement acide (pH < 8,2 ?) a pu induire une mortalité d'organismes planctoniques qui ont ensuite progressivement sédimenté au vu des fortes valeurs en Zn et en ammonium et en nitrates déterminées dans les couches d'eau intermédiaires.
- Le panache chargé d'éléments métalliques dissous s'est dispersé progressivement en se déplaçant vers le nord de la Rade du Nord, au sein d'une couche d'eau de surface de densité moindre que l'eau de mer notamment en raison des fortes pluies enregistrées. Ces dernières, enregistrées notamment le 10/04/09, ont probablement contribué à l'augmentation du terme source en métaux dissous dans les eaux, apports supplémentaires non pris en charge dans le modèle de transport hydrodynamique.
- Environ une douzaine de jours à compter de l'accident semble avoir été nécessaires pour retrouver les niveaux habituellement mesurés dans le secteur en métaux dissous.

10.6. Quantification de l'impact

Les conclusions de l'expertise évaluatrice conduite par les experts de l'IRD Nouméa sont reprises dans ce chapitre avec la figure explicite accompagnatrice ci-dessous (Figure 10-6).

La figure 14 permet de constater que les résultats de calculs pour les 04/04/09 et 15/04/09 sont en très bonne concordance et les valeurs mesurées à ces mêmes dates. Toutefois, bien que les différences ne soit pas très importantes, les concentrations estimées pour le 10/04/09 sont un peu plus faibles que celles mesurées. Les phénomènes de dispersion semblent être légèrement surestimés par le calcul, mais la raison principale est probablement liée aux fortes précipitations enregistrées le 10/04/09 qui ont lessivé les sols entraînant ainsi une fraction des métaux libérés par l'acide sulfurique dans les eaux du CRN.

Figure 10-6 : Simulation de la dispersion du front de Ni dissous libéré par l'acide dû à la fuite dans le creek de la Baie Nord, en fonction de l'espace et du temps, la teneur en Ni est un indicateur permettant de visualiser le front



11. Conclusion sur le milieu marin

- Les analyses sur la qualité physico-chimique de la colonne d'eau et des sédiments et la modélisation du phénomène de dispersion sont cohérents avec les observations des écosystèmes.
- Les analyses de la chair ou des tissus des différentes espèces accumulatrices prélevées dans la zone de l'embouchure ne montrent pas de modification qui pourrait être due au passage d'acide dans le creek de la baie Nord, après analyses.
- Le temps d'exposition à une modification chimique des eaux a été très bref.
- Il n'y a pas de bio accumulation d'une pollution ou d'un composant.
- Aucun effet sur le canal de la Havannah, ni sur la réserve Merlet ni sur la zone du bien inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO.
- Aucun effet sur la station de suivi éco systémique la plus proche (800 m) dont l'état des lieux est bien connu.
- Aucun effet sur les récifs de l'îlot Gabriel situés à 1000m.
- Les fortes dessalures dues aux précipitations saisonnières accentuées par la dépression Jasper (du 25 mars) ont certainement été responsables d'un blanchiment partiel de certaines colonies de Scléactiniaires mais les Polypes sont toujours vivants, les stations de références en dehors de toute influence du projet Vale Inco montrent aussi un blanchiment, mais en pourcentage inférieur à celui qui est quantifié dans la zone très proche du creek de la baie Nord (juin 2009).
- Deux mois plus tard le taux de blanchiment a diminué partout, en face le creek de la baie Nord comme sur les stations de référence. Il est même moindre en face le creek que sur les stations de référence. Il n'y a pas d'impact résiduel ni de mortalité corallienne qui fasse suite à ce blanchiment observé sur toutes la zone de la baie de Prony.
- Les seules espèces qui montrent un changement par rapport aux états des lieux sont les coraux, il se manifeste par un phénomène de blanchiment sans mortalité (partiel et par patch). La part du facteur causal saisonnier est difficilement discernable et évaluable par rapport à la cause anthropique. Toutes les autres espèces sont en bonne santé sans nécrose ni anomalie, aussi bien les espèces benthiques peu mobiles (comme les holothuries) que les poissons sédentaires inféodés à des trous en embouchures du creek.
- Il n'y a pas de conséquences secondaires comme un envahissement algal ou de cyanobactéries ou de taxas autres qui pourraient montrer un déséquilibre du milieu, la comparaison avec les états des lieux précédents et les stations de référence montre que ces phénomènes n'ont pas lieu.
- Les rives inspectées et notamment les arbres de la mangrove épars et proche de l'embouchure ne présentent aucun impact.

Les conclusions de l'évaluation telles qu'elles ont été présentées par le bureau d'expertise sont exposées ci-dessous :

Communautés benthiques (hors coraux)

④ **La faune (hors coraux) et la flore benthiques des différentes zones prospectées sont diversifiées et en bonne santé**

④ Dans toutes les zones prospectées, le phénomène de blanchissement n'affecte que très peu les invertébrés (autres que scléactiniaires) : seuls quelques alcyonaires du genre *Sarcophyton* et *Sinularia* des zones 2 et 6 présentent des marques de blanchissement.

④ Les macrophytes ne présentent aucune marque de dégradation

Communautés ichthyologiques

④ La faune ichthyologique de la baie de Prony n'apparaît pas perturbée. Sa diversité spécifique varie spatialement en harmonie avec la couverture corallienne et apparaît comme stable dans le temps

④ Le rôle de nurserie dévolu classiquement à ce genre de biotope (fond de baie, estuaire) n'est pas affecté. La plupart des espèces rencontrées sont à l'état de juvénile

④ Si la présence de beaucoup de poissons nomades n'est pas démonstrative, en revanche, la présence de poissons adultes sédentaires comme les Gobies, les Blennies, les Pinguipédidés, ... indique que ce milieu n'a pas été perturbé gravement par l'accident. Dans le cas contraire, les terriers seraient vides

④ De nombreuses espèces corallivores exclusives ou non sont présentes sur le site corroborant ainsi que les coraux sont toujours vivants

④ **Ainsi, au regard de nos observations, rien ne permet de penser que l'acide sulfurique déversé dans le Creek baie nord ait pu perturber la faune ichthyologique de la baie**

④ Les seules dégradations récifales observées sont le blanchissement corallien et l'hyper-sédimentation induite aux embouchures des creeks et rivières (pas de maladies, ni de décalcification des carbonates, ni de prolifération de cyanobactérie)

④ Aucune colonie corallienne ne présente de marque de dissolution des carbonates

④ **Toutes les zones prospectées (y compris celles hors influence du Creek baie nord) présentent du blanchissement**

[Carte](#)

12. Autres études indépendantes

Les études suivantes peuvent apporter des informations supplémentaires significatives, notamment sur le blanchiment corallien observé lors des campagnes de suivi dans le canal de la Havannah, en réserve Merlet et dans le canal Woodin.

12.1. Suivi semestriel des transplants coralliens

La mission du 9 juillet, soit 4 mois après l'accident d'acide dans le Creek de la Baie Nord, confirme bien qu'il n'y a pas de modification qui soit imputable à cet accident au niveau de Casy ni au niveau de Montravel, cependant des traces de blanchiment corallien sont notés sur le site de Montravel alors que les 7 suivis précédents n'ont jamais noté ce fait. Ce blanchiment est attribué à l'année fortement perturbée par des apports en eau douce important.

La Figure 12-1 suivante montre les zones de prélèvements des 1700 colonies coralliennes (avant la construction du port de Prony, dans la zone du futur port) et leurs 3 zones d'implantation (îlot Casy et presque île de Montravel). Le suivi de ces transplants est effectué tous les six mois et donc, 42 mois après la transplantation, un suivi a eu lieu au niveau de l'îlot Casy et de l'île Montravel, soit en juillet 2009 et 4 mois après la fuite d'acide dans le creek de la Baie Nord.

Figure 12-1 : Transplantation corallienne
Programme de reconstitution du biotope corallien
en baie de Prony – Rapport de suivi n°8



Ce suivi a été effectué en juillet 2009 par le bureau d'études SOPRONER, sur le site de **Montravel un blanchiment corallien est constaté** et c'est la première fois qu'il est signalé depuis la transplantation corallienne il y a 42 mois et à raison d'un suivi tous les 6 mois : 7 suivis.

Cette détection d'un blanchiment dans une zone non affectée par le creek est en corrélation logique avec l'observation d'un blanchiment corallien ailleurs dans la baie et le canal de la Havannah, comme l'indique le chapitre suivant.

12.2. Suivi semestriel effectué sur 12 stations fixes en juin 2009-

Dans le cadre du suivi règlementaire 12 stations sont évaluées semestriellement dont la station ST02 du creek de la baie Nord et deux autres en baie de Prony et 8 autres dans le canal de la Havannah.

Ce suivi a été effectué 3 mois et demi après la fuite d'acide dans le creek et 4 mois après les épisodes pluvieux du début de l'année 2009 ; il montre :

Pour la station ST02 du Creek de la Baie Nord (3 mois et demi après l'accident d'acide):

- Recrutement corallien important (nombreuses colonies coralliennes juvéniles).
- Recrutement alcyonaire important (Sarcophyton).
- Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony).
- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide (et avec une faible pénétration de la lumière dans l'eau) : croissance rapide et/ou grands polypes pour se dégager de la sédimentation.
- Colonisation spatiale des alcyonaires et des algues brunes en compétition avec les coraux Scléractiniaires mais sans changement significatif par rapport aux états des lieux précédents

Variations entre 2008 et 2009 (sur la station ST02, entre temps il y a eu l'accident d'acide)

- Augmentation de la richesse spécifique des coraux.
- Peu de blanchiment .
- Hyper sédimentation.
- Recouvrement des macrophytes avec peu d'évolution. Les quelques algues vertes *Dictyosphaeria* et *Caulerpa* ne sont plus présentes, le recouvrement des *Halimeda* a légèrement augmenté. Les *Lobophora variegata* sont dominantes.
- Les invertébrés (hors coraux) sont en augmentation (mollusques et holothuries).

Le cas spécial du blanchiment corallien observé sur toutes les stations lors du suivi semestriel de juin 2009.

On peut noter un faible blanchiment sur l'ensemble des stations en juin 2009.

Les pluies conséquentes de la saison estivale (de janvier – mars) et les événements dépressionnaires du mois de février et mars (dépression Jasper) ont dû avoir une influence positive sur l'apport d'eau douce et de matières en suspension à l'embouchure des rivières de la baie de Prony et sur la dessalure des eaux de surface des platiers récifaux.

Ces apports ont pour conséquence une anomalie négative de salinité, une anomalie négative de température et une anomalie positive de turbidité aux embouchures. Ces trois facteurs peuvent être en parti à l'origine de blanchiment corallien.

En effet, un blanchiment de faible proportion a été observé dans l'ensemble des stations de suivi de la baie de Prony, du canal de la Havannah et du canal Woodin.

L'origine naturelle de ce blanchiment est fortement probable par rapport aux événements climatiques cités précédemment. Les colonies coralliennes blanchies sont peu nombreuses et dispersées le plus généralement en haut de récif.

Dans le cas des récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin, les raisons du blanchiment peuvent être attribuées à l'augmentation de température, à la dessalure des eaux de surface ou encore à l'hydrodynamisme intense. Ces dégradations ont été observées dans de faibles proportions et quelques colonies d'*Acropora* spp. *Montipora* spp. et *Seriatopora histrix* semblent les plus sensibles.

Les stations ST10 (Ilot Kié en réserve Merlet) et ST11 (Toémo) sont les plus dégradées et le taux de blanchiment est supérieur à toutes les autres stations mais reste toute fois raisonnable. Sur les deux récifs, une espèce de *Montipora sp.* est totalement blanchie (une trentaine de colonies pour l'ensemble de chaque station), les colonies d'*Acropora spp.* Blanchies sont aussi nombreuses et des cyanobactéries recouvrent les coraux en voie de blanchiment .

A noter que ce blanchiment naturel est de plus en plus important à l'approche des embouchures des creeks de la baie de Prony. A l'embouchure des rivières, l'eau douce reste en surface car elle est plus légère que l'eau salée. Cette masse d'eau va circuler au gré des courants, du vent et des lignes de côte. Ensuite la différence de température entre les masses d'eau (eau douce fraîche et eau de mer plus chaude) va leur permettre de se mélanger progressivement (petits filets d'eau).

13. Eaux souterraines

13.1. Programme d'évaluation

Une analyse des eaux souterraine à proximité du bassin de premier flot nord (bassin 6-g de l'arrêté 175-2009/PS du 3 avril 2009) ainsi qu'à proximité du Creek de la Baie Nord a eu lieu sur 2 stations piézométriques (soit 4 piézomètres) décrites dans le Tableau .

Tableau 13-1 : Description des piézomètres suivis suite au déversement d'acide dans le creek de la Baie Nord

Nom	Description
6-8a	Piézomètre court de contrôle du bassin de premier flot du bassin versant Nord de l'usine
6-8	Piézomètre long de contrôle du bassin de premier flot du bassin versant Nord de l'usine
6-2a	Piézomètre court en aval du site de l'usine
6-2	Piézomètre long en aval du site de l'usine

Ces stations ont été suivies selon les prescriptions de l'arrêté ICPE 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 tant du point méthodologique que du point de vue des listes de paramètres depuis le 2 avril 2009.

L'équipe environnement de Vale Inco Nouvelle-Calédonie est en charge de l'ensemble des prélèvements de terrain.

Les mesures chimiques portent sur les listes d'éléments et de paramètres suivants :

- pH ;
- sulfate, calcium, magnésium, potassium, alcalinité, sodium, chlorure, nitrate, phosphates ;
- DCO, DBO5, COT, oxygène dissous ;
- Turbidité ;
- Conductivité ;
- Métaux (Ni, Co, Cr, Mn, Al, As, Cd, Cu, Fe, P, Pb, S, Si, Sn, Zn).

Les analyses sont réalisées deux fois par deux laboratoires différents :

- Le laboratoire de Vale Inco Nouvelle-Calédonie ;
- Le laboratoire Lab'Eau.

La fréquence de suivi de ces paramètres pour les quatre stations citées ci-dessus est d'une fois par semaine jusqu'à fin avril 2009.

Nous veillons à ce que les mêmes méthodes d'analyses soient utilisées par les différents laboratoires afin de pouvoir comparer les résultats obtenus.

Pour la validation globale de cette évaluation, nous ferons réaliser un audit portant sur les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons.

13.2. Valeurs de référence

La localisation des piézomètres suivis est présentée dans le Tableau et l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Tableau 13-2 : Localisation et description des points de suivi

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Raison d'être	IGN 72 Est	IGN 72 Nord	RGN 91 Est	RGN 91 Nord
6-2	CBN	Aval du site	Arrêté n°1467-2008/PS	695752	7528669	493126	207428
6-2a	CBN	Aval du site	Arrêté n°1467-2008/PS	696375	7527972	493753	206736
6-8	CBN	Aval du bassin de contrôle Nord	Arrêté n°1467-2008/PS	696181	7528883	493553	207645
6-8a	CBN	Aval du bassin de contrôle Nord	Arrêté n°1467-2008/PS	697084	7528812	494456	207581

13.2.1. Méthode

Des prélèvements sont effectués dans les piézomètres réalisés spécifiquement pour le suivi des eaux souterraines.

Le protocole d'échantillonnage des eaux souterraines est basé sur les recommandations des parties 3 et 11 de la norme ISO 5667 relatives à la conservation et manipulation des échantillons d'eau (partie 3) et à l'échantillonnage des eaux souterraines (partie 11).

Il respecte en particulier les recommandations permettant d'assurer la représentativité de l'échantillonnage telle qu'elle est décrite dans la norme ISO 5667 partie 11 :

- La purge d'un volume d'eau égal à trois fois le volume compris dans le piézomètre (comprenant l'eau libre dans le tube ouvert et l'eau interstitielle du massif filtrant).
- La mesure de la conductivité et du pH de l'eau tout au long de la vidange.

13.2.2. Mesures *in situ*

Les mesures *in situ* sont réalisées à l'aide du multi-paramètre portable Multi 340i composés d'une sonde de pH, d'une sonde pour la température et d'une sonde pour mesurer la conductivité.

Le pH est mesuré *in situ* selon la norme NF T90 008 et selon les recommandations précisées dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

La conductivité est également mesurée *in situ* selon la procédure décrite dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

13.2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques en solution

Les méthodes d'analyses pour les paramètres physico-chimiques réalisés sont décrites dans le Tableau .

Tableau 13-3 : Méthode d'analyses pour les paramètres physico-chimiques

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	MES	mg/L	5	GRV02	Dosage des matières en suspension (MES)	NF EN 872 Juin 2005
Interne	pH		-	PH01	Mesure du pH	NF T90-008
Interne	Conductivité	µS/cm	10	CDT01	Mesure de la conductivité	
Interne	Cl	mg/L	0.1	ICS01	Analyse de 4 ou 6 anions par chromatographie ionique (chlorure, nitrate, phosphates, sulfate, fluorure et nitrate en plus si demandé)	NF EN ISO 10304-1
Interne	NO3	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	SO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	PO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	DCO	mg/L	10	SPE03	Analyse de la DCO - Méthode HACH 8000	
Interne	TAC as CaCO3	mg/L	50	TIT11	Titration de l'alcalinité (TA et TAC)	
Interne	TA as CaCO3	mg/L	50	TIT11		
Interne	Turbidité	NTU	0.1	TUR01	Mesure de la turbidité	
Interne	COT	mg/L	0.3	SPE09	Dosage du Carbone Organique Total (COT) dans les eaux	Méthode HACH 10129
Interne	SiO2	mg/L	1	CAL02	Calcul de SiO2 à partir de Si mesuré par ICP02	
Lab'Eau	DBO5	mg/L	2			NF EN 1899-2

13.2.4. Mesure des métaux

Les méthodes d'analyses des métaux dans les eaux douces sont indiquées dans le Tableau .

Tableau 13-4 : Méthodes d'analyse pour les métaux

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	Al	mg/L	0.1	ICP06	Analyse d'une cinquantaine d'éléments dissous ou totaux (si demandé) dans les solutions aqueuses faiblement concentrées par ICP-AES	
Interne	Ca	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Co	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Cr	mg/L	0.01	ICP06		
Interne	Cu	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Fe	mg/L	0.2	ICP06		
Interne	K	mg/L	0.3	ICP06		
Interne	Mg	mg/L	0.2	ICP06		
Interne	Mn	mg/L	0.004	ICP06		
Interne	Na	mg/L	0.5	ICP06		
Interne	Ni	mg/L	0.03	ICP06		
Interne	Zn	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Pb	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	As	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	Cd	mg/L	0.01	ICP06		
Interne	P	mg/L	0.1	ICP06		
Interne	S	mg/L	1	ICP06		
Interne	Si	mg/L	0.4	ICP06		
Interne	Sn	mg/L	0.1	ICP06		

13.2.5. Résultats

L'Erreur ! Source du renvoi introuvable. présente les statistiques sur les analyses effectuées aux stations 6-2, 6-2A, 6-8 et 6-8A en 2008 et 2009 avant incident.

13.3. Valeurs obtenues après l'incident

Le pH a été suivi tous les jours pendant une semaine à partir du 2 avril dans les piézomètres 6-8 et 6-8A situés quelques dizaines de mètres en aval du bassin de premier flot nord. Le suivi a été effectué deux fois par jours en pompant continuellement afin de renouveler l'eau de la nappe. Les mesures de pH sont présentées dans l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le pH mesuré dans le piézomètre 6-8A (superficiel) et 6-8 (profond) présentent des fluctuations. Celles du 6-8A sont incluses entre le minimum et le maximum de pH relevé dans ce piézomètre lors des précédentes campagnes, celle du 6-8 sont parfois légèrement inférieures.

Lors de la purge du piézomètre, il est très courant d'observer une diminution du pH du au renouvellement de l'eau dans le piézomètre. Les prélèvements pour les états initiaux sont effectués après renouvellement de 3 fois le volume d'eau contenu dans le piézomètre et la stabilisation du pH et de la conductivité (typiquement 270L pour 6-8 et 140L pour 6-8A).

Il est toutefois envisageable que les pompages prolongés (6 heures le 2 avril pour des volumes de 1000L sur 6-8 et 1200L sur 6-8A) aient provoqué un renouvellement plus complet de l'eau souterraine induisant une diminution plus importante du pH.

Les prélèvements pour analyses ont débuté le 7 avril, 7 jours après l'incident.

Pour les paramètres Co, P, Ni, K, DCO, COT, Sn, Phosphates, Fe, Al, As, Cd, Cu, Pb, Zn les mesures supérieures aux limites de détections ne sont pas en nombre suffisant (ni avant ni après incident), pour être exploitées sous forme graphique. Les statistiques sont présentées en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les graphiques d'évolution des paramètres pour lesquels les résultats sont supérieurs aux limites de détection sont présentés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

L'état initial sur les stations concerné n'étant représenté que par trois échantillons (fréquence semestrielle à partir de début 2008) la fluctuation naturelle est mal connu.

De manière générale, l'augmentation de la fréquence d'échantillonnage après l'incident fait apparaître des fluctuations. Une tendance à la hausse peut-être observée pour les chlorures et le sodium et en moindre mesure pour les sulfates et le soufre sur les stations 6-8 et 6-8A.

13.4. Qualification et quantification de l'impact

Une légère évolution est observée pour les paramètres Cl, Na, Sulfates et S. La cause de cette évolution n'est pas clairement identifiée. Il est nécessaire de poursuivre les échantillonnages à fréquence mensuelle sur les points 6-8A et 6-8 pour confirmer ces tendances et les expliquer. Aucun impact n'est détecté dans les eaux souterraines aux points 6-2, 6-2A.

14. Suivi de la flore rivulaire du creek de la Baie Nord

14.1. Méthode et valeurs de référence

Suite au déversement d'acide dans le creek de la baie Nord le 1er Avril 2009, les équipes de Conservation Flore ont visité différents sites et réalisé différentes mesures et observations les 7 et 8 Avril 2009, soit une semaine après l'incident. Une autre campagne de suivi a été faite le 19 octobre 2009 pour observer l'évolution des individus référencés.

Toutes les espèces présentes dans les parcelles ont été enregistrées incluant les strates herbacée, arbustive et arborée.

Le suivi des parcelles permettra d'observer les éventuelles pertes en espèces végétales aux endroits sélectionnés.

14.1.1. Inventaire des espèces présentes dans les parcelles

Des parcelles ont été mises en place dans 4 zones adjacentes au creek. Ces parcelles seront suivies de façon mensuelle afin d'observer un éventuel impact du à l'acide sur la végétation. Les angles des parcelles sont matérialisés par des bandes de signalement colorées en bleu. Chaque parcelle a une surface d'environ 30 m² (3m par 10 m).

Le tableau suivant présente les coordonnées des différentes parcelles (coordonnées en IGN72), le point donné correspond au centre de chaque parcelle :

Tableau 14-1 : Coordonnées des parcelles de suivi de la flore

Parcelle N°	X (Est)	Y (Nord)
1	696311	7528782
2	695703	7528787
3	694719	7528938
4	694046	7528905

Dans les deux premières parcelles (1 et 2) situées dans des sous-bois forestier denses en bordure d'eau, les fougères *Blechnum obtusatum* (BLECHNACEAE) ont également fait l'objet d'un comptage. En effet cette espèce est présente au contact de l'eau et si un impact sur la flore a lieu, cette espèce pourrait être la première affectée. L'abondance des *Blechnum* dans les parcelles 1 et 2 a permis de restreindre deux sous-parcelles de 2m par 2m dans chacune des parcelles 1 et 2.

Les parcelles 3 et 4 sont en aval et au sein d'une végétation plus ouverte. En l'absence de *Blechnum*, l'espèce *Pancheria rivularis* a été choisie pour le comptage du nombre d'individus dans ces parcelles.

Figure 14-1 : Carte de localisation des parcelles de suivi de la flore rivulaire du creek de la Baie Nord



14.1.2. Echantillons de sol

Dans chaque parcelle deux échantillons de sol ont été prélevés et ont été transmis au laboratoire d'analyse. Dans chaque cas, un échantillon a été pris au bord de l'eau et un autre en retrait. Les analyses porteront sur :

- pH et conductivité du sol
- CEC (cation exchange capacity)
- Soufre (SO₄)
- Calcaire
- Magnésium
- Chrome
- Phosphore
- Azote
- Potassium

Tableau 14-2 : Description des échantillons prélevés

Echantillon n°	Description
BOTA-20090407-1	Proche de l'eau parcelle 1
BOTA-20090407-2	Sur le haut de la berge de la parcelle 1
BOTA-20090407-3	Proche de l'eau parcelle 2
BOTA-20090407-4	Sur le haut de la berge de la parcelle 2
BOTA-20090408-5	Proche de l'eau parcelle 3
BOTA-20090408-6	Sur le haut de la berge de la parcelle 3
BOTA-20090408-7	Proche de l'eau parcelle 4
BOTA-20090408-8	Sur le haut de la berge de la parcelle 4

14.2. Résultats des suivis

14.2.1. Inventaire des espèces présentes dans les parcelles

Tableau 14-3 : Espèces répertoriées sur les parcelles de suivi (suivi du 9 octobre 2009)

Espèce	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	UICN
<i>Agatea longipedicellata</i>	*				LR
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	*			*	LR
<i>Alyxia leucogyne</i>		*			LR
<i>Apodytes clusiifolia</i>	*	*			LR
<i>Atractocarpus heterophyllus</i>	*				LR
<i>Austrobuxus carunculatus</i>	*				LR
<i>Basselinia pancheri</i>		*			LR
<i>Baumea deplanchei</i>				*	LR
<i>Blechnum obtusatum</i>	*	*			LR
<i>Bureavella endlicheri</i>		*			LR
<i>Calophyllum neocaledonicum</i>		*			LR
<i>Chionanthus brachystachys</i>		*			LR
<i>Cleidion vieillardii</i>	*	*			LR
<i>Cloezia artensis</i>				*	LR
<i>Costularia comosa</i>			*	*	LR
<i>Costularia pubescens</i>			*	*	LR
<i>Costularia xyridioides</i>			*	*	LR
<i>Cryptocarya guillauminii</i>	*				LR

Espèce	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	UICN
<i>Cunonia purpurea</i>			*		VU
<i>Cupaniopsis sp.</i>	*				NE
<i>Cyathea sp.</i>	*				NE
<i>Dicarpellum pronyensis</i>		*			NE
<i>Diospyros olen</i>		*			LR
<i>Elaeodendron cunninghamii</i>	*				LR
<i>Eriaxis rigida</i>			*	*	LR
<i>Eugenia stricta</i>				*	LR
<i>Ficus nitidifolia</i>		*			LR
<i>Flagellaria indica</i>	*			*	LR
<i>Freycinetia sp</i>	*	*			NE
<i>Gardenia aubryi</i>	*				LR
<i>Grevillea gilivrayi</i>			*	*	LR
<i>Guettarda splendens</i>	*				LR
<i>Gymnostoma deplancheanum</i>				*	LR
<i>Homalium sp.</i>		*			NE
<i>Hybanthus austrocaledonicus</i>	*	*			LR
<i>Lepidosperma perteres</i>		*	*	*	LR
<i>Maxwellia lepidota</i>	*				LR
<i>Melaleuca gnidioides</i>				*	VU
<i>Melodinus balansae</i>	*				LR
<i>Metrosideros operculata</i>			*		LR
<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	*				LR
<i>Nepenthes vieillardii</i>			*		LR
<i>Osmanthus austrocaledonica</i>				*	LR
<i>Pagiantha cerifera</i>	*	*			LR
<i>Pancheria alaternoides</i>			*	*	LR
<i>Pancheria rivularis</i>			*	*	LR
<i>Pandanus balansae</i>		*			LR
<i>Phyllanthus castus</i>				*	LR
<i>Piliocalyx laurifolius</i>		*			LR
<i>Pittosporum deplanchei</i>	*				LR
<i>Planchonella reticulata</i>		*			LR
<i>Pleurocalyptus pancheri</i>	*				LR
<i>Psychotria semperflorens</i>	*				LR
<i>Rapanea asymerica</i>	*				LR
<i>Sannantha leratii</i>			*	*	LR
<i>Scaevola balansae</i>		*			LR
<i>Scaevola beckii</i>			*		LR
<i>Schoenus juvenis</i>			*		LR
<i>Smilax spp.</i>	*	*			LR
<i>Soulamea sp (cf Jaffré 2753)</i>		*			NE
<i>Stenocarpus trinervis</i>	*				LR
<i>Stereocaryum rubiginosum</i>				*	LR
<i>Styphelia cymbulae</i>			*		LR
<i>Syzygium multipetalum</i>	*	*		*	LR
<i>Syzygium pancheri</i>				*	LR
<i>Tapeinosperma robustum</i>		*			LR
<i>Tristaniopsis glauca</i>				*	LR
<i>Wickstroemia indica</i>	*				LR
<i>Xanthostemon aurantiacum</i>				*	LR

Au 19 octobre 2009, toutes les espèces précitées sont présentes dans les différentes zones de suivi et ont été observées lors de la campagne de suivi du 7 et 8 avril. Aucun signe particulier concernant un mauvais état de santé n'a pu être observé sur les plantes présentes. Aucune mortalité massive, décoloration des feuillages n'est à signaler.

14.2.2. Comptage des individus des espèces présentes au contact direct de l'eau

Le Tableau 13-4 présente les espèces observées au contact direct de l'eau.

Tableau 14-4 : Comptage des individus floristiques au contact de l'eau

Parcelle N°	Nbre d'individus de <i>B. obtusatum</i>	Nbre d'individus de <i>P. rivularis</i>
1 ss-parcelle1	17	
1 ss-parcelle2	41	
2 ss-parcelle1	67	
2 ss-parcelle2	44	
3		5
4		7

Sur les 4 parcelles mises en place la très grande majorité des espèces semblent indemnes de tout impact direct du au passage de l'acide dans l'eau du creek.

La majorité des individus de l'espèce *Blechnum obtusatum*, une fougère poussant sur les roches et berges des zones humides et des bords de creek en zone ombragée, ne présente aucun symptôme (tels que les frondes stériles de coloration grisâtre et sèches constatées lors du premier suivi); cependant le phénomène sera suivi (cf. figures 13-2 à 13-9).

Le calcaire reste apparent par endroit (il est en cours d'enlèvement) et sera suivi également. Il est important de surveiller que la présence de cet élément n'entraîne pas l'apparition d'espèces à caractère envahissant : cypéracées ou herbacées, même si ces espèces ont une tendance héliophile, condition non retrouvée dans la partie haute du à la présence d'un couvert forestier important au dessus du creek.

Au 19 Octobre 2009: aucune espèce envahissante n'a été enregistrée dans les 4 parcelles mises en place. L'hypothèse d'arrivée de nouvelles espèces suite à la modification du substrat par apport considérable de calcaire avait été abordée lors du rapport transmit le 28 mai 2009 et n'est donc pas établie.

Figure 14-2 : Parcelle N°1 le 09/10/09



Figure 14-3 : Parcelle n°1 le 09/10/09



Figure 14-4 : Parcelle n°2 le 09/10/09



Figure 14-5 : Parcelle n°2 le 09/10/09



Figure 14-6 : Parcelle n°3 le 09/10/09



Figure 14-7 : Parcelle n°3 le 09/10/09



Figure 14-8 : Parcelle n°4 le 09/10/09



Figure 14-9 : Parcelle n°4 le 09/10/09



15. Méthodologie utilisée en évaluation d'impact

15.1. Introduction

L'approche méthodologique suivie par Vale Inco Nouvelle-Calédonie a été présentée dans les dossiers ICPE de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées d'octobre 2007 et l'étude d'impact global du projet. La méthodologie d'évaluation des effets environnementaux a été développée par des experts internationaux (cf. annexe des documents de référence en fin de chapitre 12).

15.1.1. Définition des éléments importants de l'environnement EIE

La consultation des populations (et l'étude d'impact socioéconomique du projet) ont permis d'évaluer les préoccupations environnementales (y compris socio-économiques) liées à l'implantation du site industriel de Vale Inco Nouvelle-Calédonie. Ces préoccupations rendent compte des effets du projet sur certaines composantes de l'environnement (air, eau, sol, etc.). Sur la base des analyses précédentes et des évolutions du projet depuis juillet 2002, ces préoccupations environnementales font l'objet d'une évaluation méthodique. Ces préoccupations ou composantes environnementales sont regroupées par thématiques et appelées Eléments Importants de l'Environnement (EIE).

L'élément Important de l'environnement est, par définition, une composante environnementale susceptible d'être affectée par le projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie et il répond aux conditions suivantes :

- l'EIE est un paramètre environnemental imposé par les réglementations applicables ou recommandées⁸ sur lequel porte l'évaluation des effets des installations ;
- l'EIE fait l'objet d'une préoccupation des populations locales⁹ et/ou revêt une dimension internationale¹⁰ ;
- l'EIE a une valeur patrimoniale ou culturelle¹¹, en corrélation ou non avec sa valeur écologique¹²;

⁸ Les réglementations sont celles les plus récentes en vigueur sur le territoire calédonien, en cas d'absence de directive sur un paramètre précis alors les seuils l'ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council) sont pris en compte. Les réglementations dites : recommandées concernent les seuils ou limites recommandées par une expertise, en absence de réglementation internationale applicable sur ce paramètre (par exemple par la tierce expertise indépendante dite du CNRS 2006 qui a recommandé un seuil de rejet en manganèse pour l'effluent)

⁹ Les préoccupations locales ont été identifiées par consultations des communautés récapitulées sur la figure 12.1 suivante. (+ Etudes d'impact socio économique).

¹⁰ Les référentiels principaux au niveau des préoccupations de nature internationale sont rappelés dans la figure 12.2 suivante.

¹¹ La valeur patrimoniale ou culturelle d'un EIE n'est pas fondée sur une valeur chiffrable objective évidente mais sur une valeur historique voire mythique. Les consultations des populations, notamment au niveau des éléments emblématiques importants pour la gestion de la zone Sud du lagon inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO (et auxquelles Vale Inco NC participe avec un objectif d'écoute), permettent d'identifier de nombreux EIE de valeur patrimoniale. Il en est de même au niveau de la biodiversité terrestre avec les consultations qui ont lieu dans l'objectif de sauvegarder la biodiversité des langues locales et de traduire des contes et des noms d'espèces locaux. (Une espèce peut ne pas être considérée comme menacée ou rare et pourtant elle peut avoir une haute importance dans certaines coutumes ou cérémonies, elle est donc de forte valeur, au même titre qu'une espèce qui serait sur la liste rouge de l'IUCN, par exemple).

¹² La valeur écologique quant à elle doit être objectivée (dans une finalité de quantification qui est une préoccupation internationale forte) et elle se réfère aux listes de l'IUCN et à tous les référentiels cités sur le tableau de la figure 12.2 : au CITES (Convention internationale sur les espèces menacées), à la FAO (Food and Agricultural Organization), au **Code de l'environnement de la Province Sud**, à la CDB (Convention sur la Diversité Biologique) et l'IFB (Institut Français de la Biodiversité). La vulnérabilité (rareté) du taxon ou de l'habitat considérés, son abondance dans toute la région du Grand Sud calédonien et sur la zone d'évaluation, ses tendances évolutives, son degré de protection, ses possibilités de reproduction en pépinière, son rôle fonctionnel (corridors, taxons clef- de- voûte), son micro endémisme, sa valeur marchande reconnue ou illégale (par exemple une espèce recherchée pour ses essences ou par les collectionneurs)etc. sont des critères qui sont pris en considération pour évaluer la valeur écologique d'une espèce ou d'un habitat à protéger prioritairement (par exemple les recommandations de l'IRD de Nouméa prennent en compte ces critères en hiérarchisant les priorités de protection sur les forêts, les maquis pré-forestiers, les écosystèmes rivulaires etc.).

A cette fin la région d'évaluation du Grand Sud (60 000 hectares) est inventoriée de façon de plus en plus précise pour permettre une comparaison d'abondance d'un habitat éventuellement affecté par le projet, comparaison entre sa répartition dans la région du

- l'EIE doit permettre la mise en place d'un plan de gestion et de surveillance¹³, (sur la base d'indicateurs environnementaux) tout au long de la vie du projet, voire au-delà.

Figure 15-1 : Consultation des populations

Sur le plan de la communication, 2007 a été une année charnière :

La construction est avancée à 70% et les dossiers ICPE des différentes utilités ont été soumis.

Ainsi, on peut constater une très grande activité impliquant des moyens importants avec une mobilisation du personnel technique de Goro Nickel à la rencontre de la population. L'objectif était de se donner toutes les chances d'échanger avec les membres des communautés impactées.

• **Journées portes ouvertes (exposition avec réunions et permanences dans les différentes mairies) :**

- Nouméa, Yaté, Mt Dore, Ile des Pins, Ile Ouen, Lifou, Thio, Yaté
- Durée de plusieurs jours chacune (4 jours dont 1 samedi) surtout pour Nouméa, Yaté, Mt Dore, 1 jour ailleurs (Ile des Pins, Ile Ouen, Thio, Koné, Lifou).
- Posters au mur, bornes interactives avec films diffusés, maquettes, brochures, experts présents, contrôleurs environnementaux voisins présents

• **Réunions publiques :**

- Sur les lieux des Portes ouvertes (détails ci-dessus), mais aussi :

Rencontres avec les ONG présentes sur le Territoire,
Rencontres avec de nombreuses associations (de quartiers, voile, plongée, pédagogiques, etc.)
Rencontres avec de nombreux leaders d'opinion représentatifs de la société civile calédonienne

• **Visites de site**

- **Visites régulières proposées tout au long de l'année (2 000 personnes/an depuis 2005)**

- Visites spéciales ICPE (voisins, influenceurs, grand public)
- Inscriptions lors des réunions / open house
- 2 visites dédiées au public scolaire demandeur (1 pour Collèges, 1 pour Lycées)

• **Journée Découverte (portes ouvertes) le 8 septembre : 2 500 personnes**

- Zone spécialement aménagée autour du belvédère du site de construction (une vingtaine de stands d'information tenus par les experts des différents départements représentés)
- Ouvert au public
- Explications du procédé

Les questions et préoccupations des personnes sont répertoriées, classées par sujets et prises en compte

Nous avons effectué 10 réunions d'informations auprès des communautés, dont 9 sur Yaté et Mont-Dore. Des réunions d'informations ont également été réalisées pour sensibiliser et informer les autres communes du territoire avec l'opération « Goro Nickel Près de chez vous » (expositions dans les mairies, diffusion de films, réunions publiques).

Enfin, l'enquête publique dans le cadre de la demande d'autorisation ICPE a été l'occasion d'organiser 3 réunions (Nouméa, Mont-Dore, Yaté) avec l'ensemble de l'équipe de direction et les experts de Goro Nickel et les commissaires enquêteurs.

Grand Sud et sa répartition sur la zone d'empreinte . Les priorités d'évitement son ainsi définies. (Stratégie : 1-Eviter, 2- Minimiser, 3-Restaureur, 4-Compenser)

Les rôles d'un taxon (ou d'un milieu) dans la fonctionnalité des écosystèmes et donc leur pérennisation évolutive, sont difficiles à appréhender malgré les efforts d'études. L'amélioration des connaissances est continue et de nombreuses mesures compensatoires ou volontaristes de Vale Inco NC portent sur une amélioration continue des connaissances des écosystèmes du Grand Sud, en fonction de ces connaissances et de l'évolution des écosystèmes de la région, la valeur d'une espèce (ou d'un habitat) peut être mofofiée.

¹³ Plans de gestion et de surveillance : Ce critère n'est pas véritablement discriminant car la plus part des éléments environnementaux peuvent faire l'objet d'un plan de surveillance. Il s'agit de prendre en compte le fait qu'un EIE identifié comme tel devra être suivi de façon quantifiable et le plus objective possible durant toute la durée du projet, tel un indicateur ou un KPI. Cette obligation de planification et de *reporting* est une garantie qui va exclure certains éléments trop conceptuels ou qui va forcer à les définir et quantifier.

- Site web : <http://www.goronickel-icpe.nc/>
- Dossier ICPE
 Tout le dossier ICPE en ligne (c'est la première fois qu'un industriel rend public sur un site web l'intégralité de son dossier ICPE)
 + une version abrégée et compréhensible du grand public en ligne également.
 + le résumé non technique dans sa version anglaise
- Newsletter
- FAQ (Foire Aux Questions) sur le site web

**Au niveau des employés: forum/ blog interne qui prend en compte les questions et préoccupations des employés.
 Au niveau du public : ligne verte gratuite d'appels téléphoniques et prise en compte des appels et des sujets de Préoccupations + questions via internet.**

Figure 15-2 Préoccupations de nature internationale. Référentiels consultés. Liste non exhaustive

- **le développement durable :**

- référentiels « politiques » : déclaration de Rio
- référentiels « professionnels » : ICMM
- référentiels « normatifs » : ISO, Global compact, GRI
- référentiels « groupe VALE » : politiques et lignes directrices, bonnes pratiques et projets + rapport de développement durable (2007, 2008)

- **Le global warming (réchauffement climatique)**

- Référentiel « politique » : international => Accord de Kyoto / national (France) => plans climats
- référentiel « professionnel » : Carbone disclosure projet
- référentiel « groupe Vale » : politique et lignes directrices sur les émissions atmosphériques et le réchauffement climatique

- **La biodiversité et son érosion**

- référentiels « politiques » : international=> PNUE, IUCN / national (France) => stratégie nationale de la France pour la Biodiversité
- référentiels « expertise » : rapport du GIEC, rapport Chevassus au Louis
- référentiels « groupe Vale » : Politique et lignes directrices, bonnes pratiques

- **La conservation de la capacité évolutive de la biodiversité**

- Les listes rouges et classifications IUCN qui déterminent la vulnérabilité des espèces ;
- Le CITES (Convention Internationale sur les Espèces Menacées) ;
- La FAO (Food and Agricultural Organization);
- La Convention sur la diversité biologique CDB ;
- L'IFB : Institut Français de la Biodiversité ;
- Les délibérations de la Province Sud calédonienne relatives :
 - o à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes,
 - o aux espèces protégées et
 - o aux aires protégées de l'assemblée ;
- Le Code de l'Environnement de la Province Sud 2009 ;
- L'expertise collégiale sur les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien ;
- Les recommandations des experts de l'IRD (Institut de recherche pour le développement France/ Nouméa), la SCO (Société Calédonienne d'Ornithologie), l'IAC (Institut agronomique calédonien), l'UNC (Université de Nouvelle-Calédonie), la DAVAR (Direction des affaires vétérinaire, alimentaire et rurale calédoniennes).

15.2. Identification des éléments importants de l'environnement

Les EIE sont rassemblés par thème et identifiés dans chaque thème.

EIE rassemblés par thèmes	EIE
Environnement atmosphérique	1 Qualité de l'air 2 Changement climatique
Eaux douces et leur biodiversité	3 La disponibilité de la ressource en eau 4 Les débits des cours d'eau 5 Qualité des eaux douces (rivière Kwé, Creek de la Baie Nord) 6 Qualité des sédiments 7 Biodiversité a. Communautés piscicoles b. Invertébrés d'eau douce
Eaux marines et côtières, le lagon et sa biodiversité	8 Qualité des eaux marines et côtières (Baie de Prony, Canal de la Havannah) 9 Qualité des sédiments marins et côtiers 10 Biodiversité a. Récifs coralliens et communautés benthiques b. Ichtyo faune c. Reptiles marins (tortues) d. Mammifères marins 11 Les effets sur la chaîne alimentaire
Eaux souterraines	12 Qualité des eaux souterraines 13 Régime des eaux souterraines
Biodiversité terrestre	14 Formations végétales (forêts denses humides et rivulaires, maquis para-forestiers, hydromorphes et de piémonts et corridors) 15 La faune terrestre a. Avifaune b. Herpétofaune c. Entomofaune / Myrmécofaune
Environnement humain	16 Commodités du voisinage et paysage 17 Aspects macro-économiques (territoire, province) 18 Aspects micro-économiques (communauté, tribu) 19 Aspects socioculturels

15.3. Cas de l'accident d'acide dans le Creek de la baie Nord

Au cours de cette évaluation nous allons prendre en compte les EIE des eaux douces ainsi que les EIE relatifs au milieu marin. Au niveau de la biodiversité terrestre l'EIE n°14 sur la flore rivulaire (et éventuellement la faune associée) qui longe le creek est bien évalué et au niveau de l'environnement humain, l'impact sur les divers EIE sera aussi envisagé.

15.4. Définition des effets

Après avoir identifié les EIE, qui feront l'objet de l'évaluation environnementale, il convient de définir la méthodologie qui sera adoptée systématiquement. Avant de décrire cette méthodologie, une définition des effets, en fonction de leur nature, est rappelée ainsi qu'une synthèse rapide des outils existants pour l'évaluation des effets.

La définition d'un impact environnement vient de la **Norme ISO14001** des Systèmes de Gestion Environnementale : ***toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits ou services d'un organisme.***

Cette norme est un guide de gestion environnementale pour l'entreprise basée sur le principe de l'amélioration continue, elle ne permet pas d'évaluer les EIE, cependant elle présente un glossaire de termes et définitions internationalement reconnus et normalisés.

L'évaluation des effets résiduels pourra impliquer (justifier ou demander) des mesures d'adaptation et de correction supplémentaires visant à réduire l'impact évalué.

Les mesures de compensation se dessinent derrière cette évaluation des effets résiduels, après atténuation.

Les effets du projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie seront analysés **en tenant compte des mesures d'atténuation mises en œuvre**. Ils seront dénommés « effets résiduels » dans l'étude d'impact.

Cela signifie que les effets résiduels réunissent les seuls effets qui demeurent à l'issue des mesures d'atténuation prises pour la circonstance (définition qui est bien reprise dans le rapport d'expertise EMC² de septembre 2009).

Un impact environnemental est la cause d'effets classifiés selon les termes suivants :

- **Les effets directs** sont directement attribuables au fait étudié et traduisent les conséquences immédiates de ce fait sur l'environnement dans l'espace et dans le temps.
- **Les effets indirects** résultent d'une relation de cause à effet ayant à l'origine un effet résiduel direct. Ils peuvent concerner des territoires éloignés ou apparaître dans un délai plus ou moins long mais leurs conséquences peuvent être aussi importantes que celles des effets résiduels directs.
- **Les effets induits** sont déclenchés par les conséquences des effets indirects. Ils résultent d'une relation de cause à effet ayant à l'origine un effet résiduel indirect.

La somme de ces trois niveaux d'effets, direct, indirect et induit, constitue **les effets résiduels totaux**. Les effets sont analysés **en tenant compte des mesures d'atténuation mises en œuvre**. Ils sont nommés « effets résiduels » dans la suite de ce document.

- **Les effets résiduels permanents** sont des effets inscrits dans la durée.
- **Les effets résiduels temporaires** sont des effets limités dans le temps : ils disparaissent immédiatement après cessation de la cause, ou leur intensité peut s'atténuer progressivement jusqu'à disparaître.

A ces notions s'ajoute la **notion de réversibilité ou d'irréversibilité**. Un effet résiduel est réversible si à la cessation de l'activité le générant, il ne se manifeste plus. Un effet résiduel est irréversible si, au contraire, l'effet subsiste au cours du temps après cessation de la cause l'ayant généré.

15.5. Outils utilisés pour caractériser les effets résiduels

De nombreux outils existent pour la caractérisation des effets résiduels environnementaux. Le choix d'un outil approprié est fonction de la nature des effets étudiés, de la disponibilité des données et de leur qualité, et enfin des conditions propres au fait étudié (temps imparti, équipe d'études). Les principaux outils utilisés englobent des outils d'identification (inventaires, étendues, volumes...) et d'évaluation (quantification) des effets résiduels environnementaux. Ils peuvent être employés isolément ou en association.

15.5.1. Avis des experts

Les composantes de l'environnement étant de nature multiple et complexe (interactions), il est fait appel à une ou plusieurs équipes pluridisciplinaires d'experts capables d'identifier et d'évaluer les effets résiduels environnementaux d'un projet.

15.5.2. Modélisation

De nombreux outils de modélisation existent. Ils permettent de quantifier les effets résiduels en simulant les conditions environnementales dans lesquels ils se manifestent. Ils sont souvent appliqués pour évaluer la dispersion de polluants dans l'eau.

15.5.3. Cartographie et systèmes d'information géographique

L'outil cartographique (cartes, systèmes d'information géographique) permet, par la préparation de cartes ou la superposition de cartes présentant des informations complémentaires d'identifier la répartition spatiale des effets résiduels, d'établir un état zéro des conditions environnementales initiales, d'apprécier les évolutions du projet dans le temps et de cerner les zones particulièrement sensibles ou affectées. Le paramètre de l'étendue est ainsi évalué.

15.5.4. Matrices

Les matrices sont généralement présentées sous la forme de tableaux. Elles peuvent être utilisées pour identifier les effets résiduels directs sur les composantes de l'environnement, et leur exploitation peut être étendue aux effets résiduels indirects et cumulatifs (interactions) entre différentes composantes. Les matrices ne permettent pas de quantifier les effets résiduels, mais de les pondérer sur la base de critères tels que la durée, l'étendue, et intensité.

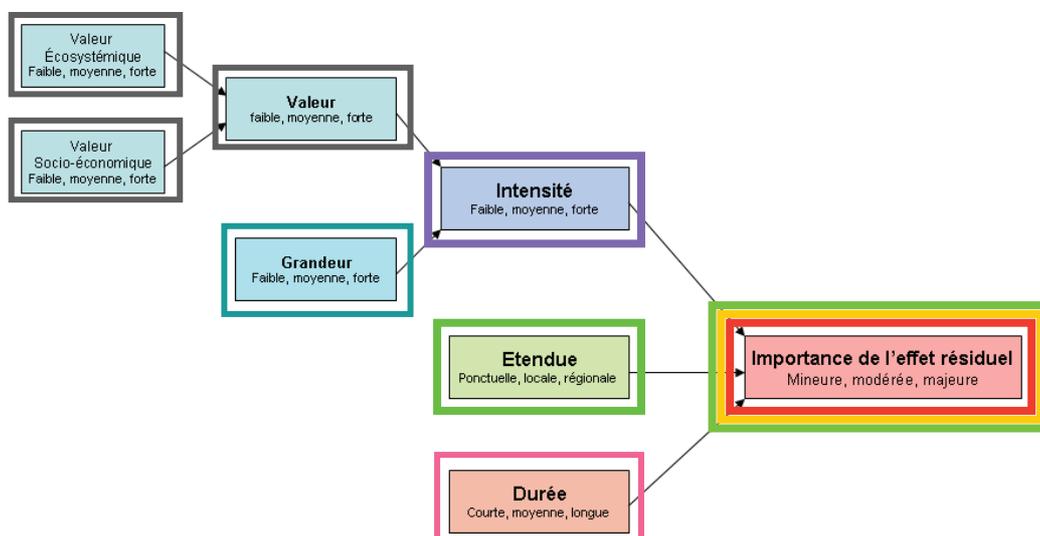
Les matrices utilisées prennent bien en compte la valeur socio-économique et culturelle des EIE.

15.5.5. Autre outils

En fonction du sujet traité.

15.6. L'évaluation par matrices

Méthodologie pour l'évaluation de l'importance de l'effet résiduel



L'intensité ou gravité de l'effet résiduel est le résultat du croisement entre la « grandeur » de la perturbation et la « valeur » accordée à l'EIE.

- La « **grandeur** » de la perturbation sera évaluée à partir des résultats des modélisations numériques ou physiques, de la cartographie ou par analogie à partir de l'expérience et de la pratique des experts. La grandeur sera comparée à des critères de référence définis, et les difficultés éventuelles rencontrées pour les apprécier seront précisées. En fonction des composantes de l'environnement étudiées, les critères utilisés seront :
 - Les critères réglementaires (locaux, nationaux et éventuellement internationaux) ;
 - Les valeurs guides, les normes et les recommandations généralement établies par les organisations nationales et internationales ;
 - L'opinion des experts (organismes publics, locaux et régionaux, chercheurs, universités, consultants, etc.) formulée sur la base de l'expérience acquise et de l'analyse des données.

La « grandeur » d'un effet résiduel négatif sera :

Forte – lorsque l'effet résiduel détruit la composante, met en cause son intégrité ou entraîne un changement majeur de sa répartition générale ou de son utilisation dans le milieu.

Moyenne – lorsque l'effet résiduel modifie la composante touchée sans mettre en cause son intégrité ou son utilisation ou entraîne une modification limitée de sa répartition générale dans le milieu.

Faible – lorsque l'effet résiduel altère faiblement la composante mais ne modifie pas véritablement sa qualité, sa répartition générale ou son utilisation dans le milieu.

- La « **valeur** » de l'EIE tient compte de :
 - **Son caractère éco-systémique**, caractérisant son rôle ou sa fonction dans l'écosystème ou les chaînes alimentaires, sa rareté, sa vulnérabilité, son statut de protection attribué par la société, etc. et ses relations avec les autres milieux ;
 - **Son caractère socio-économique et culturel**, attribué par la société (populations, organisations, autorités, etc.).

Matrice valeur éco systémique / valeur socio-économique pour la caractérisation de la <u>valeur</u> de l'EIE			
Valeur socio-éco	Valeur éco-systémique		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte
Forte	Moyenne	Forte	Forte

La caractérisation de l'intensité de l'effet résiduel résulte du croisement de la grandeur de la perturbation et de la valeur de l'EIE. Sur la base de la matrice grandeur/valeur ci-après, l'intensité est jugée faible, moyenne ou forte.

Matrice grandeur/valeur pour la caractérisation de <u>l'intensité</u> de l'effet résiduel			
Grandeur	Valeur		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Faible	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Moyenne	Forte	Forte

L'étendue

L'étendue de l'effet fait référence à la superficie touchée et à la proportion de la population affectée, elle ne concerne pas que la superficie touchée ou la distance à la source d'impact, mais aussi la densité et la proportion de la population touchée par les modifications. L'étendue d'un effet peut être :

Régionale – si un effet résiduel sur une composante est ressenti dans une zone géographique importante ou par une grande partie de sa population. La région du Grand Sud calédonienne couvre 60 000 ha, elle est considérée comme la région d'évaluations comparatives, écosystème par écosystème.

Locale – si un effet résiduel sur une composante est ressenti sur une portion limitée de la zone d'étude ou de sa population. La zone d'influence globale du projet, couvrant les voies routières et maritimes, est évaluée à 20 300 ha, l'empreinte globale réelle du projet global à son extension maximale minière (30 ans exploitation) est évaluée à 1900 ha.

Ponctuelle – si un effet résiduel sur une composante est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par un faible nombre d'individus.

La durée

La durée de l'effet résiduel renvoie à la période pendant laquelle les effets seront ressentis dans le milieu qui sera perturbé. Il ne s'agit pas du temps d'effets de la source directe d'impact, mais du temps de récupération de l'écosystème car les effets se prolongent la plus part du temps au-delà de la période d'action de la source. C'est le **temps de résilience d'un milieu** (soit du laps de temps nécessaire à un écosystème pour récupérer son état originel suites à de quelconques perturbations) qui peut permettre de quantifier la durée d'une perturbation. Cependant selon les milieux (marin, forestier, d'eau douce... et selon les espèces considérées : baleines ou oiseaux de mer par exemples) les temps de résilience sont différents. L'estimation de la durée des effets est variable selon l'effet évalué.

Trois durées ont été considérées : longue, moyenne et courte. Pour les appréhender facilement elles sont comparées à la durée du projet : une durée longue étant un laps de temps aussi long (ou d'avantage) que tout le projet minier (soit 30 ans ou plus) ; un effet qui sera ressenti par un milieu durant toute la durée du projet sera de durée longue, quelle que soit la rapidité de résilience du milieu affecté.

Une durée courte est visualisée par deux à trois années maximum, ou moins, le temps de la construction d'un module du projet par exemple, avec résilience du milieu. L'impact est réversible, la résilience du milieu est rapide une fois la source de l'impact stoppée.

La durée de l'effet résiduel, qui renvoie à la période pendant laquelle les effets seront ressentis dans le milieu et à sa résilience, peut donc être :

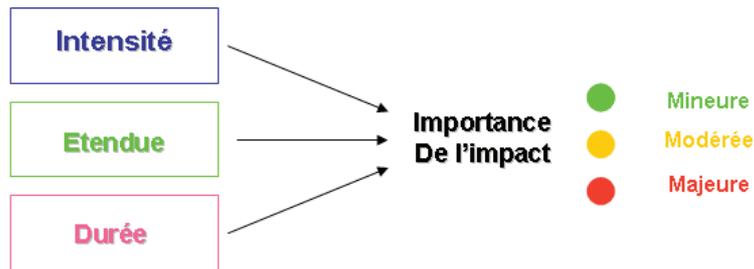
Longue – lorsque l'effet résiduel est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période égale ou excédant la durée de vie du projet (par exemple, durée supérieure à 30 ans).

Moyenne – lorsque l'effet résiduel est ressenti de façon continue ou discontinue, sur une période inférieure à la durée de vie du projet. (Par exemple, durée comprise entre 5 et 30 ans).

Courte – lorsque l'effet résiduel est ressenti de façon temporaire, d'une manière continue ou discontinue, pendant les phases de construction, d'exploitation ou de démantèlement (par exemple, durée comprise entre 2 et 5 ans).

Importance de l'impact résiduel

Une fois évalués, ces 3 critères sont intégrés dans une grille d'analyse qui permet de qualifier l'importance de l'effet résiduel. L'importance de l'impact résiduel peut être majeure, moyenne ou mineure. Dans certains cas (aucune affectation du projet Vale Inco Nouvelle-Calédonie), l'effet résiduel pourra être négligeable voire nul.



Matrice de croisement des critères intensité, étendue et durée pour l'évaluation de l'importance des effets du projet Goro Nickel			
Critères			Importance
Intensité	Etendue	Durée	
Forte	Régionale	Longue Moyenne Courte	Majeure Majeure Majeure
	Locale	Longue Moyenne Courte	Majeure Modérée Modérée
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Majeure Modérée Mineure
Moyenne	Régionale	Longue Moyenne Courte	Majeure Modérée Modérée
	Locale	Longue Moyenne Courte	Modérée Modérée Mineure
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Modérée Mineure Mineure
Faible	Régionale	Longue Moyenne Courte	Modérée Modérée Mineure
	Locale	Longue Moyenne Courte	Modérée Mineure Mineure
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Mineure Mineure Mineure

La notion de réversibilité ou d'irréversibilité sera introduite, de manière appropriée, pour nuancer les effets résiduels identifiés d'importance modérée ou majeure. Il en sera tenu compte dans certains cas spécifiques pour caractériser les effets environnementaux résiduels.

Remarque :

Il n'y a, en fin de croisement matriciel, que 3 graduations possibles : évaluation mineure, modérée ou majeure. Cela peut paraître réducteur et il nous a souvent paru envisageable d'introduire une évaluation de « nulle » ou « négligeable » à l'égard de l'évaluation d'un paramètre qui est bien pris en compte mais qui n'entraîne aucun effet, ou bien d'introduire une évaluation « modérée forte » sans être majeure. Cependant par unité de méthodologie et par efficacité d'un résultat simple ces trois graduations uniques sont maintenues. Pour ce travail sur l'accident d'acide du 1er avril 2009 cela nous a paru suffisant mais une amélioration méthodologique est éventuellement possible à l'avenir. Par exemple les effets tout à fait infimes voire nuls mais qui ne sont pas négligés pour autant ont été indiqués comme inférieur à mineurs : évaluation < mineur. Une importance forte sans pour autant avoir la gravité d'une catastrophe majeure pourrait aussi être envisagée.

15.7. Les éléments environnementaux importants retenus

Environnement atmosphérique	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité de l'air 2. Changement climatique
Eaux douces et leur biodiversité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilité de la ressource en eau 2. Débits des cours d'eau 3. Qualité des eaux douces 4. Qualité des sédiments 5. Biodiversité <ul style="list-style-type: none"> • Communautés piscicoles • Invertébrés d'eau douce
Eaux marines et côtières, le lagon et sa biodiversité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité des eaux marines et côtières 2. Qualité des sédiments marins et côtiers 3. Les effets sur la chaîne alimentaire 4. Biodiversité <ul style="list-style-type: none"> • Récifs coralliens et communautés benthiques • Ichtyo faune • Reptiles marins (tortues) <p>Mammifères marins</p>
Biodiversité terrestre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formations végétales <ol style="list-style-type: none"> a. Riveraine du creek b. Arbres côtiers et de mangrove 2. La faune terrestre <ul style="list-style-type: none"> o Avifaune o Herpétofaune o Entomofaune / Myrmécofaune
Environnement humain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Voisinage 2. Aspects macro-économiques 3. Aspects micro-économiques) 4. Aspects socioculturels

15.8. Evaluation

Evaluation des effets de l'écoulement de la « vague d'acide » du 1er avril 2009, ayant abouti à une pollution d'une portion du creek de la baie Nord.

L'ordre des chapitres est inverse à celui de la gravité de l'impact sur l'EIE dans le chapitre concerné, ceci afin de pouvoir compléter et affiner les deux derniers chapitres (mer et eau douce) au fur et à mesure de l'obtention de nouvelles analyses et données.

Sont donc traités dans l'ordre :

- Milieu atmosphérique ;
- Milieu humain ;
- Milieu terrestre (bord de creek et bord de mer, flore et faune associées) ;
- Milieu marin (lagon) ;
- Milieu des eaux douces de surface et souterraines ;

15.8.1. Les effets mineurs

- Milieu atmosphérique
- Milieu humain
- Milieu terrestre

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Milieu atmosphérique	Qualité de l'air	Intensité	Très faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Réchauffement climatique	Intensité	Très faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

La fuite de 3,1 m³ d'acide n'a pas eu de conséquence sur la santé humaine, sur la qualité de l'air au niveau de l'environnement (santé des écosystèmes) ou sur le réchauffement climatique.

Cet EIE n'a pas été négligé cependant son effet résiduel quasi négligeable est évalué MINEUR ou de façon pondérée inférieur à mineur < MINEUR.

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Environnement humain	Voisinage	Intensité	Très Faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Aspects macro économiques	Intensité	Très Faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
Environnement humain	Aspects micro économiques	Intensité	Très Faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Aspects socio culturels	Intensité	Très Faible à nulle	<Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

Il n'y a pas d'habitations, d'aires de loisirs ou de tourisme, d'autres industries, ni de lieux de pêches ou d'agriculture, dans le voisinage même éloigné du creek de la baie Nord.

Aucune voie routière (ou maritime) n'a été affectée dans ce secteur de 4,5 km de long qui va de l'usine à l'embouchure du creek.

Les poissons et invertébrés de ce creek ne font l'objet d'aucune pêche artisanale, de loisirs, de subsistance ou autre. Ils ne sont pas commercialisés, ils ne sont pas consommés.

Il n'y a aucun impact sur la pêche en lagon.

L'eau de creek n'est pas utilisée en élevage ou agriculture ou à des fins domestiques.

La fuite d'acide n'a pas eu de conséquence sur le voisinage, les villages les plus proches sont Prony village, Yaté ou Goro trop éloignés pour avoir été incommodés de quelque façon que ce soit. Aucune activité socioéconomique ou culturelle de la région n'a été perturbée.

Il n'y a pas eu d'impact sonore ou visuel.

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Biodiversité terrestre	Flore rivulaire Maquis minier riverain du creek	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Arbres de mangroves riverains de l'embouchure	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

Au niveau de la flore : impact mineur, temporaire et réversible, sur les fougères (non classées comme espèces rares ou vulnérables) ayant les racines ou le feuillage directement dans l'eau du creek. Ces fougères sont bien réparties ailleurs dans les habitats humides et ombragés. Le suivi des parcelles de surveillance établies le long du creek avec un gradient d'éloignement permettront d'affiner et de vérifier cette évaluation.

La faune a aussi été considérée, la fuite d'acide dans le creek n'a pas eu de conséquence sur l'avifaune, les reptiles terrestres et la faune terrestre en général.

Il n'y a pas de mammifère ni d'oiseaux indigènes dont la chaîne alimentaire soit inféodée aux poissons du creek.

Le suivi des parcelles floristiques rivulaires, qui sont l'habitat de la faune associée, permettra de vérifier qu'il n'y a pas d'effet indirect ou induit à plus long terme.

Le suivi des arbres épars de mangroves en bord d'eau saumâtre permet de confirmer l'absence d'impact.

Confirmation par le suivi après 2 mois, 4 mois et 8 mois.

Effet résiduel mineur à inexistant, réversible et résilience rapide des fougères.

15.8.2. Les effets modérés (en évaluation détaillée et suivi à long terme)

Les EIE suivants sont détaillés quant à la matrice d'évaluation car les effets du déversement d'acide ont eu (ou ont pu avoir) un impact significatif sur leurs composantes.

- Eaux marines et côtières, le lagon et sa biodiversité :

Valeur socio-économique	Valeur éco-systémique		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte
Forte	Moyenne	Forte	Forte

La valeur socio-économique et culturelle du lagon, dans la zone tampon de l'aire Sud du lagon calédonien (qui est une zone inscrite au patrimoine de l'UNESCO), est d'une valeur forte et hautement prise en considération par les populations calédoniennes : valeur socio-économique forte due à son statut de protection. (La zone pouvant être impactée ne fait pas partie du bien inscrit mais de la zone tampon).

La valeur éco-systémique de cette zone tampon est considérée comme sensible.

En raison de la proximité d'une embouchure de rivière la zone ne présente pas de récif corallien de grande ampleur cependant les coraux adaptés à la turbidité, à l'envasement et aux apports d'eau douce des zones côtières proches des embouchures des creeks, présentent des particularités adaptatives. La diversité des Scléactiniaires dans ces écosystèmes est remarquable, avec une résilience forte et des espèces intéressantes. Dans toute la baie de Prony on retrouve des espèces coralliennes présentant ce

type adaptatif, il n'y a pas de micro endémisme tout à fait particulier en face le creek de la baie Nord découvert à ce jour. La station de suivi fixe ST02 proche (800m) montre une valeur éco systémique moyenne à forte. Par respect et considération du choix de la baie comme zone tampon, nous considérerons cette zone comme de forte valeur éco systémique, surévaluer la valeur éco systémique d'une zone est une précaution acceptée et supplémentaire.

Notons qu'il n'y a pas de mangrove proprement dite en temps qu'écosystème dans l'aire d'évaluation. Les arbres épars de mangrove en bordure d'eau saumâtre ont été inspectés et sont suivis.

La valeur des EIE concernant le milieu marin sera donc considérée comme forte pour toute cette étude.

- La grandeur de la perturbation sur la qualité physico-chimique de l'eau de mer :

Les effets du volume l'eau douce acidifiée du creek de la baie Nord ont été tamponnés par les eaux marines. Les analyses de la structure de la colonne d'eau à l'embouchure du creek ainsi que les analyses des traceurs (métaux dissous permettant d'évaluer la dilution du panache pollué) montrent, en plus de la modélisation, que la qualité physico-chimique de l'eau de mer n'a pas subi de forte perturbation. Seules les eaux préférentiellement de surface et dans un rayon très proche de l'embouchure (rayon estimé à 500 mètres environ, voire moins) ont été momentanément affectées de façon temporaire et réversible. La localisation de cette perturbation est ponctuelle car dans un rayon très proche de l'embouchure.

Ce rayon n'atteint pas l'îlot Gabriel (soit moins de 1 km), ni la station fixe de suivi ST02 située à 800m.

La grandeur de cet effet est évaluée comme faible sur un EIE (*rappel définition : Faible : l'effet résiduel altère faiblement la composante mais ne modifie pas véritablement sa qualité, sa répartition générale ou son utilisation dans le milieu*).

La grandeur faible est croisée avec la valeur forte, ce qui aboutit à une intensité moyenne.

Caractérisation de <u>l'intensité</u> de l'effet résiduel			
Grandeur	Valeur		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Faible	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Moyenne	Forte	Forte

L'intensité moyenne est croisée avec la durée courte de cet impact et une localisation ponctuelle très proche de l'embouchure du creek. (cf. : simulation de dispersion de front de métaux dissous utilisés comme traceurs.)

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Milieu Marin	Qualité des eaux marines et côtières	Intensité	Moyenne	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

L'importance de l'effet est Mineure sur la qualité des eaux de mer

Le suivi après deux mois et après 8 mois et toutes les autres études confirment cette évaluation. Du blanchiment corallien a été découvert lors des suivis annuels dans les autres zones du lagon et jusqu' en réserve Merlet soit tout à fait en dehors de toute influence du projet Vale Inco et partout ailleurs ce blanchiment a régressé en fin de saison des pluies.

L'impact est demeuré localisé dans l'espace de l'embouchure, réversible et limité dans le temps et il a tout au plus affaibli provisoirement les colonies coralliennes, il n'a jamais causé de mortalité sur les coraux ou d'autres espèces marines.

- La grandeur de la perturbation sur la qualité des sédiments marins

Caractérisation de <u>l'intensité</u> de l'effet résiduel			
Grandeur	Valeur		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Faible	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Moyenne	Forte	Forte

L'intensité moyenne est croisée avec la durée courte de cet impact et une localisation ponctuelle très proche de l'embouchure du creek.

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Biodiversité Marine	Qualité des sédiments marins	Intensité	Moyenne	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

L'importance de l'effet est Mineure sur la qualité des sédiments marins.

- La grandeur de la perturbation sur la biodiversité marine et sur la chaîne trophique

Au niveau de la biodiversité évaluée à la suite du déversement d'acide dans le creek de la baie Nord, sont considérés : le benthos, les algues, les coraux et l'ichtyofaune. La qualité de la chair des bios indicateurs que sont les bivalves et aussi évaluée après analyses.

A l'égard du rapport d'expertise qui fait suite aux évaluations en plongées sur toute la zone les 7, 8 et 9 avril 2009 soit une semaine après l'accident, la grandeur des effets sur la biodiversité en général en milieu marin, même proche de l'embouchure (voire dans l'embouchure elle-même) est faible. La station fixe sous marine située à 800 mètres ne présente aucune trace d'impact.

L'intégrité du milieu n'est pas remise en cause (le suivi programmé lors des mois suivants confirme cette constatation, pour rappel : la zone a été ré évaluée les 22, 23 et 24 juin, la station ST02 a été évaluée le 09 juin lors du suivi semestriel et le 22 juin).

(Rappel définition Faible : l'effet résiduel altère faiblement la composante mais ne modifie pas véritablement sa qualité, sa répartition générale ou son utilisation dans le milieu.)

Caractérisation de <u>l'intensité</u> de l'effet résiduel			
Grandeur	Valeur		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Faible	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Moyenne	Forte	Forte

L'intensité moyenne est croisée avec la durée courte (temporaire et réversible) de cet impact et une étendue ponctuelle très proche de l'embouchure du creek. (La station fixe sous marine placée à 800m de présente aucune trace d'effet au cours des 3 évaluations qui ont suivi l'accident).

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Biodiversité Marine	Biodiversité marine	Intensité	Moyenne	< Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

L'importance de l'effet est Mineure (pondéré à : inférieure à mineure) sur la biodiversité marine ainsi que sur les chaînes trophiques.

Les tortues et mammifères marins ont aussi été considérés, il n'y a eu aucune perturbation vis-à-vis de ceux-ci.

- En conclusion (lagon)

Au niveau du lagon, celui-ci est considéré comme ayant une valeur forte d'un point de vue social, économique, culturel et aussi éco systémique. La grandeur des effets qui ont pu l'affecter suite à l'émission accidentelle d'acide dans le creek de la baie Nord est faible ou nulle (et réversible), située de façon très limitée dans le temps (durée courte et si l'on tient compte du temps de résilience du milieu celle-ci a été très rapide, deux mois après l'accident aucun effet de santé perturbée n'est observé) et limitée aussi dans l'espace (étendue ponctuelle).

Cela donne une intensité de perturbation moyenne qui peut être considérée comme surévaluée par précaution et par forte considération de la zone tampon.

D'un point de vue purement éco systémique cette perturbation est très faible, la station fixe de suivi ST02 proche de l'embouchure du creek montre de façon quantifiée (grâce à l'état initial suivi sur celle-ci depuis plusieurs années) qu'aucun impact n'a perturbé sa santé.

Le suivi des bio indicateurs fixes les plus pertinents : les coraux, a été particulièrement approfondi en demandant l'expertise d'un plongeur biologiste spécialiste du corail calédonien qui a suivi le blanchiment des massifs coralliens, espèce par espèce, une semaine après l'accident et deux mois après (le suivi après 8 mois est en cours). Les conséquences de la forte dessalure des estuaires due aux fortes pluies précédentes (Dépression tropicale forte : Jasper, elle a sévit sur le territoire les 26 et 27 mars 2009 soit quelques jours avant l'accident d'acide) est à considérée. (cf. rapport d'expertise).

Les poissons et la pêche dans le lagon ne sont aucunement affectés. Il n'y aucune pollution chronique.

Cette intensité moyenne croisée avec un impact de très courte durée, non chronique, réversible et non rémanent ni bio cumulable, donne une valeur finale de l'impact : faible.

15.9. Eaux douces et leur biodiversité

Valeur socio-économique	Valeur écosystémique		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte
Forte	Moyenne	Forte	Forte

La valeur socio-économique et culturelle du creek de la baie Nord est considérée moyenne à l'égard de sa non-utilisation économique mais de son importance culturelle dans un contexte calédonien très sensible, (par le biais d'organisations non gouvernementales et d'associations, très sensibles aux problématiques écologiques et environnementales et à l'égard de la période d'activité sociale intense du mois d'avril 2009).

La valeur éco-systémique : la valeur des EIE concernant le creek de la baie Nord est évaluée comme moyenne à l'égard des états des lieux effectués lors des années précédentes.

- Ce creek n'est pas inclus dans une réserve ou une zone protégée particulièrement sensible.
- Il n'y a pas d'espèce présentant un micro endémisme exclusif à ce creek, creek qui a été inventorié de nombreuses fois depuis 1995, cependant 9 espèces protégées de poissons ont été répertoriées dans ce creek qui présente 32 espèces (de poissons) au total.
- Au niveau des crustacés aucune espèce n'est protégée ou présente sur la liste de l'IUCN.

Ces données écologiques et socio-économiques donnent par croisement matriciel une valeur Moyenne.

- La grandeur de la perturbation sur la biodiversité du creek

Rappels :

Définitions

Forte – lorsque l'effet résiduel détruit la composante, met en cause son intégrité ou entraîne un changement majeur de sa répartition générale ou de son utilisation dans le milieu.

Moyenne – lorsque l'effet résiduel modifie la composante touchée sans mettre en cause son intégrité ou son utilisation ou entraîne une modification limitée de sa répartition générale dans le milieu.

Impact :

Sur la partie du cours d'eau impactée la perturbation a été forte. Aussi bien les invertébrés que les poissons de la zone de 4,5 km située en aval de la fuite d'acide ont été décimés. L'impact est qualifié de grave par les experts qui ont inventoriés les poissons morts (50 kg), grave mais réversible.

La composante a été détruite et son intégrité a été remise en cause mais de façon réversible comme le montre la régénération naturelle rapide qui fait suite.

Cependant les affluents du creek et sa partie supérieure n'ont pas été touchés et leur intégrité est restée intacte, d'où la réversibilité des effets sur la biodiversité du creek.

Il n'y a pas de pollution chronique ni d'accumulation d'un polluant dans les chaînes alimentaires.

Plusieurs individus d'espèces protégées ont été retrouvés morts. (9 individus de 4 espèces protégées par la Province sud depuis février 09 ; et 2 espèces qui sont inscrites sur les listes IUCN ont été retrouvés et identifiés).

La grandeur de cet impact sur les 4, 5 km du cours d'eau affectés est évaluée Forte.

L'intensité de l'impact est donc forte, par croisement matriciel entre une valeur moyenne et une grandeur forte.

Caractérisation de <u>l'intensité</u> de l'effet résiduel			
Grandeur	Valeur		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Faible	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Moyenne	Forte	Forte

La dernière matrice permet d'évaluer l'importance de l'impact en prenant en compte sa durée et son étendue par rapport à la zone de référence et d'évaluation du Grand Sud calédonien et par rapport à la représentativité de cet écosystème dans la zone.

La durée : La durée de la perturbation en soit a été courte et temporaire (passage d'un flux acidifié en une vague de durée maximale de quelques heures puis retour à la normale).

Les effets physico-chimiques de la perturbation sur le milieu ont été ressentis de façon courte et réversible.

Cependant les effets biologiques directs causés par cette perturbation seront ressentis par le milieu durant une période plus longue car le repeuplement de cet habitat s'effectue par ses affluents et surtout par la mer (espèces catadromes) sur une échelle de temps allant de quelques mois à quelques années. Le suivi à long terme précisera cette durée, les études effectuées lors des 8 mois suivants montrent que la régénération naturelle s'effectue en quelques mois avec le retour de toutes les espèces inventoriées lors des différentes études d'état des lieux, mais la résilience demandera certainement plusieurs années et une préservation de ce creek sans autre perturbation. Cette perturbation est évaluée comme moyenne selon les critères méthodologiques qui définissent la durée.

Remarque : le repeuplement naturel est amorcé moins de 2 mois après l'accident.

L'étendue de la perturbation : l'étendue de l'effet fait référence à la superficie touchée et à la proportion de la population affectée.

4500 mètres de creek ont été impactés entre la fuite d'acide et l'embouchure.

Les affluents permanents qui se jettent dans ce creek n'ont subi aucun impact et représentent au moins 2250 m de cours d'eau permanents, soit 50 % de la longueur affectée. En termes de débit l'habitat eau douce est d'avantage représentatif : si l'on considère le débit à l'embouchure du creek de 100%, les affluents non impactés du creek apportent 40% de cette valeur au minimum. (Et 60% du débit d'embouchure représentent le flux l'eau qui a été impactée). D'autres creeks débouchent encore dans le creek de la baie Nord mais ils ne sont pas permanents ou leur débit est trop faible pour qu'ils soient considérés comme des habitats comparables à l'habitat impacté.

Pour le cours d'eau Creek baie Nord lui-même environ 60% de son étendue et de son volume ont donc ressenti les effets de la pollution acide. Les 40% non impactés contribueront à la restauration naturelle des niches écologiques laissés vides plus en aval. Le suivi de ce repeuplement sera étudié et deux mois après l'accident il confirme ce fait de restauration en cours.

A l'égard de la zone d'évaluation du grand Sud et des creeks présents dans cette zone, l'étendue de 4,5 km est une étendue ponctuelle.

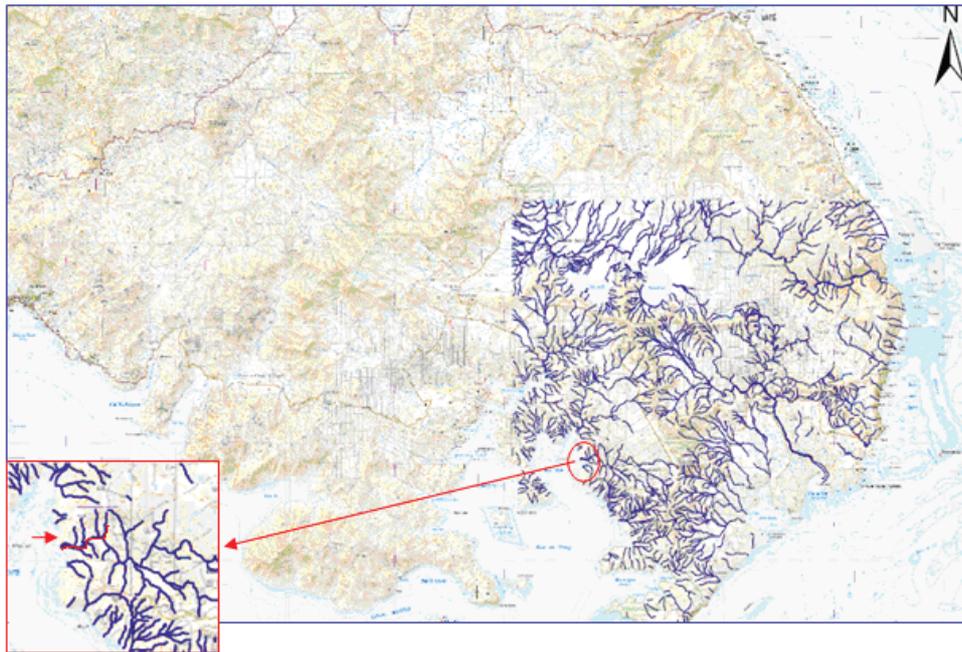
Rappels : De nombreux autres creeks et rivières ont aussi été l'objet d'inventaires, depuis 1995, ainsi que d'évaluations de leurs indices biotiques IBNC et de leur indice d'intégrité biotique IIB -Poissons , tout comme le creek de la baie Nord.

A l'égard des autres rivières de la zone d'influence du projet et des bassins versants étudiés, 4, 5 km représentent moins de 3 % du réseau d'eau douce d'habitats comparables. (150 km de creeks et rivières sans compter les zones trop en amont ni les affluents mineurs ni les ruisseaux éventuellement non permanents. Evaluation minorée, ce qui majore l'importance du creek de la baie Nord).

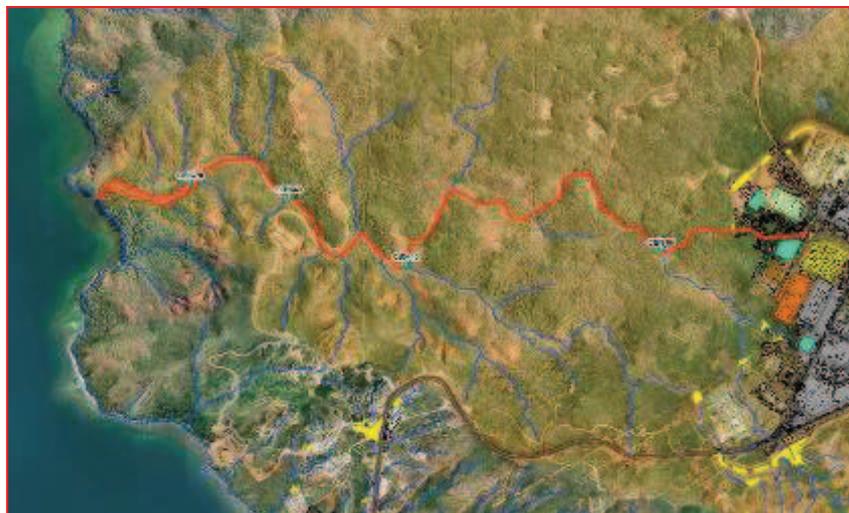
L'étendue affectée est ponctuelle au sens :

Définition Ponctuelle – si un effet résiduel sur une composante est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par un faible nombre d'individus.

Le creek de la baie nord dans le contexte hydrographique de la région du grand sud calédonien



Le creek de la baie Nord et sa portion affectée surlignée en rouge



La matrice donne donc, pour une étendue ponctuelle et une durée moyenne vis-à-vis de l'impact sur la biodiversité, une importance de l'effet modérée.

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Eau douce	Biodiversité du creek	Intensité	Forté	Modérée
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Moyenne	

Le suivi du repeuplement du creek par des espèces locales permet de confirmer que la durée de la perturbation sur les peuplements d'eau douce est une d'une durée moyenne, voire courte. Les évaluations de cette étude d'impact sont remises à jour avec l'obtention de nouvelles données.

Si besoin était une restauration serait menée mais elle ne sera envisagée qu'après un suivi de la régénération naturelle de plusieurs mois.

Huit mois après l'impact les experts conseillent de ne pas réaliser une restauration mais de laisser la recolonisation naturelle des niches écologiques suivre son cours.

- La grandeur de la perturbation sur qualité physico-chimique du creek et de ses sédiments

Le débit du creek n'est pas altéré.

La qualité des eaux dans leur composition chimique a été modifiée durant un nombre d'heures limité qui n'excède pas 24 heures

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Eau douce	Qualité des eaux du creek	Intensité	Forte	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

Même évaluation que pour la biodiversité du creek cependant la durée de la modification physico-chimique des eaux du creek a été courte.

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Eau douce	Qualité des sédiments du creek	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

Même évaluation que pour la qualité physico-chimique de l'eau du creek cependant la l'intensité durée de la modification de la perturbation est faible.

- La grandeur de la perturbation sur qualité physico-chimique des eaux souterraines

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Eaux douces souterraines	Qualité des eaux souterraines	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	

15.10. *Résumé synthétique*

Thématique	EIE et effet résiduel	Critères	Appréciation des critères	Importance de l'effet résiduel
Milieu atmosphérique	Qualité de l'air Réchauffement climatique	Intensité	Très faible à nulle	< Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
Milieu humain	Voisinage Aspect macro économique Aspect micro économique Aspect socio culturel	Intensité	Très faible à nulle	< Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
Milieu terrestre	Maquis et flore rivulaire Arbres de type mangrove	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
Milieu marin	Qualité physico-chimique de l'eau de mer	Intensité	Moyenne	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Qualité physico-chimique des sédiments	Intensité	Moyenne	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Biodiversité marine	Intensité	Moyenne	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
Milieu des eaux douces	Qualité physico-chimique de l'eau	Intensité	Forte	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Qualité des sédiments	Intensité	Faible	Mineure
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Courte	
	Biodiversité	Intensité	Forte	Modérée
		Etendue	Ponctuelle	
		Durée	Moyenne	
Aucun effet résiduel permanent avéré. Aucun effet résiduel majeur avéré				