

Rapport N° 2011/IB 16

- version H_7 (version finale)

Suivi comparatif de la qualité de certains cours d'eau dans le périmètre d'influence du projet minier et industriel de Vale Nouvelle-Calédonie *Phase 1 : rapport de terrain et résultats d'analyses 2011-2013*

C. FLOUHR (HYTEC) & N. MARY (ETHYCO)

Editeur : OEIL

Mars 2014

HYtec

Études & Conseils VRD
Traitement des eaux usées
Hydrobiologie

ETHYCO
ETude HYdrosystèmes COntinentaux



Observatoire de l'environnement
en Nouvelle-Calédonie

11 rue Guynemer
98800 Nouméa
Tel.: (+ 687) 23 69 69
www.oell.nc

Photos de couverture :

Grande : Creek Baie Nord, vue du milieu de la station 6-T depuis l'aval en rive gauche (C. Flouhr 06/06/2013),

Petite : Ruisseau des Kaoris en aval du sentier de randonnée, aval station (C. Flouhr 22/11/2011).

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre I - Introduction	1
Chapitre II - Description des stations de prélèvement et données historiques	4
II.1. Choix et situation des stations d'échantillonnage	4
II.2. Rappel historique sur la qualité des eaux des stations échantillonnées.....	10
II.2.1. Creek Baie Nord.....	10
II.2.2. Rivière Kwë	12
II.2.3. Ruisseau des Kaoris	14
II.2.4. Trou Bleu	14
II.2.5. Rivières Kuébini et Wajana.....	15
Chapitre III - Plan d'échantillonnage des eaux superficielles et méthodologie	17
III.1. Plan d'échantillonnage des eaux superficielles par Vale NC.....	17
III.2. Calendrier des prélèvements de Hytec et conditions climatiques.....	18
III.3. Les compartiments prospectés par Hytec pour le compte de l'OEIL	19
III.4. Les échantillons d'eau et de sédiments : méthodes et paramètres analysés par Hytec	19
III.4.1. Intervenants et protocole de prélèvement de l'eau et des sédiments adopté par Hytec.	19
III.4.2. Choix des paramètres physico-chimiques analysés sur les eaux de rivière et les sédiments	20
III.4.3. Choix du support analytique pour l'analyse de l'eau	27
III.4.4. Listes complète et réduite de paramètres physico-chimiques analysés sur les eaux de rivière par Hytec	28
III.4.5. Réseau hydro-pluviométrique (Vale NC).....	30
III.4.6. Paramètres bactériologiques analysés dans les eaux de rivière par Hytec	30
III.4.7. Valeurs de référence pour l'eau.....	31
III.5. Les pigments chlorophylliens : méthodes et paramètres analysés	32
III.5.1. Intérêt de la mesure	32

III.5.2. Méthodologie d'échantillonnage	33
III.6. Les prélèvements floristiques : protocoles de prélèvements et de traitements en laboratoire ..	33
III.6.1. Le phytoplancton.....	34
III.6.2. Le phytobenthos.....	36
III.6.3. Les diatomées.....	38
III.6.4. La flore des berges ou ripisylve	41
III.7. La macrofaune benthique	42
III.7.1. Méthodologie d'échantillonnage et de traitement des prélèvements.....	42
III.7.2. Intervenants	45
III.7.3. Matériel collecté par Hytec et Aqua Terra	45
III.7.4. Calcul des indices biotiques et de diversité	46
III.7.5. Contrôle qualité.....	47
III.8. Le contrôle qualité (eau, sédiments, flore aquatique).....	47
III.8.1. Contrôle qualité interne à Hytec.....	48
III.8.2. Contrôle externe des prestations réalisées par Vale NC et Aqua Terra.....	49
III.8.3. Contrôle externe des analyses biologiques réalisées par Hytec	50
III.9. Synthèse des prélèvements et des analyses réalisées	50
Chapitre IV - Résultats	55
IV.1. Qualité physico-chimique des eaux	56
IV.1.1. Modalités de transport, de conservation des échantillons d'eau et délais d'analyse (Hytec et Vale NC).....	83
IV.1.2. Comparaison des méthodes d'analyse, des unités et des limites de quantification ou détection entre les 2 opérateurs.....	84
IV.1.3. Aptitudes à différents usages de l'eau des rivières étudiées.....	93
IV.1.4. Variation du nombre de paramètres physico-chimiques analysés d'une campagne à l'autre par Hytec.....	99
IV.1.5. Résultats du contrôle qualité effectué par Hytec sur les paramètres physico-chimiques	103
IV.1.6. Comparaison des mesures effectuées in situ par Hytec, Aqua Terra et Vale NC	106
IV.1.7. Comparaison des résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sur l'eau par Hytec et Vale NC	108

IV.1.8. Caractérisation chimique des eaux (données Hytec).....	117
IV.1.9. Présence de substances toxiques et indésirables.....	122
IV.1.10. Présence de matières organiques.....	127
IV.1.11. Paramètres concernant les micropolluants organiques	128
IV.1.12. Paramètres microbiologiques (E. coli, entérocoques, coliformes totaux).....	128
IV.1.13. Autres paramètres	128
IV.1.14. Comparaison de la qualité des eaux des stations sous influence du projet industriel et minier de Vale NC avec les stations choisies comme stations de référence sur la base des paramètres analysés sur l'eau par Hytec	129
IV.1.15. Principales caractéristiques physico-chimiques des stations suivies (qualité de l'eau)	137
IV.2. Qualité physico-chimique des sédiments	142
IV.2.1. Modalités de transport, de conservation des échantillons de sédiments et délais d'analyse (Hytec et Vale NC)	149
IV.2.2. Comparaison des méthodes d'analyse, unités et limites de quantification entre les 2 opérateurs.....	149
IV.2.3. Comparaison des résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sur les sédiments par Hytec et Vale NC.....	151
IV.2.4. Qualité physico-chimique des sédiments à la station Creek Baie Nord 6-T	153
IV.2.5. Recommandations pour le prélèvement et l'analyse physico-chimique des sédiments.	158
IV.3. Phytoplancton et phytobenthos	158
IV.3.1. Résultats concernant le phytoplancton	159
IV.3.2. Résultats pour le phytobenthos.....	159
IV.4. Diatomées	161
IV.4.1. Aspects taxinomiques	162
IV.4.2. Contrôle qualité	166
IV.4.3. Conclusions sur les diatomées	166
IV.5. La flore des berges ou ripisylve.....	166
IV.6. La macrofaune benthique	168
IV.6.1. Comparaison des méthodes de prélèvement des macro-invertébrés benthiques mises en œuvre par Hytec et Aqua Terra.....	168
IV.6.2. Qualité biologique des stations échantillonnées	172

IV.6.3. Comparaison des stations potentiellement impactées et de référence d'un point de vue mésologique et faunistique.....	183
IV.6.4. Taxons remarquables.....	185
Chapitre V - Conclusions	186
V.1. Qualité physico-chimique et biologique des stations échantillonnées	186
V.1.1. Qualité des eaux.....	186
V.1.2. Qualité des sédiments de la station Creek Baie Nord 6-T.....	189
V.1.3. Qualité biologique	190
V.2. Coordination des interventions et des intervenants	190
V.2.1. Les points positifs.....	190
V.2.2. Les points à améliorer	191
V.3. Analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments	191
V.3.1. Contrôle en double aveugle de la physico-chimie des eaux de rivière.....	191
V.3.2. Contrôle en double aveugle de la physico-chimie des sédiments de rivière.....	192
V.3.3. Comparaison de la qualité physico-chimique des sédiments de rivière à la station Creek Baie Nord 6-T entre novembre 2011 et décembre 2012	192
V.3.4. Recommandations relatives aux prélèvements et analyses d'eau et de sédiments	192
V.3.5. Fréquences d'analyse.....	201
V.4. Analyses floristiques (phytoplancton, phytobenthos, diatomées et végétation des berges)	201
V.4.1. Phytoplancton et phytobenthos	201
V.4.2. Diatomées	201
V.4.3. Végétation des berges.....	202
Chapitre VI - Références bibliographiques.....	203
VI.1. Occupation des sols et qualité physico-chimique des eaux.....	203
VI.2. Flore de Nouvelle-Calédonie.....	203
VI.3. Benthos	204
VI.4. Algues d'eau douce	204
VI.5. Phytoplancton d'eau douce	204
VI.6. Diatomées de Nouvelle-Calédonie.....	204

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiches d'accès aux stations

Annexe 2 : Détail des prélèvements réalisés sur 6 stations en rivière – année 1 (novembre 2011 et juin 2012) et année 2 (décembre 2012-janvier 2013 et juin 2013)

Annexe 3 : Méthodologie d'échantillonnage de la flore aquatique

Annexe 4 : Méthodologie d'échantillonnage de la faune benthique

Annexe 5 : Photos

Annexe 5.1 : Photos des stations et prélèvements du 22/11/2011

Annexe 5.2 – Photos des stations et prélèvements du 20/06/2012

Annexe 5.3 – Photos des stations et prélèvements des 10 et 11/12/2012 et 18/01/2013

Annexe 5.4 – Photos des stations et prélèvements des 04 et 06/06/2013

Annexe 6 : Fiches des relevés terrain

Annexe 6.1 – Fiche des relevés terrain du 22/11/2011

Annexe 6.2 – Fiche des relevés terrain du 20/06/2012

Annexe 6.3 – Fiche des relevés terrain des 10 et 11/12/2012 et 18/01/2013

Annexe 6.4 – Fiche des relevés terrain des 04 et 06/06/2013

Annexe 7 : Demandes d'analyse de pigments chlorophylliens, accusé de réception du laboratoire et résultats d'analyse

Annexe 7.1 : Analyse des pigments chlorophylliens du 22/11/2011

Annexe 7.2 – Analyse des pigments chlorophylliens du 20/06/2012

Annexe 7.3 – Analyse des pigments chlorophylliens des 10 et 11/12/2012

Annexe 7.4 – Analyse des pigments chlorophylliens des 04 et 06/06/2013

Annexe 8 : Demandes d'analyse d'eau, accusé de réception du laboratoire et résultats d'analyses

Annexe 8.1 – Analyses d'eau du 22/11/2011

Annexe 8.2 – Analyses d'eau du 20/06/2012

Annexe 8.3 – Analyses d'eau des 10 et 11/12/2012

Annexe 8.4 – Analyses d'eau des 04 et 06/06/2013

Annexe 9 : Demandes d'analyse de sédiments, accusé de réception du laboratoire et résultats d'analyses physico-chimiques

Annexe 9.1 – Analyses de sédiments – station Creek Baie Nord 6-T du 22/11/2011

- Annexe 9.2 – Analyses de sédiments – station Creek Baie Nord 6-T du 11/12/2012
- Annexe 10 : Suivi de la flore des berges sur 6 cours d'eau du Grand Sud aux points d'analyses biologiques de l'eau
- Annexe 10.1 : Suivi de la flore des berges – Première année de suivi (Botanic, février 2012)
- Annexe 10.2 : Suivi de la flore des berges – Deuxième année de suivi (Botanic, janvier 2013)
- Annexe 11 : Demande d'analyses et résultats d'analyses floristiques pour le phytoplancton et le phytobenthos
- Annexe 11.1 – Demandes d'analyses et listes floristiques pour le phytobenthos du 22/11/2011
- Annexe 11.2 – Demandes d'analyses pour le phytoplancton et phytobenthos du 20/06/2012
- Annexe 11.3 – Demandes d'analyses pour le phytoplancton et phytobenthos des 10 et 11/12/2012
- Annexe 11.4 – Demandes d'analyses pour le phytoplancton et phytobenthos des 04 et 06/06/2013
- Annexe 12 : Résultats d'analyses du benthos (Hytec)
- Annexe 12.1 : Analyses du benthos du 22/11/2011 (Hytec)
- Annexe 12.2 : Analyses du benthos du 20/06/2012 (Hytec)
- Annexe 12.3 : Analyses du benthos des 11/12/2012 et 18/01/2013 (Hytec)
- Annexe 12.4 : Analyses du benthos des 04 et 06/06/2013 (Hytec)
- Annexe 13 : Résultats d'analyses du benthos et fiches terrain (Aqua Terra)
- Annexe 13.1 : Analyses du benthos du 22/11/2011 (Aqua Terra)
- Annexe 13.2 : Analyses du benthos du 20/06/2012 (Aqua Terra)
- Annexe 13.3 : Analyses du benthos du 18/01/2013 (Aqua Terra)
- Annexe 13.4 : Analyses du benthos des 04 et 06/06/2013 (Aqua Terra)
- Annexe 14 : Résultats d'analyses des diatomées (M. Coste)
- Annexe 14.1 : Analyses des diatomées du 22/11/2011 (M. Coste)
- Annexe 14.2 – Analyses des diatomées du 20/06/2012 (M. Coste)
- Annexe 14.3 – Analyses des diatomées des 10 et 11/12/2012 et 18/01/2013 (M. Coste)
- Annexe 14.4 – Analyses pour les diatomées des 04 et 06/06/2013 (M. Coste)

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue des stations Creek Baie Nord 6-T et Kwè 1-E et de leur bassin versant sur Google Earth (2013).....	5
Figure 2 (page suivante) : Plan de situation de la zone étudiée	5
Figure 3 (page suivante) : Carte géologique de la zone étudiée	5
Figure 4 : Matériel utilisé pour l'observation et le comptage des diatomées	39
Figure 5 : Conditions de stockage et de conservation des échantillons de flore aquatique.....	40
Figure 6 : Paramètres présentant des écarts relatifs supérieurs à 20% entre les mesures effectuées par Hytec (CDE) et Vale NC aux stations Creek Baie Nord 6-T, Kwè 1-E et Trou Bleu 3-C..	115
Figure 7 : Mise en évidence de l'évolution spatiale des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) à chaque campagne de prélèvement par les diagrammes de Piper (équilibre ionique) (source : laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon).....	119
Figure 8 : Mise en évidence de l'évolution temporelle des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) aux stations de suivi par les diagrammes de Piper (équilibre ionique) (source : laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon).....	121
Figure 9 : Distribution des principaux groupes taxinomiques de diatomées de novembre 2011 à juin 2013	164
Figure 10 : Statut des diatomées collectées entre novembre 2011 et juin 2013 par campagne et pour chaque station (Kaoris KAOR200, Kwè 1-E, Trou Bleu 3-C, Creek Baie Nord 6-T, Kuébini KUEB300, Wajana WAJA300).....	165

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des stations échantillonnées	9
Tableau 2 : Nature et fréquence de suivi des stations échantillonnées par Vale NC	17
Tableau 3 (pages suivantes) : Paramètres analysés par Vale NC pour les stations Kwë 1-E, Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T (source OEIL) sur l'eau de rivière (entre 1994 et 2010) et sur les sédiments (avant 2010) et paramètres analysés en étiage (novembre 2011) et en moyennes eaux (juin 2012) dans le cadre de la présente étude.....	21
Tableau 4 : Etalonnage des sondes du multiparamètre 340i de marque WTW utilisé par Hytec	24
Tableau 5 : Nombre de paramètres analysés sur l'eau lors des campagnes d'étiage et de moyennes eaux (entre parenthèses le nombre en moyennes eaux s'il est différent de l'étiage).....	29
Tableau 6 : Stations et type d'échantillon réalisé pour le phytoplancton les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, et les 04 et 06/06/2013 par Hytec	35
Tableau 7 : Stations échantillonnées pour le phytobenthos les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, et les 04 et 06/06/2013 par Hytec.....	37
Tableau 8 : Stations et type d'échantillon collecté pour les diatomées les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, le 18/01/2013 et les 04 et 06/06/2013 par Hytec	41
Tableau 9 : Indice de Brown Blanquet attribué à chaque espèce de plante inventoriée	42
Tableau 10 : Ordre de priorité d'échantillonnage des substrats (Mary & Archambault, 2012)	44
Tableau 11 : Stations et nombre de prélèvements unitaires réalisés pour le macro-benthos les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, le 18/01/2013 et les 04 et 06/06/2013 par Hytec (HYT) et Aqua Terra (AT).....	46
Tableau 12 : Échantillons de contrôle de la qualité réalisés sur l'eau, les diatomées et le phytoplancton au cours des deux années de suivi	48
Tableau 13 : Mode opératoire pour la réalisation d'échantillons de contrôle de la qualité sur l'eau, les diatomées et le phytoplancton.....	49
Tableau 14 : Analyses réalisées pour chaque campagne de prélèvement sur les 6 stations en rivière (np signifie non prévu).....	52
Tableau 15 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée le 22/11/2011 à l'étiage (physico-chimie, bactériologie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC.....	57
Tableau 16 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée le 20/06/2012 en moyennes eaux (physico-chimie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC	63
Tableau 17 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée les 10 et 11/12/2012 à l'étiage (physico-chimie, bactériologie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC.....	67
Tableau 18 (page suivante) : Résultats d'analyses des pesticides sur l'eau prélevée le 11/12/2012 et le 06/06/2013 à la station Creek Baie Nord 6-T par Hytec.....	73
Tableau 19 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée les 04 et 06/06/2013 en moyennes eaux (physico-chimie et pigments chlorophylliens) par Hytec et les 04 et 07/06/2013 par Vale NC	77

Tableau 20 : Méthodes d'analyses de l'eau mises en œuvre par le laboratoire de Vale NC.....	86
Tableau 21 (pages suivantes) : Comparaison des limites de quantification/détection et des méthodes d'analyses de l'eau mises en œuvre par la CDE (Hytec) et Vale NC pour les 4 campagnes d'analyse (novembre 2011, juin et décembre 2012, juin 2013).....	87
Tableau 22 (page suivante) : Valeurs de référence pour la qualité environnementale de l'eau (INERIS) et pour l'alimentation en eau potable (arrêté du 11 janvier 2007).....	93
Tableau 23 (pages suivantes) : Liste des paramètres analysés par Hytec au cours des quatre campagnes de prélèvement et forme analysée (totale ou dissoute).....	99
Tableau 24 : Paramètres mesurés in situ par Hytec, Aqua Terra et Vale NC (22/11/2011)	106
Tableau 25 (pages suivantes) : Comparaison des résultats d'analyses de l'eau (physico-chimie) obtenus par Hytec et Vale NC.....	108
Tableau 26 : Limites de quantification pour les analyses de Hytec et de Vale NC.....	113
Tableau 27 (page suivante) : Comparaison des limites de quantification de la CDE pour la campagne de juin 2013 aux valeurs de PNEC (INERIS) de quelques paramètres physico-chimiques...	122
Tableau 28 (pages suivantes) : Résultats d'analyses des sédiments prélevés le 22/11/2011, le 17/06/2012, le 11/12/2012 et le 12/01/2013 (physico-chimie) par Hytec et Vale NC	142
Tableau 29 (page suivante) : Comparaison des résultats d'analyses des sédiments prélevés par Hytec le 22/11/2011 et le 11/12/2012 à la station 6-T avec les résultats d'analyses effectuées sur l'eau prélevée le même jour à cette station.....	153
Tableau 30 : Liste des espèces allochtones présentes sur les stations.....	167
Tableau 31 : Paramètres mésologiques des stations échantillonnées en novembre 2011	170
Tableau 32 : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec et Aqua Terra – base 5 prélèvements	173
Tableau 33 : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec – base 5 et 8 prélèvements par station.....	177
Tableau 34 (pages suivantes) : Liste des paramètres et des limites de quantification maximales préconisées pour le suivi de la qualité de l'eau des rivières influencées par le projet ou servant de référence.....	195
Tableau 35 (page suivante) : Liste des paramètres et des limites de quantification maximales préconisées pour le suivi de la qualité des sédiments de rivières influencées par le projet ou servant de référence.....	199

Chapitre I - Introduction

Cette étude répond à une demande de l'OEIL qui a souhaité :

Phase 1 : mettre en œuvre un suivi comparatif de la qualité de 3 cours d'eau régulièrement suivis et/ou potentiellement impactés par le projet minier de VALE NC (Creek Baie Nord, Rivière Kwë, Rivière du Trou Bleu) ;

Phase 2 : réaliser un état de référence de la qualité de 6 cours d'eau dont les 3 cités précédemment et 3 autres cours d'eau situés en limite de la zone du projet et, *a priori*, non encore impactés par ce dernier (Wajana, Kuébini et Ruisseau des Kaoris).

Le suivi par Vale NC de l'état écologique des milieux et les conditions de sa réalisation répondent à des obligations réglementaires imposées par différents arrêtés et par la convention C 238-09 sur la conservation de la biodiversité, conclue mi-2009 entre la société Vale NC et la Province Sud.

Cette étude intervient dans la continuité de l'expertise collégiale menée en 2010 par un groupe de travail sur les « eaux superficielles » (Lascombe, 2011) à la suite de l'atelier de l'ŒIL (Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie – Province Sud) sur les indicateurs des milieux aquatiques qui s'est déroulé en avril 2010. Elle reprend certaines recommandations et propositions d'actions du groupe de travail et, plus particulièrement, l'approche en « double aveugle » en vue de réduire les biais de prélèvement et les erreurs de traitement, voire d'interprétation des données ainsi que la simultanéité des interventions de terrain pour les différents compartiments (eau, sédiment, biologique).

Ainsi, la présente étude concerne un total de 6 stations (6 rivières) dont les prospections ont été effectuées par Hytec les mêmes jours que celles du service environnement de Vale NC (pour les prélèvements d'eau et de sédiments des 3 rivières de la zone du projet suivies par Vale NC) et celles de la société Aqua Terra pour le compte de Vale NC pour les prélèvements de macro-invertébrés benthiques sur ces mêmes rivières.

L'échantillonnage par Hytec pour le compte de l'OEIL a consisté :

1/ au prélèvement et à l'analyse de l'eau de rivière dans ces 6 stations avec mesure des paramètres *in situ*,

2/ au prélèvement de sédiments sur une seule station, une fois par an à l'étiage,

3/ au prélèvement de la macrofaune benthique (8 prélèvements unitaires par station) dans 4 stations dont 3 suivies par Aqua Terra qui permettra à la fois l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau au moyen des indices IBNC et IBS et d'autres métriques

pertinentes, mais aussi une évaluation de la biodiversité des stations étudiées (richesse taxonomique et abondance).

Les prélèvements ont été effectués sur deux années de suivi, avec un total de quatre campagnes de terrain, dont deux réalisées à l'étiage (novembre 2011 et décembre 2012/janvier 2013) et deux en moyennes eaux (juin 2012 et 2013).

En outre, il est apparu intéressant compte tenu des moyens mis en œuvre que ce soit en termes d'effort d'échantillonnage (paramètres biologiques et physico-chimiques) que d'organisation (coordination de 3 intervenants), de compléter ces prélèvements par un **état des lieux de la flore aquatique** des 6 stations (phytoplancton, phytobenthos et diatomées) et de la végétation des berges.

N.B. : Les analyses du phytobenthos n'ont pu être réalisées que partiellement par notre partenaire métropolitain dont le plan de charge ne permet pas de traiter ces échantillons qui demandent davantage de temps du fait de la prédominance d'espèces endémiques. Les résultats correspondants ne sont par conséquent pas intégrés dans le présent rapport. Les analyses du phytoplancton n'ont pas non plus été réalisées pour les mêmes raisons. Les échantillons sont conservés par Hytec et pourront faire l'objet d'une analyse ultérieure mais il faudra passer commande à un prestataire privé. Dans tous les cas, les délais de retour des analyses ne sont pas compatibles avec le calendrier de la présente étude et devront faire l'objet d'un addendum.

La phase 2 relative à l'état de référence fait l'objet d'un rapport séparé. **Il vise à faire une synthèse des données recueillies au moyen d'analyses statistiques multivariées, avec pour principaux objectifs :**

- 1/ de dresser un état des lieux de la qualité des eaux des 6 stations échantillonnées,
- 2/ d'établir une typologie des stations d'étude,
- 3/ de confirmer le choix des stations de référence par rapport aux stations impactées par le projet minier et industriel,
- 4/ de valider le choix des paramètres physico-chimiques à suivre pour définir l'état écologique des cours d'eau étudiés et, identifier, dans la mesure du possible, des valeurs seuils pour les paramètres physico-chimiques au-delà desquelles le milieu serait considéré comme perturbé.

Les résultats obtenus par Hytec/Vale NC pour l'eau et les sédiments et Hytec/Aqua Terra pour les macro-invertébrés benthiques sont comparés et interprétés dans le présent rapport avec les recommandations résultantes. Pour l'eau et les macro-invertébrés benthiques, ces

comparaisons sont également faites à l'aide des analyses statistiques dans le rapport de phase 2.

Plus globalement, le rapport de phase 2 reprend et synthétise les conclusions des deux phases de l'étude.

Chapitre II - Description des stations de prélèvement et données historiques

II.1. Choix et situation des stations d'échantillonnage

L'échantillonnage a porté sur 6 stations situées dans les 6 rivières suivantes : Kwë (Kwë ou Kué), Trou Bleu, Creek Baie Nord, Ruisseau des Kaoris (Nekoutcho ou Rivière des Kaoris), Kuébini (Kwé Binyi) et Wajana (Wa Djo Nya). L'orthographe des cours d'eau a été reprise sur les cartes au 1/50 000^{ème} (BDTOPO50) de la DITTT avec entre parenthèses, lorsqu'il existe, le nom qui figure dans la base de données topographiques au 1/10 000^{ème} (BDTOPO10) de la DITTT (Direction des Infrastructures, de la Topographie et des Transports Terrestres). C'est le nom de la BDTOPO50, plus courant qui a été conservé pour la suite de l'étude.

Les 6 stations échantillonnées sont regroupées par catégorie :

- catégorie 1 = points d'impacts directs, avérés ou potentiels pour les 2 stations suivantes : Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E,
- catégorie 3 = points de référence pour les 2 stations suivantes : Trou Bleu 3-C (référence de la station Kwé 1-E), Kaoris KAOR200 (référence de la station Creek Baie Nord 6-T),
- 2 stations sur site de prélèvement d'eau pour l'alimentation en eau potable : Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300.

Ces catégories renvoient aux recommandations formulées par le groupe de travail « eaux superficielles » en avril 2010 (Lascombe, 2011), notamment la distinction de trois catégories de stations, justifiant de programmes de suivi homogènes, adaptés aux contextes et aux objectifs de connaissances.

La catégorie de station « 2 » correspondant à des points de bouclage des bassins (i.e. zone aval) n'apparaît pas dans notre programme de suivi. Notamment pour le Creek Baie Nord, Lascombe (2011) préconisait de retenir la station 6U-CBN30 sur laquelle s'effectue également le suivi de la faune piscicole et carcinologique. Toutefois, les stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E pourraient être considérées comme étant de la catégorie 2 dans la mesure où la majorité voire la totalité des activités présentes dans le bassin versant se situent en amont de ces points : usine de Vale NC (Creek Baie Nord 6-T) et activité minière associée (Kwë 1-E). On ne retrouve en aval de Creek Baie Nord 6-T que la route du port et quelques anciennes pistes et aucune activité liée à Vale NC en aval de la station Kwë 1-E (voir Figure 1 page suivante).



Figure 1 : Vue des stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E et de leur bassin versant sur Google Earth (2013)

La catégorie de station « 3 » des stations dites de référence témoigne de conditions naturelles non ou très faiblement anthropisées (mêmes influences météorologiques et hydrologiques que les précédentes). Leur choix s’est appuyé, en l’absence d’une typologie établie à l’échelle du territoire de Vale NC, sur avis d’expert.

Les stations Trou Bleu 3-C et Kaoris KAOR200 servent ainsi de référence respectivement aux stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T.

La pertinence de ces références sera discutée dans la phase 2 de cette étude, laquelle fait l’objet d’un rapport séparé.

Le plan de situation et la carte géologique de la zone étudiée, pages suivantes, montrent les bassins versants des stations, les limites des périmètres de protection des eaux éloignées existant (Wajana) et en cours de mise en place (Kuébini). Les stations correspondent soit à un point lorsque des prélèvements ponctuels ont été réalisés (eau, sédiment, flore) ou à un bief matérialisé par un point amont et aval pour l’échantillonnage du benthos.

Figure 2 (page suivante) : Plan de situation de la zone étudiée

Figure 3 (page suivante) : Carte géologique de la zone étudiée

487000 m 492000 m 497000 m 502000 m 507000 m

Plan de situation Stations d'échantillonnage Communes du Mont Dore et de Yaté

CF, le 06/05/2013
Projection: RGNC 91-93
/ projection Lambert NC
Source : IGN (DITTT)

0 2 km



217000 m

PPE projeté de Kuébini
3235 ha

KUEB300

parking

PPE de Wajana
321 ha

WAJA300

croisement pistes

Parking KAOR200

KAOR200 amont

confluence amont station

KAOR200 aval

1-E amont

1-E aval

6-T aval

6-T amont

6-T sédiments

3-C amont

3-C aval

Stations échantillonnées

xx

Nom station



Localisation station



Accès (route et pistes)



Périmètre de protection des eaux

Périmètre de protection éloignée



Bassin versant

Commune



Limite

207000 m

487000 m 492000 m 497000 m 502000 m 507000 m

217000 m

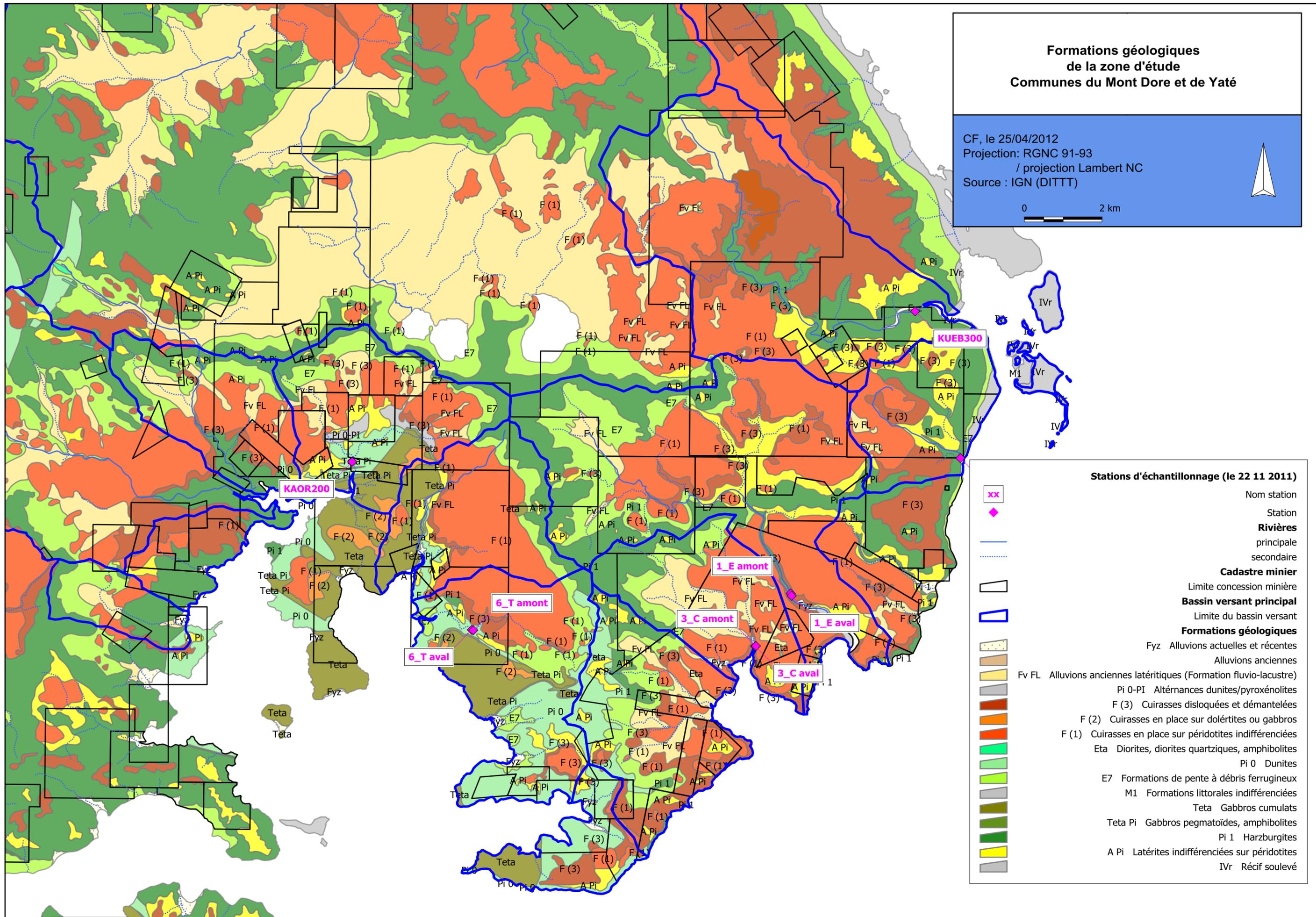
212000 m

207000 m

Formations géologiques de la zone d'étude Communes du Mont Dore et de Yaté

CF, le 25/04/2012
Projection: RGNC 91-93
/ projection Lambert NC
Source : IGN (DITTT)

0 2 km



Stations d'échantillonnage (le 22 11 2011)

	xx	Nom station
		Station
		Rivières
		principale
		secondaire
		Cadastre minier
		Limite concession minière
		Bassin versant principal
		Limite du bassin versant
		Formations géologiques
		Fyz Alluvions actuelles et récentes
		Alluvions anciennes
		Fv FL Alluvions anciennes latéritiques (Formation fluvio-lacustre)
		Pi 0-PI Altérances dunites/pyroxénolites
		F (3) Cuirasses disloquées et démantelées
		F (2) Cuirasses en place sur dolérites ou gabbros
		F (1) Cuirasses en place sur péridotites indifférenciées
		Eta Diorites, diorites quartziques, amphibolites
		Pi 0 Dunites
		E7 Formations de pente à débris ferrugineux
		M1 Formations littorales indifférenciées
		Teta Gabbros cumulats
		Teta Pi Gabbros pegmatitoïdes, amphibolites
		Pi 1 Harzburgites
		A Pi Latérites indifférenciées sur péridotites
		IVr Récif soulevé

Le Tableau 1 présente les coordonnées des stations échantillonnées et la superficie de leur bassin versant. Il précise les sources d'interférences susceptibles d'impacter la qualité des eaux dans chaque station (piste en amont de la station ou en tête de bassin versant, zones d'érosion/arrachements, activités humaines, etc). Cette liste reste incomplète dans la mesure où aucune information concernant les activités exercées par Vale NC sur ces bassins versants n'a pu être obtenue hormis pour le bassin versant de la Kwë (IMIRIZALDU, 2011), en particulier pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Tableau 1 : Caractéristiques des stations échantillonnées

Catégorie de station	Nom station	Rivière	X (RGNC Lambert)	Y (RGNC Lambert)	Z (m) NGNC	Superficie (ha)	Sources d'interférences (observations terrain et orthophotographies)
2	1-E	Kwë	500 042	208 315	15	3 456	Extraction de minerai avec mise à nu de superficies importantes de sols, versées à stériles, stockage de résidus par Vale NC et anciennes mines, centre industriel de la mine et usine de préparation du minerai, parc à résidus, carrières de péridotites et de limonites, bassin de sédimentation, pistes et layons avec arrachements
3 (réf. de 1-E)	3-C	Trou Bleu	499 124	206 972	5	713	Captage AEP, sentier de randonnée et baignade, route d'accès au gîte de Port Boisé et route de liaison usine Vale NC-Goro + pistes avec habitation en amont du bassin versant
2	6-T	Creek Baie Nord	491 882	207 361	30	757	Usine de Vale NC et centrale de Prony Energie, route d'accès au port, pistes et layons avec arrachements, principalement en rive gauche
3 (réf. de 6-T)	KAOR200	Ruisseau des Kaoris	488 737	211 735	15	1 399	Pistes avec arrachements, piste de pose de la ligne électrique, route d'accès à l'usine de Vale NC, sentiers de randonnée
3 (AEP)	KUEB300	Kuébini	503 272	215 614	5	3 756	Pistes et layons avec arrachements, principalement en rive droite, projet de captage AEP 250 m en aval station, amont ancien radier.
3 (AEP)	WAJA300	Wajana	504 402	211 831	5	500	Baignade dans le trou d'eau de la cascade, captage AEP, microcentrale électrique, projet de captage AEP, pistes et layons avec arrachements, principalement en rive droite

Seules les stations Creek Baie Nord 6-T, Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C font actuellement l'objet d'un suivi par Vale NC. La position géographique et le nom de ces stations ont par conséquent été fournis par Vale NC. La nomenclature des stations Kaoris KAOR200, Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 provient en revanche du référencement de la DAVAR. Les fiches d'accès aux stations figurent en *annexe 1*.

II.2. Rappel historique sur la qualité des eaux des stations échantillonnées

Les informations ci-après relatives à la qualité des eaux des stations échantillonnées proviennent du rapport d'expertise du groupe de travail sur les eaux superficielles (Lascombe, 2011). Elles permettent d'établir une base de travail pour la présente étude notamment dans le choix des paramètres à analyser sur l'eau et les sédiments et permettront d'apporter des éléments d'aide à l'interprétation des résultats obtenus à l'issue des 4 campagnes de terrain qui ont été faites entre novembre 2011 et juin 2013.

II.2.1. Creek Baie Nord

Il ressort du rapport Lascombe (2011) :

- qu'une pollution chronique multiforme et assez généralisée, sur laquelle se superposent les effets de rejets occasionnels, affecte le bassin du Creek de la Baie Nord ;
- que cette situation est relativement ancienne ;
- qu'elle semble assez mal mise en évidence par les analyses physico-chimiques ;
- que les altérations se manifestent principalement par la présence de phénomènes d'eutrophisation ou de colmatage des habitats, de plus en plus prononcés au cours du temps, et ceci jusqu'à la fin 2008 ;
- qu'en dépit d'une certaine recolonisation depuis la pollution acide d'avril 2009, aucune tendance évolutive positive de la qualité du cours d'eau ne peut être dégagée globalement et de façon nette sur l'ensemble de la chronique de résultats, et que plusieurs indices amèneraient même à considérer la tendance comme négative.

II.2.1.a. Qualité des eaux

Il ressort du rapport Lascombe (2011) que :

- les eaux montrent une **faible minéralisation** ;
- **les augmentations de concentrations en matières en suspension (MES) sont étroitement liées aux évènements pluvieux et de durée relativement limitée, avec des baisses rapides après ces épisodes.** Faut de données sur les précipitations et débits associés aux mesures de MES, il est difficile de conclure avec certitude sur la part respective des apports naturels et celle due aux travaux industriels dans ces augmentations de charge solide ;
- les concentrations en **métaux traces associés aux MES** sont apparues stables et les valeurs relativement faibles, dans les limites toutefois des seuils de détection liées aux performances analytiques. Une **augmentation est constatée pour les teneurs en magnésium (Mg) et en silicium (Si), liée au chantier de construction à**

partir du second semestre 2006, et les concentrations en manganèse (Mn) en mai 2009 ;

- les données précédentes de **2008** révélaient des **problèmes d'hydrocarbures**, mis en relation avec la circulation routière, **ainsi que la présence de matières organiques**, liées aux rejets des stations d'épuration ;
- **l'accident du 1^{er} avril 2009** se traduit sur les eaux par une **augmentation des valeurs de conductivité et de certains des éléments précités (sodium Na, soufre S, sulfates SO₄) ainsi que du Mn, et une baisse pour d'autres (Mg, Si)**. Le pic de concentration en soufre S et sulfates SO₄ (55 mg/l en SO₄) observé deux mois après l'accident est mis en relation avec un autre évènement, la **vidange du bassin de soufre** intervenue postérieurement ;
- **en 2010 (1^{er} semestre)**, il y a persistance de fortes concentrations en calcium (**Ca**), **soufre S et sulfates SO₄**, au point 6R (doline proche du bras sud du creek), et une augmentation de Ca au point 6Q, attribuée aux effets résiduels du déversement de calcaire intervenu lors de la pollution acide de 2009 ;
- **l'incident du 21 avril 2010** (rupture d'une colonne d'extraction de solvant) est mentionné comme **sans effet** sur le cours d'eau et le **pic de chlorures (Cl), S et SO₄ observé en mai** est expliqué par un rejet de **Prony Energie** plus important qu'à l'habitude ;
- l'année **2011** a été marquée par un autre **déversement accidentel d'acide suivi des opérations de neutralisation par apport de calcaire**, par la mise en place du traitement de la légionnelle par Prony Energies, et par les débordements du bassin de lagunage de la station d'épuration de la base-vie. On ne peut donc exclure une influence de ces évènements en superposition à celles du fond géochimique.

II.2.1.b. Qualité des sédiments

Il ressort du rapport Lascombe (2011) :

- que les **sédiments** enregistrent plus nettement les effets de la pollution accidentelle de 2009 (notamment pour **Mg, aluminium Al, Si, S**), sans toutefois dépasser dans un premier temps les valeurs de 2008, à quelques exceptions près (**titane Ti, Si, S, zinc Zn**) ;
- une **augmentation en septembre 2009**, près de six mois après l'accident, de la teneur de nombreux éléments (**Al, chrome Cr, phosphore P, cobalt Co, Mn, Ti, Zn, Si**) ;
- **en 2010**, la **présence assez généralisée et régulière de Cr, Zn, Mn, nickel Ni, Co**, avec des pics ponctuels pour ces trois derniers éléments ainsi que le plomb **Pb**. Le cadmium Cd n'est jamais détecté.

II.2.1.c. Qualité biologique des eaux

Il ressort du rapport Lascombe (2011) :

- une discordance entre le constat physico-chimique et l'état de qualité biologique du cours d'eau, accentuée par les impacts de la **pollution acide de 2009** ;
- une **chute sévère après la pollution acide de 2009 de la diversité des invertébrés benthiques** qui recommence à croître deux mois après l'accident, mais avec un fort déséquilibre entre espèces, aggravé par l'impact de **rejets phosphatés et le développement d'algues qui en résulte** ;
- l'évolution de la qualité biologique au point 6-T, traduite par la **structure des communautés**, au moyen de descripteurs basiques bien connus et éprouvés (nombre de taxa, indice de Margalef, indice de Shannon-Weaver et équitabilité, indice dérivé de l'EPT, % de larves de Chironomidés) met en évidence des phases de **déstructuration des communautés à partir de 2006, d'abord en période d'étiage jusqu'en 2007, puis étendues à la saison humide en 2008 et 2009** ;
- **une altération organique entre 2006 et 2009, traduite par un état général « passable » (IBNC)**, avec des fluctuations importantes dans les deux sens. Le niveau de « mauvaise » **qualité relevé lors de l'étiage 2009** est mis en relation avec le **rejet des stations d'épuration de la base-vie entre 2005 et le début 2008**. Il semble concerner surtout les périodes sèches au cours desquelles les débits n'assurent plus une dilution suffisante du rejet ;
- une autre altération est mise en évidence par l'IBNC, également **en période d'étiage**, due au rejet des eaux de refroidissement de Prony Energie et plus particulièrement à la présence de **phosphates à l'origine d'un développement important d'algues benthiques, avec une augmentation de la turbidité en aval et un effet de déstructuration des communautés** ;
- une **altération minérale depuis 2002**, avec un niveau de qualité de « mauvais » à « passable » (IBS), sans qu'aucune évolution notable ne puisse être mise clairement en évidence ;
- **une destruction totale de la faune piscicole et carcinologique** sur une longueur de 4 km, quasi-totalité du linéaire du cours principal. La recolonisation toujours en cours en janvier 2010, se développe à partir d'espèces communes résistantes aux impacts anthropiques sans réapparition des « espèces emblématiques ».

II.2.2. Rivière Kwë

La rivière Kwë comporte trois sous-bassins versants principaux dénommés Kwë Ouest, Kwë Est et Kwë Nord. Sur le bassin versant de la Kwë, on recense les ICPE suivantes :

- aire de Stockage des Résidus (ASR) sur la Kwë Ouest,
- usine de Préparation du Minerai (UPM) dans la vallée de la Kwë Nord,
- centre Industriel de la Mine (CIM) sur la Kwë Nord,

- bassin de Sédimentation de la Kwë Nord (BSKN), situé sur le lit de la Kwë Nord, en aval de la mine et de l'UPM-CIM.

Aucune information détaillée sur les infrastructures minières n'a été obtenue. Les minerais latéritiques et saprolitiques extraits sont riches en nickel et cobalt. L'extraction intervient sur le bassin versant de la Kwë Nord. Les stériles sont entreposés sur les versants à stériles de la Kwë Est. Sur la Kwë Est se situe également la carrière de péridotites dont sont extraits les blocs et granulats nécessaires au projet.

II.2.2.a. Qualité des eaux

L'essentiel des informations sur la qualité des eaux émane des rapports annuels de Vale NC. Il ressort de ces rapports annuels (Lascombe, 2011) :

- que les **eaux** du bassin versant, naturellement peu minéralisées et à pH neutre, ne présentent **pas de valeur indicatrice de pollution**, seuls certains métaux tels que le **Cr VI étant présents en « traces » (<0,1 mg/l)** ;
- que les deux sources WK17 et WK20 situées à l'aval immédiat du stockage de résidus de la Kwë Ouest et suivies depuis 2008 sont de type bicarbonatées magnésiennes et à tendance sulfatée pour l'une d'entre elle. Ces eaux de sources présentent une **augmentation de la conductivité en 2010, générée par divers éléments : Cl, Mg, nitrates NO₃, SO₄, S** et, corrélée à une augmentation régulière de la conductivité et des sulfates dissous, qui passent respectivement de 87 à 600 µS/cm et de 18 à plus de 250 mg/l d'avril à décembre 2009 au niveau de l'eau du bassin de stockage (année de commencement d'apports de résidus lors des tests de mise en route de l'usine). Ces eaux de sources ne contiennent en revanche pas de métaux lourds, à l'exception quelquefois de **Cr VI à partir de début 2009** et **ponctuellement de Cd, arsenic As, cuivre Cu, étain Sn en 2008 et Mn en 2009** ;
- **sur la Kwë Nord et la Kwë Ouest, depuis 2008, de fortes variations récurrentes de concentrations pour plusieurs éléments majeurs : Mn, Cl, Mg, SO₄, S.**

II.2.2.b. Qualité des sédiments

Des analyses dans les **sédiments** sont réalisées depuis le second semestre 2009. La **présence d'éléments métalliques tels que Co, Cr, Mg, Ni, Zn, est signalée de façon régulière** (Lascombe, 2011).

II.2.2.c. Qualité biologique des eaux

Il ressort du rapport Lascombe (2011) :

- **une qualité biologique passable (IBNC) pour la Kwë Principale** (sur laquelle se situe la station Kwë 1-E) **et la Kwë Ouest aval. Il semble que l'état soit plus mauvais pour la Kwë Nord et la Kwë Ouest amont ;**
- **l'influence des précipitations sur la déstructuration naturelle des communautés d'invertébrés benthiques**, les travaux de terrassement développés sur le site minier en accentuant l'intensité ;
- **depuis 2006**, une évolution saisonnière marquée de l'IBS, avec une **augmentation de la richesse spécifique en invertébrés benthiques en période d'étiage et une chute en saison humide de début d'année**. Cette métrique (IBS) révèle l'impact très sensible sur les communautés des épisodes pluvieux de 2007-2008, l'année 2009 voyant ensuite le retour aux valeurs observées en 2006 ;
- en s'appuyant sur les éléments des campagnes de juin-juillet 2009 et mai-juin 2010, il ressort que la **Kwë est très pauvre sur le plan ichtyologique**, tant en terme de richesse spécifique (8 espèces autochtones seulement recensées et aucune espèce endémique en 2009, et respectivement 9 et 2 en 2010) que d'effectif, densité et biomasse. Pour toutes ces métriques, les valeurs sont très inférieures à celles obtenues à la même période sur le Creek de la Baie Nord, pourtant lui-même soumis à des pressions. Cette situation s'expliquerait par la dégradation du milieu liée aux travaux pour le projet minier, à l'origine de dépôts colmatants. Or, la Kwë était, avec 7 espèces endémiques, signalée au début des années 2000 comme une des rivières les plus riches de la Province Sud (cf Atlas des poissons Marquet & al., 2003).

II.2.3. Ruisseau des Kaoris

Le ruisseau des Kaoris présente des caractéristiques physiques et hydrologiques apparemment proches de celles du Creek de la Baie Nord (Lascombe, 2011). Il a été retenu pour permettre d'effectuer une référence par rapport à celle du Creek Baie Nord. Les 2 rivières sont situées à proximité et sur le même substrat, avec une orientation du bassin versant similaire (voir Figure 2 et Figure 3, page 5). Il existe peu de données sur la qualité des eaux du ruisseau des Kaoris. Une seule campagne de prélèvement d'eau et de benthos a été réalisée pour le compte de la Davar en juillet 2002 sur la station KAOR100 située un kilomètre en amont.

II.2.4. Trou Bleu

Les bassins versants des rivières Kwë et Trou Bleu présentent des caractéristiques similaires d'un point de vue orientation et géologie (voir Figure 2 et Figure 3, page 5).

Il ressort du rapport Lascombe (2011) que :

- **la rivière Trou Bleu, hors zone d’influence du projet de Vale NC et exempt de pression anthropique notable, constitue un témoin des variations saisonnières naturelles et un élément de comparaison des valeurs d’indices IBNC, IBS et autres ;**
- les observations d’invertébrés réalisées à une fréquence trimestrielle en 2009 montrent un **degré de structuration des communautés fortement dépendant du débit et donc du régime des précipitations ;**
- **si l’IBNC indique logiquement un bon état de qualité, avec une bonne richesse taxonomique, l’IBS en revanche n’exprime qu’un état « passable »,** non explicable ici par une influence anthropique. Ceci confirme la difficulté de qualifier un état par cet indice en l’absence de référence à une note indicielle maximale tenant compte des caractéristiques mésologiques des cours d’eau et des influences éco-régionales ;
- **les poissons révèlent un bon état de santé de l’écosystème,** avec de bonnes densités et biomasses, 16 espèces de poissons dont 3 endémiques sur un linéaire de rivière pourtant très court, et la présence en nombre important de mulets noirs, de plus en rares ailleurs sur le territoire.

II.2.5. Rivières Kuébini et Wajana

Les deux autres stations situées sur les rivières Kuébini (KUEB300) et Wajana (WAJA300) sont *a priori* non encore impactées par le projet minier. Elles ont été sélectionnées parce qu’elles constituent un enjeu important pour la commune de Yaté en termes de ressources pour l’alimentation en eau potable. Un captage pour l’alimentation en eau potable (AEP) est actuellement en service sur la rivière Wajana à la cote 50 m. Ce captage est aujourd’hui protégé par des périmètres de protection des eaux (PPE). Un nouveau captage est à l’étude à la cote 155 m sur la Wajana et sur la rivière Kuébini, une tranchée drainante à la cote 5 m est en cours de réalisation et constituera à terme la principale ressource en eau potable de la commune de Yaté pour la partie en rive droite de la rivière Yaté.

La station Kuébini KUEB300 aurait pu être retenue comme station de référence pour la station Kwë 1-E mais les rivières Kuébini et Wajana subissent diverses pressions anthropiques : infrastructures (microcentrale électrique sur la Wajana), pistes de prospection minière, voire projets comme celui d’alimentation en eau potable. De plus, les limites à trente ans du gisement de Vale NC, peuvent laisser craindre à terme des conséquences hydrogéologiques de l’excavation minière sur ces deux bassins adjacents au plateau de Goro (Lascombe, 2011).

Il ressort du rapport Erbio (2010) sur la faune ichtyologique et carcinologique (*in* Lascombe, 2011) que :

- la **Wajana** présente une bonne biodiversité (20 espèces dont 4 endémiques) et une bonne biomasse (fortement dominée cependant par une espèce), et un état de santé jugé seulement moyen avec des communautés d'organismes déséquilibrées ;
- la **Kuébini** présente une biomasse et une biodiversité faibles (10 espèces dont une seule endémique) et, un état de santé qualifié là aussi de moyen, avec une instabilité des peuplements.

Ces éléments fragmentaires de diagnostic méritent d'être consolidés par des investigations complémentaires, notamment sur la faune invertébrée.

Chapitre III - Plan d'échantillonnage des eaux superficielles et méthodologie

III.1. Plan d'échantillonnage des eaux superficielles par Vale NC

Le suivi de l'état écologique des eaux douces superficielles dans la zone d'influence des activités métallurgiques de la société Vale Nouvelle-Calédonie constitue une obligation réglementaire imposée à la société Vale Nouvelle-Calédonie par les articles 9.2 et 9.5.1 des prescriptions techniques annexées à l'arrêté 1467-2008/PS du 9 octobre 2008. Le protocole de ce suivi est détaillé à l'annexe 6.2 de la convention N°C.238-09 sur la conservation de la biodiversité (CCB) signée mi-2009 entre Vale Nouvelle-Calédonie et la Province Sud (Lascombe, 2011).

D'autres obligations de suivi de la qualité des eaux superficielles découlent directement des arrêtés d'autorisation délivrés à la société Vale NC au titre des installations classées pour la protection de l'environnement. Ces arrêtés précisent la fréquence et les paramètres de suivi ainsi que les points de prélèvement.

Le tableau suivant récapitule, pour les stations suivies par Vale NC, les fréquences de suivi ainsi que la nature du suivi des différents paramètres sur l'eau et les sédiments et les références réglementaires à l'origine de ce plan d'échantillonnage (source plan d'échantillonnage de Vale NC en 2012 transmis par l'OEIL). Pour chaque suivi, le nombre de paramètres à suivre varie entre 1 et 17.

Tableau 2 : Nature et fréquence de suivi des stations échantillonnées par Vale NC

	Physico-chimie des eaux de surface	Sédiments	Macro-invertébrés (IBNC/IBS)
1-E	Mensuel (AUs, C)	Trimestriel (AUs, C)	Annuel (AUs, C)
3-C	Mensuel (AUt) Trimestriel (C)	-	Trimestriel (AUt) Annuel (C)
6-T	Mensuel (AUt, C) Trimestriel (AUt, ASt)	Mensuel (AUt)	Trimestriel (ASt) Semestriel (AUt, C) Annuel (AUs)
FM_01 (KUEB300)	Mensuel (débit/paramètres <i>in situ</i>) Trimestriel (22 paramètres)	-	-
FM_12 (WAJA300)		-	-

C : Convention biodiversité C.238-09 du 19 août 2009

AUt : Arrêté Utilité n° 890-2007/PS du 12-juil-07

AUs : Arrêté Usine n°1467-2008/PS du 09-oct-08

ASt : Arrêté STEP n° 11479-2009/PS du 13-nov-09

Le suivi physico-chimique (eau de surface et sédiments) des stations 1-E, 3-C et 6-T est assuré par le service environnement de Vale NC.

En parallèle à ce suivi, le service de la géologie de Vale NC mène un programme de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines (débit, analyses physico-chimiques) dont le but est d'améliorer la compréhension des échanges d'eau entre bassins versants. Outre le suivi hydrologique d'un certain nombre de stations, notamment sur les rivières Kuébini (FM_01 qui correspond à KUEB300) et Wajana (FM_12 qui correspond à WAJA300), ce service effectue des analyses d'eau de surface à fréquence régulière.

III.2. Calendrier des prélèvements de Hytec et conditions climatiques

Les prélèvements en rivière (eau, sédiments, benthos, phytobenthos et phytoplancton) ont été réalisés par Hytec, selon le calendrier imposé par le plan d'échantillonnage de Vale NC, aux saisons suivantes :

- étiage année 1 : le 22 novembre 2011, en régime de basses eaux, pendant une période d'écoulement stable de l'eau ; il a plu la veille des prélèvements (pluie de faible intensité) ; il pleuvait légèrement le matin et le reste de la journée a été ensoleillé ;
- moyennes eaux année 1 : le 20 juin 2012, en période de moyennes eaux, pendant une période d'écoulement variable liée à des orages violents la semaine ayant précédé les prélèvements et de pluies régulières avant prélèvement ; il ne pleuvait pas le jour des prélèvements ;
- « étiage » année 2 : les 10 et 11 décembre 2012, lors d'une période pluvieuse et le 18 janvier 2013 pour l'échantillonnage du benthos des stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C qui n'avait pas pu être fait auparavant à cause des débits trop importants à la station Kwë 1-E en décembre 2012 ;
- moyennes eaux année 2 : les 4 et 6 juin 2013, lors d'une période pluvieuse (pluies régulières pendant les prélèvements du 4 juin et les jours précédents, pas de pluie le 6 juin).

N.B. : L'appellation « étiage » n'est pas appropriée pour qualifier les échantillonnages réalisés en décembre 2012/janvier 2013. L'étiage apparaît en général entre septembre et novembre avant la saison cyclonique marquée par le passage des dépressions tropicales et potentiellement des averses importantes. L'appellation « saison humide » conviendrait mieux pour décembre 2012/janvier 2013, d'autant plus que le régime hydrologique des cours d'eau était nettement marqué par les pluies ayant précédé l'échantillonnage. Toutefois, on conservera cette dénomination d'« étiage » dans la suite du rapport. *A contrario*, les prélèvements effectués en novembre 2011 se situaient bien en étiage. La rivière Kwë a même pu être franchie à pied ce qui n'a pas été possible lors des campagnes de terrain ultérieures.

L'inventaire botanique de la végétation des berges (ripisylve) a été réalisé par Romain Barrière du bureau d'études Botanic pendant l' « étiage » :

- année 1, le 22 décembre 2011 et le 09 janvier 2012,
- année 2, les 10 et 11 décembre 2012 simultanément aux échantillonnages réalisés par Hytec.

III.3. Les compartiments prospectés par Hytec pour le compte de l'OEIL

Les compartiments prospectés sont les suivants :

- l'eau (analyses physico-chimiques et bactériologiques),
- les sédiments, uniquement à la station Creek Baie Nord 6-T et à l'étiage (analyses physico-chimiques),
- le phytoplancton des eaux courantes,
- le phytobenthos (macroalgues dans un premier temps et phytobenthos à partir des prélèvements réalisés en duplicata pour les diatomées),
- les diatomées benthiques,
- la macrofaune benthique,
- la ripisylve.

III.4. Les échantillons d'eau et de sédiments : méthodes et paramètres analysés par Hytec

Pour les analyses d'eau, la démarche a consisté à réaliser lors de chaque campagne de terrain, l'analyse d'un même groupe de paramètres sur des prélèvements effectués le même jour que Vale NC, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus. Le nombre de stations concerné est de 6 à l'étiage et de 4 en moyennes eaux (aucune analyse d'eau n'a été effectuée sur Wajana WAJA300 et Kuébini KUEB300 en moyennes eaux).

Pour les sédiments, les prélèvements ont été réalisés uniquement à la station Creek Baie Nord 6-T et à l'étiage. L'analyse physico-chimique a porté sur le même groupe de paramètres (dont pesticides) pour les deux campagnes d'étiage 2011 et 2012.

III.4.1. Intervenants et protocole de prélèvement de l'eau et des sédiments adopté par Hytec

Les prélèvements d'eau et de sédiments ont été effectués par Hytec (C. FLOUHR) ; les analyses par le laboratoire de la Calédonienne des Eaux (CDE). Pour certains paramètres (COV, BTEX, titane, PCB et pesticides, presque tous les paramètres sur sédiments), le laboratoire d'analyse de la CDE ne disposant pas des moyens d'analyse correspondants a fait

appel à un laboratoire sous-traitant en métropole, le laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°1-1488).

Les prélèvements, le transport et la conservation des échantillons d'eau ont été effectués conformément aux normes ISO 5667, à l'exception du fait que l'ajout des conservateurs a été effectué par le laboratoire de la Calédonienne des Eaux au laboratoire à la réception des échantillons, alors que la norme préconise un ajout sur le terrain. Cette solution a été retenue en accord avec le laboratoire afin de limiter le risque de contamination des échantillons et des conservateurs en multipliant les manipulations sur le terrain.

Le flaconnage fourni par le laboratoire pour les prélèvements d'eau et de sédiments est détaillé en annexes 8 et 9 dans la demande d'analyse. En particulier, le flaconnage en verre nécessaire pour l'analyse des micropolluants organiques et des pesticides des sédiments n'ayant pas été fourni par le laboratoire, ce sont les flacons en verre prévus initialement pour les analyses bactériologiques qui ont été utilisés après rinçage avec l'eau de rivière, puis à l'acétone et de nouveau à l'eau de rivière. Une pelle en acier inoxydable soigneusement nettoyée à l'acétone, puis avec l'eau de rivière, a servi à la manipulation. Une feuille de papier aluminium a été placée entre le couvercle en PEHD et les sédiments et les flacons ont été enveloppés dans ce même papier aluminium juste après le prélèvement, à l'abri de la lumière.

Les flacons ont été remplis en les immergeant quelques centimètres sous la surface de l'eau jusqu'au remplissage complet (sauf pour la bactériologie). Le bouchon du flacon est ouvert et refermé sous l'eau ce qui limite les contaminations par l'air ambiant (poussières notamment). Aucun rinçage préalable n'a été réalisé pour les flacons, ceux-ci ayant été lavés au préalable par le laboratoire ou étant neufs à usage unique (flacons polyéthylène).

Pour les autres paramètres, métaux notamment, ce sont des flacons en polyéthylène fournis par le laboratoire qui ont été utilisés et une pelle en plastique soigneusement nettoyée avec l'eau de rivière qui a servi à la manipulation. L'outil préleveur est une pelle en polyéthylène réalisée à partir d'un flacon de 5 litres d'eau distillée. Seul le sédiment qui n'était pas en contact avec les parois a été prélevé avec les outils décrits ci-dessus (pelle inox ou plastique).

N.B. : Vale NC assure en interne tous les échantillonnages d'eau et de sédiments. Le laboratoire de Vale NC (Accréditation n° 1-2025) effectue les analyses de l'eau et sous-traite au laboratoire Lab'Eau (accréditation en cours) les analyses de sédiments.

III.4.2. Choix des paramètres physico-chimiques analysés sur les eaux de rivière et les sédiments

Le Tableau 3 montre que les paramètres ont été analysés par Vale NC et par Hytec à des fréquences variables.

Tableau 3 (pages suivantes) : Paramètres analysés par Vale NC pour les stations Kwè 1-E, Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T (source OEIL) sur l'eau de rivière (entre 1994 et 2010) et sur les sédiments (avant 2010) et paramètres analysés en étiage (novembre 2011) et en moyennes eaux (juin 2012) dans le cadre de la présente étude

Les chiffres correspondent au nombre de données disponibles pour chaque paramètre pour la période de mesure indiquée en haut du tableau.

*Ont été ajoutés **en gras** sur fond grisé des paramètres qui ont été analysés en plus dans le cadre de la présente étude.*

Pour les sédiments, le fichier des analyses réalisées par Vale NC n'a pas permis de visualiser les dates d'échantillonnage.

III.4.2.a. Paramètres mesurés *in situ* par Hytec

Les paramètres mesurés *in situ* sur chaque station sont : la température, le pH, la conductivité à 25°C, l'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage de saturation, ainsi que la turbidité. Le potentiel rédox a été analysé systématiquement à partir de la campagne d'étiage 2012/2013. Ces mesures *in situ* ont été effectuées au moyen d'un multiparamètre 340i de marque WTW comprenant :

- une sonde oxygène (mesure de l'oxygène dissous en mg/l et en % de la saturation et de la température en degré Celsius),
- une sonde pH/rédox (mesure du pH, du potentiel rédox en millivolt et de la température en degré Celsius),
- une sonde de conductivité (mesure de la conductivité à 25°C en micro-siemens par centimètre et de la température en degré Celsius).

Les mesures de turbidité ont été effectuées sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre de terrain de marque WTW modèle Turb 355IR.

Les appareils utilisés sont livrés avec leurs certificats d'étalonnage. Ils sont étalonnés à l'aide de solutions étalons (voir Tableau 4 page suivante), conformément aux recommandations du constructeur, avant chaque journée de terrain. En fin de journée, un contrôle des solutions étalons est effectué afin de déceler d'éventuelles dérives de l'appareil au cours de la journée et d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats. Sur la fiche terrain associée aux prélèvements de benthos figure l'indice de qualité associé à chaque mesure : +++, ++, + ou erreur. Cet indice est fonction du symbole affiché par la sonde au cours de la journée (++, + ou erreur, voir Tableau 4 page suivante) mais aussi des résultats obtenus sur le contrôle des solutions étalons en fin de journée en fonction des fourchettes de tolérance fournies par le fabricant :

- entre 101,2% et 102,2% pour l'oxygène dissous mesuré dans le bécher de calibration pour la sonde à oxygène (étalon de 100% de saturation en oxygène),
- entre 6,97 et 7,03 pour le pH (solution étalon de pH=7,01),
- entre 1406 et 1420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la conductivité à 25°C (solution étalon de conductivité égale à 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Lorsque le contrôle en fin de journée reste dans les fourchettes de tolérance, la qualité est considérée égale au symbole sonde ; dans le cas contraire, elle est diminuée en fonction de l'écart obtenu (appréciation par le préleveur).

Les paramètres *in situ* mesurés par Hytec au cours des 4 campagnes de terrain pour toutes les sondes du multiparamètre 340i et pour le turbidimètre Turb 355IR sont toutes validées sauf deux mesures du pH effectuées *a posteriori* par le laboratoire de la CDE suite à un dysfonctionnement de la sonde pH sur le terrain aux stations Trou Bleu 3-C et Kwè 1-E le 04/06/2013. Ces valeurs, notées entre guillemets dans le tableau des résultats, sont à considérer avec précaution.

Tableau 4 : Etalonnage des sondes du multiparamètre 340i de marque WTW utilisé par Hytec

sonde	mode de calibration	symbole sonde	constante de cellule (cm ⁻¹)
X	standard de contrôle 0.01 mol/l KCl	+++	0.450 ... 0.500 cm ⁻¹
		E3 calibration incorrecte	en dehors de 0.450 ... 0.500 cm ⁻¹

sonde	mode de calibration	symbole sonde	pente relative S
O ₂	en air saturé en vapeur d'eau (bêcher de calibration Oxycal-SL)	+++	0.8 ... 1.25
		++	0.7 ... 0.8
		+	0.6 ... 0.7
		E3 calibration incorrecte	S<0.6 ou S>1.25

sonde	mode de calibration	solutions étalons	symbole sonde	asymétrie (mV)	pente (mV/pH)
pH	automatique en 2 points	pH=4.01 et 7.00	+++	-15 ... +15	-60.5 ... -58
			++	-20 ... +20	-58 ... -57
			+	-25 ... +25	-62 ... -61 ou -56 ... - 50
			() nettoyage sonde	-30 ... +30	-61 ... - 60.5 ou -57 ... -56
			E3 calibration incorrecte	< -30 ou < 30	< -62 ou > - 50

N.B. : L'oxygène dissous qui ne figurait pas dans la liste des paramètres analysés par Vale NC (source OEIL : fichiers transmis le 18/11/2011 "111118_Export_Vale_Eau_Physico_pr_Hytec.xls") est maintenant analysé *in situ* pour tous les prélèvements d'eau par Vale NC.

III.4.2.b. Sélection des paramètres physico-chimiques analysés sur l'eau par Hytec

Au tableau 3 figure la liste complète des paramètres analysés sur l'eau par Hytec, i.e. les paramètres analysés par Vale NC (voir Tableau 3, page 21) ainsi que d'autres paramètres recommandés dans Lascombe (2011) et dont certains n'étaient pas suivis par Vale NC (**en gras ci-après et en gras sur fond grisé dans le Tableau 3**) :

- **l'azote ammoniacal NH₃**, élément pouvant présenter une toxicité pour les organismes vivants notamment à température et pH élevés ;
- **les carbonates (CaCO₃) et les hydrogencarbonates (HCO₃⁻)**, ions majeurs habituellement analysés (permettant notamment d'établir le diagramme de Piper, voir § IV.1. page 56) ;
- des paramètres caractéristiques de l'eutrophisation et des pollutions organiques : azote Kjeldhal NTK, demande chimique en oxygène DCO, phosphore total P, **chlorophylle a et phéophytine a** ;
- plus spécifiquement sur le Creek Baie Nord (rejets de l'usine pilote notamment) : calcium Ca, magnésium Mg, sulfates SO₄, azote total N et chlorures Cl et sur la Kwë : chrome hexavalent Cr VI, conductivité, cadmium Cd, arsenic As, cuivre Cu, étain Sn, manganèse Mn, chlorures Cl, magnésium Mg, sulfates SO₄, soufre S ;
- des composants des hydrocarbures en cas de dépassement de seuils, notamment pour les substances dangereuses **BTEX** (hydrocarbures aromatiques monocycliques) et **HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)** ;
- les métaux **Bore B, Baryum Ba**, Sélénium Se inclus systématiquement dans le programme du réseau de surveillance DCE en métropole (intérêt de leur mesure à confirmer),
- pour le chrome voire la possible présence de chrome trivalent **CrIII** en plus du chrome hexavalent CrVI ;
- **certains micropolluants organiques au regard des activités présentes sur le site** (minière, industrielle et domestique) mais aucune information n'a été fournie par Vale NC à ce sujet donc une liste exploratoire pouvant être critiquée et améliorée a été proposée et analysée uniquement sur les stations potentiellement impactées (catégorie 2), Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T : il s'agit des **agents de surface, PCB (polychlorobiphényles), COV (composés organiques halogénés volatils), AOX (composés organiques halogénés adsorbables), indice phénol** ;
- **le silicium** à la base du squelette des diatomées ;
- **les cyanures** dont l'origine peut être variée (notamment gaz d'échappement des véhicules, combustion de certains produits dont bois et papier) ;
- **le tellure, le thallium et le titane** qui font l'objet d'analyses par Vale NC sur les sédiments mais pas sur l'eau ;
- un grand nombre de **pesticides (56 molécules)**, sur la base de la liste établie par la DAVAR et qui correspondent aux principaux produits importés sur le territoire en 2010 (source SIVAP/Davar) ; la liste est jointe à la demande d'analyses de

sédiments en *annexe 9.1* ; ces pesticides ont été recherchés uniquement sur les sédiments de la station Creek Baie Nord 6-T en novembre 2011, susceptibles de concentrer certains polluants en régime d'étiage car le budget d'analyse n'a pas permis de faire le même type d'analyse sur l'eau pour toutes les stations suivies ;

- les paramètres bactériologiques suivants : ***E. coli*, coliformes totaux et entérocoques.**

On retrouve, parmi ces paramètres, les métaux naturellement présents en Nouvelle-Calédonie nécessaires pour la connaissance du fond géochimique (DAVAR, atelier OEIL d'avril 2010) : manganèse Mn, fer Fe, cuivre Cu, chrome Cr, chrome Cr VI, nickel Ni, sélénium Se, bore B, baryum Ba et cobalt Co.

A contrario, le soufre analysé par Vale NC a été demandé mais n'a pu être analysé (en métropole) que pour la dernière campagne d'analyse (juin 2013).

III.4.2.c. Sélection des paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments par Hytec

Un total de 10 paramètres est analysé par Vale NC sur les sédiments, en plus de la granulométrie, durant chaque campagne de prélèvement. Toutes les analyses de métaux sont sous-traitées par Lab'Eau à la DIMENC (Direction des Mines et de l'Industrie de Nouvelle-Calédonie).

La liste des paramètres analysés sur les sédiments reprend tous les paramètres analysés par Vale NC (voir Tableau 3, page 21) ainsi que d'autres paramètres recommandés dans Lascombe (2011) et dont certains n'étaient pas suivis par Vale NC (**en gras ci-après et en gras sur fond grisé dans le Tableau 3**) :

- les matières organiques et carbonées évaluées par la **perte au feu (PAF)** et le COT respectivement ;
- les métaux (dont **fluor, baryum, bore**) et **micro-polluants organiques** (même liste que pour l'eau sauf Cr VI),
- **les cyanures**,
- des composants des hydrocarbures **BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène) et HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)**,
- les micropolluants organiques analysés en plus sur l'eau : **PCB (polychlorobiphényles), COV (composés organiques halogénés volatils), AOX (composés organiques halogénés adsorbables), indice phénol,**
- **les pesticides.**

L'analyse des sédiments pour Vale NC (Lab'Eau) et pour Hytec (CDE) a porté sur la fraction inférieure à 2 mm.

Les pesticides et les micropolluants organiques ne sont pas analysés par Vale NC (voir détail au Tableau 3 page 17).

Il n'y a pas eu de contrôle qualité sur les analyses de sédiments, compte tenu du faible nombre de prélèvements par campagne (1 seul sur Creek Baie Nord 6-T). Les mesures *in situ* réalisées sur l'eau interstitielle des sédiments n'a pu être faite qu'en novembre 2011. La fraction d'eau comprise dans les sédiments en décembre 2012 n'a pas permis de réaliser la mesure des paramètres *in situ*, ni l'analyse des nitrates **NO₃** et des phosphates.

III.4.3. Choix du support analytique pour l'analyse de l'eau

L'analyse sur eau filtrée concerne un certain nombre de paramètres. Elle a été recommandée par Lascombe (2011). « Les éléments doivent être recherchés préférentiellement dans l'une des phases suivantes :

- eau brute pour la demande biologique en oxygène sur 5 jours DBO₅, la demande chimique en oxygène DCO, l'azote Kjeldhal NTK, le phosphore total Pt (outre évidemment les mesures de température, pH et conductivité *in situ*, de la turbidité et des MES), et le cas échéant pigments et micropolluants organiques.
- eau filtrée (à 0,45 µm) pour carbone organique dissous COD, ammonium NH₄, nitrites NO₂, nitrates NO₃, phosphates PO₄, sels minéraux et alcalinité, silicium Si dissous, métaux. »

Après concertation avec Claude Lascombe et Olivier Fontaine¹, de l'Agence de l'Eau RM-C, responsable des réseaux de suivi en rivière, il apparaît que :

- pour certains paramètres (comme les métaux), il y a en effet 2 écoles, mesure sur eau brute ou eau filtrée ;
- les matières organiques sont toujours mesurées sur eau brute, notamment pour la DBO et la DCO, la norme impose la mesure sur eau brute ;

¹ Olivier FONTAINE - Organisation du système d'information sur l'état des milieux - Département des Données, Redevances et Relations Internationales - Agence de l'Eau RM&C

- pour d'autres paramètres, que le résultat de la mesure soit exprimé sur eau brute ou sur eau filtrée, la concentration réelle est bien une concentration sur eau filtrée. C'est le cas des sels minéraux, où l'application de la norme (NF ISO EN 14911 – par exemple pour les cations) impose la filtration de l'échantillon avant analyse.

L'arrêté du 25 janvier 2010² reste la référence en la matière. Cet arrêté précise que « les normes sont établies en concentration moyenne annuelle et, pour certaines substances, également en concentration maximale admissible. Les normes s'appliquent sur eau brute (non filtrée), à l'exception des métaux pour lesquels elles se rapportent à la fraction dissoute, obtenue par filtration de l'eau brute à travers un filtre de porosité 0,45 micromètre ou par tout autre traitement préliminaire équivalent. »

Le Tableau 23 page 99 reprend les éléments analysés au cours de chaque campagne par Hytec et précise s'il y a eu filtration avant analyse.

L'analyse des métaux demandée sur eau filtrée (métaux dissous) a été réalisée sur l'eau non filtrée suite à une erreur du laboratoire d'analyse (Calédonienne des Eaux), pour la campagne de novembre 2011. Ce dernier a réalisé à notre demande, plusieurs semaines après les prélèvements, l'analyse des métaux sur eau filtrée lorsque des métaux avaient été détectés au-dessus des limites de quantification afin de mesurer la teneur en métaux dissous. L'eau analysée est celle qui a été prélevée en novembre et que le laboratoire conserve au frigo pendant plusieurs semaines après analyses.

III.4.4. Listes complète et réduite de paramètres physico-chimiques analysés sur les eaux de rivière par Hytec

Sur les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T une analyse physico-chimique complète englobant 70 paramètres a été réalisée à l'étiage et comprenant 57 paramètres en moyennes eaux (voir Tableau 3). Elle a été simplifiée sur les 2 stations de référence Trou Bleu 1-E et Kaoris KAOR200 et sur les 2 stations « AEP », Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 : analyse réduite englobant 53 paramètres à l'étiage et 50 paramètres en moyennes eaux (voir Tableau 5).

² Arrêté métropolitain du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement métropolitain.

Tableau 5 : Nombre de paramètres analysés sur l'eau lors des campagnes d'étiage et de moyennes eaux (entre parenthèses le nombre en moyennes eaux s'il est différent de l'étiage)

Groupes de paramètres physico-chimiques analysés	Analyse complète	Analyse réduite
Paramètres in situ	5	5
Paramètres organoleptiques (couleur)	1	1
Matières organiques (COT, DBO ₅ , DCO)	3 (2)	2
Matières azotées et phosphorées	8	8
Matières minérales (ions majeurs, MES, ...)	12 (9)	9
Paramètres concernant les micropolluants minéraux (métaux lourds, cyanures, cuivre, fer, manganèse, soufre ...)	22	22
Paramètres concernant les micropolluants organiques (PCB, BTEX, HAP, COV, AOX, phénols, hydrocarbures totaux)	7 (6)	0
Paramètres microbiologiques (<i>E. coli</i> , entérocoques, coliformes totaux)	3 (0)	3 (0)
Pigments chlorophylliens (chlorophylle a et phéophytine a)	2	2
Autres paramètres (silicium, agents de surface, platine, tellure, thallium, titane, vanadium)	7 (2)	1 (1)
Total	70 (57)	53 (50)

La liste détaillée des paramètres concernés figure dans le Tableau 3, pages précédentes.

L'analyse réduite, à budget limité, a été réalisée sur un total de 4 stations à l'étiage (5 prélèvements dont 1 réalisé en duplicata pour le contrôle de qualité en novembre 2011 et un blanc de terrain en plus en décembre 2012) et 2 stations en moyenne eaux (3 prélèvements dont 1 réalisé en duplicata pour le contrôle de qualité en juin 2012 et un blanc de terrain en plus en juin 2013). En particulier, il a été tenu compte du fait que sur les stations de référence pour lesquelles une analyse réduite a été réalisée, la probabilité de la présence de polluants d'origine anthropique était très faible comparée à celle des bassins où des activités industrielles et minières sont en place et opérationnelles (Creek Baie Nord et Kwë).

Les paramètres complémentaires de l'analyse complète réalisée sur les stations Creek Baie Nord 6-T et Kwè 1-E pour toutes les campagnes sont :

- les micropolluants organiques (PCB, BTEX, HAP, COV, AOX, phénols, hydrocarbures totaux),
- d'autres polluants d'origine anthropique (agents de surface, hydrocarbures totaux),
- des paramètres peu ou pas recherchés par Vale NC dont la source reste à identifier au sein du complexe industriel et minier et qui n'ont pas été détectés à l'étiage (Platine Pt + Tellure Te + Thallium Tl + Titane Ti + Vanadium V),
- des paramètres classiques de la minéralisation des eaux, issus de calculs à partir des teneurs en ions majeurs analysés (TAC, TA, dureté totale),
- le COT, faisant redondance avec la DCO, DBO₅ et les MES,
- les pesticides en décembre 2012.

III.4.5. Réseau hydro-pluviométrique (Vale NC)

Vale NC a équipé un certain nombre de cours d'eau de stations limnigraphiques permettant de suivre en continu les hauteurs d'eau dans le cours d'eau afin d'en déduire le débit correspondant. Le suivi des pluies/débites avec les autres paramètres de qualité est recommandé.

La difficulté reste la mise à disposition en temps réel de ces informations, ainsi que la transmission de données traitées (débit) à la place de données brutes (hauteurs d'eau) pour les corrélérer aux données qualitatives et les traduire en flux de matière.

Aucune information sur les débits n'a pu être obtenue pour la présente étude.
--

III.4.6. Paramètres bactériologiques analysés dans les eaux de rivière par Hytec

Les bactéries présentes dans les eaux naturelles proviennent principalement du lessivage des sols par les eaux de pluies (origine diffuse), ainsi que des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques. Les paramètres bactériologiques mesurés dans le cadre de cette étude [coliformes totaux, *Escherichia coli* et entérocoques] constituent les principaux indicateurs de contamination fécale mesurés en France pour évaluer l'état sanitaire des zones de baignade. Les germes indicateurs de contamination fécale sont les bactéries spécifiques de la flore intestinale des hommes et des animaux, qui ne sont pas nécessairement pathogènes par elles-mêmes, mais dont la présence en grand nombre indique l'existence d'une contamination fécale. Parmi ces bactéries, certaines peuvent être pathogènes et posent

donc un problème sanitaire dont l'importance dépend du niveau de contamination et de l'utilisation qui est faite de l'eau (potabilisation, baignade,...).

III.4.7. Valeurs de référence pour l'eau

En fonction des usages et des références réglementaires, il existe plusieurs références de qualité pour l'eau.

III.4.7.a. Valeurs de références pour les substances toxiques

L'INERIS a établi un ensemble de "fiches de données toxicologiques et environnementales" rassemblant les données et informations techniques facilitant le travail d'évaluation des risques liés aux substances chimiques résultant d'expositions longues à faibles doses. Ces fiches sont visées dans la suite du rapport sous la référence « fiche substance (INERIS, date mise à jour de la fiche) ».

Ces fiches ont permis d'établir des valeurs de toxicité³ aiguë et chronique (à long terme) pour un certain nombre de substances chimiques sur 3 niveaux trophiques du milieu aquatique : algues, invertébrés et poissons. A partir de ces valeurs, l'INERIS propose des concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) pour le compartiment aquatique.

³ La toxicité est la particularité propre à diverses substances dont l'absorption a pour effet de perturber le métabolisme des êtres vivants, provoquant des troubles physiologiques pouvant aller jusqu'à la mort des individus exposés. En fonction de l'intensité et de la rapidité des effets, on distingue une toxicité **aiguë** (effets rapides et généralement mortels), une toxicité subaiguë et une toxicité à long terme encore dénommée toxicité **chronique**, résultant de l'exposition permanente à de faibles concentrations d'un toxique (Boucheseiche *et al.*, 2002).

III.4.7.b. Normes de Qualité Environnementales

L'INERIS propose des valeurs guides environnementales (VGE) et des normes de qualité environnementale réglementaires (NQE)⁴. Pour chacune de ces normes, une valeur de concentration a été proposée soit pour la moyenne annuelle, soit pour la concentration maximale admissible, soit pour les deux.

III.4.7.c. Valeurs de référence de qualité pour l'eau destinée à l'alimentation en eau potable

Pour la consommation des eaux, laquelle concerne plus particulièrement les rivières Kuébini et Wajana, on se référera aux valeurs de références pour les eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable, fixées aux annexes II et III de l'arrêté du 11 janvier 2007 (JORF, 2007).

III.5. Les pigments chlorophylliens : méthodes et paramètres analysés

III.5.1. Intérêt de la mesure

Le phénomène d'eutrophisation se caractérise entre autres par une prolifération algale. Ainsi, la chlorophylle et plus particulièrement la chlorophylle_a, estimateur de la biomasse du phytoplancton, est un indicateur pertinent de l'état trophique d'un cours d'eau. Par ailleurs, il a été mis en évidence dans de nombreux travaux que la teneur en chlorophylle était étroitement liée à la concentration en phosphore, ce dernier favorisant la croissance du phytoplancton (De Bortoli *et al.*, 2006).

La chlorophylle_a mesurée correspond à la chlorophylle_a active, c'est-à-dire corrigée de la phéophytine_a, souvent nommée phéopigments. On la distingue de la chlorophylle «globale» qui est en fait, un mélange aux proportions non connues de ces deux composés soit la somme : chl_a active + phéophytine_a. Cette somme de pigments actifs et dégradés

⁴ Par définition une « Norme de qualité environnementale » correspond à la concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée afin de protéger la santé humaine et l'environnement (arrêté du 25 janvier 2010).

est probablement moins sujette à variations rapides que la seule chlorophylle_a active, et on peut considérer qu'elle est donc plus représentative de l'histoire récente de la biomasse du peuplement algal observé le jour du prélèvement (Barbe *et al.*, 2003).

III.5.2. Méthodologie d'échantillonnage

Les prélèvements d'eau pour analyse des pigments chlorophylliens ont été effectués par Hytec. Ils ont été conservés et transportés au froid dans des flacons opaques. L'analyse des pigments chlorophylliens (chlorophylle_a et phéophytine_a) a été réalisée par le laboratoire de l'IRD (Nouméa), qui a procédé préalablement à la filtration des échantillons, dès leur réception (les échantillons n'ont donc pas été filtrés sur le terrain).

III.6. Les prélèvements floristiques : protocoles de prélèvements et de traitements en laboratoire

Le phytoplancton, le phytobenthos et les diatomées ont été prélevés afin d'apporter des informations complémentaires sur la diversité floristique dans les biotopes explorés. La liste des stations prospectées pour ces divers compartiments figure au Tableau 14, page 52.

Le rapport d'expertise sur les eaux superficielles (Lascombe, 2011) mentionnait déjà l'intérêt d'une investigation prospective sur ce nouveau compartiment biologique, et plus particulièrement les diatomées. Outre la simplicité d'échantillonnage des diatomées et leurs performances pour le diagnostic de l'état général des rivières, les développements en cours d'application au suivi des pollutions toxiques et notamment métalliques à partir des taux d'apparition de formes tératogènes anormales, ouvrent en effet de larges perspectives pour l'utilisation de ce compartiment floristique en Nouvelle-Calédonie.

Les informations collectées contribuent à terme aux diagnostics du suivi et au moins dans un premier temps, à inventorier les peuplements présents. De plus, l'OEIL et le CNRT (Centre National de Recherche Technologique sur le "Nickel et son environnement") financent actuellement la réalisation d'un atlas taxinomique des diatomées de Nouvelle-Calédonie et le développement d'un indice biologique fondé sur les diatomées.

Un suivi de la végétation macrophytique, aquatique et rivulaire, complète utilement celui des diatomées en apportant une information liée à la qualité des habitats. Ainsi, toutes les stations ont fait l'objet d'un inventaire de la flore des berges (ripisylve) par le bureau d'études BOTANIC à l'étiage uniquement (voir annexe 10).

III.6.1. Le phytoplancton

Le phytoplancton des eaux courantes est constitué d'organismes libres en suspension, principalement photosynthétiques, comprenant les cyanobactéries et les algues.

III.6.1.a. Méthodologie d'échantillonnage

Le protocole relatif au prélèvement, à la conservation et au transport des échantillons de phytoplancton a été établi par Christophe Laplace-Treyture et figure à l'annexe 3.

Les prélèvements de phytoplancton ont été effectués par Hytec (C. FLOUHR).

Lors de la campagne de terrain de novembre 2011, le phytoplancton a été échantillonné au moyen d'un filet de maille de 60 μm (donné initialement pour 10 μm) alors que le laboratoire recommandait l'utilisation d'un filet de maille inférieure (10 à 30 μm). Le filet a été maintenu en place environ une heure dans une veine de courant. Les dépôts bien que visibles à l'œil nu étaient peu concentrés. Il n'a donc pas été possible de réaliser de comptage sur les échantillons prélevés en novembre 2011. Seule une analyse qualitative pourra être réalisée sur les échantillons de phytoplancton prélevés en 2011 et sous réserve qu'ils soient suffisamment concentrés. Il est possible que l'utilisation d'un filet de maille 60 μm au lieu d'un filet de maille de 10 à 30 μm n'ait pas permis de récolter suffisamment de phytoplancton.

Pour la période de moyennes eaux (juin 2012 et 2013), l'utilisation d'un filet de maille appropriée (10 à 20 μm) a permis de réaliser un échantillonnage conforme au protocole de prélèvement proposé par Christophe Laplace-Treyture, à la fois pour comptage mais aussi qualitatif en concentrant l'échantillon. Une analyse à la fois qualitative et quantitative pourra être réalisée sur ces échantillons. Le changement de maille introduit une variable de plus dans l'analyse de ces données. La maille de 10 μm a été utilisée pour la campagne de juin 2012, celle de 20 μm pour les deux dernières campagnes (décembre 2012 et juin 2013). Toutefois, les résultats seront intéressants dans la mesure où ce sont les premiers échantillons de ce compartiment floristique qui seront analysés dans les eaux de rivière de Nouvelle-Calédonie. Ils permettront de formuler des recommandations sur la méthodologie à adopter pour la suite des prélèvements.

III.6.1.b. Matériel prélevé et stations échantillonnées pour le phytoplancton

Le tableau ci-après détaille les prélèvements de phytoplancton qui ont été réalisés ainsi que la maille du filet (10 à 60 μm) qui a été utilisé. Les blancs de terrain ont été réalisés après rinçage du filtre à l'eau distillée.

La station Wajana WAJA300 n'a pas été échantillonnée en novembre 2011 (accès difficile à la rivière, déplacement en aval de la vasque pour les autres campagnes). Les stations Wajana WAJA300 et Kuébini KUEB300 n'ont pas été échantillonnées en moyennes eaux. Suite à un problème sur le filet, les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T n'ont pas pu être échantillonnées en décembre 2012.

Tableau 6 : Stations et type d'échantillon réalisé pour le phytoplancton les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, et les 04 et 06/06/2013 par Hytec

Rivière	Station	22/11/2011	20/06/2012	10 et 11/12/2012	04 et 06/06/2013
Kaoris	KAOR200	Phytoplancton concentré (filet 60 μm)	Phytoplancton concentré (filet 10 μm) + comptage (500 ml)	Phytoplancton concentré (filet 20 μm)	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (5 l)
Creek Baie Nord	6-T	Phytoplancton concentré (filet 60 μm) + duplicata	Phytoplancton concentré (filet 10 μm) + comptage (500 ml) + duplicata	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (3 l)	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (5 l)
Trou Bleu	3-C	Phytoplancton concentré (filet 60 μm)	Phytoplancton concentré (filet 10 μm) + comptage (500 ml)	-	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (5 l)
Kwë	1-E	Phytoplancton concentré (filet 60 μm)	Phytoplancton concentré (filet 10 μm) + comptage (500 ml)	-	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (5 l) + duplicata
Kuébini	KUEB300	Phytoplancton concentré (filet 60 μm)	-	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (2,5 l) + duplicata	-
Wajana	WAJA300	-	-	Phytoplancton concentré (filet 20 μm) + comptage (3 l)	-
Blanc de terrain		-	-	Phytoplancton concentré (filet 20 μm)	Phytoplancton concentré (filet 20 μm)

III.6.2. Le phytobenthos

Le phytobenthos comprend :

- **les macrophytes**⁵ ou végétaux visibles à l'œil nu qui englobent les Angiospermes (ou plantes à fleurs), les bryophytes (mousses et hépatiques) et les macroalgues ;
- **les algues**, végétaux aquatiques chlorophylliens constitués soit par des organismes unicellulaires (isolés ou parfois regroupés en colonies filamenteuses ou non), soit par des organismes pluricellulaires, souvent de grande taille, dénommés également algues macrophytes ou macroalgues⁶.

Le phytobenthos représente un élément important des écosystèmes aquatiques et une bonne connaissance de la composition du phytobenthos présent dans une masse d'eau peut fournir des informations utiles sur l'état de cette masse d'eau et sur les stratégies de gestion

⁵ Les macrophytes des milieux dulçaquicoles peuvent être classées en 2 grands groupes selon leur position par rapport à la surface de l'eau : 1/ les Hydrophytes dont la quasi totalité de l'organisme est submergé ; ces plantes peuvent flotter librement à la surface des eaux (*Eichhornia*, *Salvinia*, *Lemna* par exemple) ou entre deux eaux (*Utricularia*). 2/ les Hélophytes c'est-à-dire des végétaux généralement dressés dont seule la partie inférieure est inondée en permanence (*Typha*, *Polygonum* et certaines Cyperaceae par exemple).

⁶ Les algues appartiennent à plusieurs entités taxonomiques distinctes :

- les cyanobactéries ou cyanophycées (organismes procaryotes*) ;
- les eucaryotes* unicellulaires, constituants majeurs du phytoplancton* et du périphyton*, comprenant principalement les Diatomées, les Euglénophycées, les Dinophycées, les Rhodophycées, les Chlorophycées et les Chromophycées ;
- Les algues macrophytes ou macroalgues, dont les principaux groupes sont les Chlorophycées (algues vertes), les Characées, les Phéophycées (algues brunes) et les Rhodophycées (algues rouges).

Les cyanobactéries et les algues unicellulaires peuvent se regrouper en amas ou en films installés sur des substrats favorables, ce qui les rend facilement observables. Les filaments, ramifiés ou non, des algues macrophytes peuvent mesurer jusqu'à quelques décimètres.

appropriées. La Directive Cadre sur l'eau (2000/60/CE) [3] impose une surveillance du phytobenthos comme critère de qualité dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique.

III.6.2.a. Méthodologie d'échantillonnage

La présente étude a été axée sur les algues phototrophes et les cyanobactéries oxygéniques qui vivent sur les supports. L'échantillonnage et l'étude de ces organismes ont été réalisés conformément à la norme EN 15708 de novembre 2009 intitulée : « Qualité de l'eau – Guide pour l'étude, l'échantillonnage et l'analyse en laboratoire du phytobenthos dans les cours d'eau peu profonds ». Cette méthode englobe toutes les formes de croissance phytobenthiques et fournit une solution alternative aux méthodes basées sur les diatomées benthiques (EN 13946 ; EN 14407) et sur les macrophytes (EN 14184).

L'abondance du phytobenthos a été notée de la façon suivante :

- +++ : plus de 50% de recouvrement du substrat de la zone échantillonnée,
- ++ : entre 25 et 50 % de recouvrement,
- + : entre 5 et 25 % de recouvrement,
- R : rare, moins de 5% de recouvrement,
- TR : très rare ou moins de 3 observations.

Les prélèvements floristiques ont été effectués par Hytec (C. FLOUHR), manuellement (à l'aide d'une lame) pour les macro-algues et autres formes macroscopiques du phytobenthos.

III.6.2.b. Stations échantillonnées pour le phytobenthos

Le tableau ci-après détaille les prélèvements de phytobenthos réalisés.

Les prélèvements de phytobenthos de novembre 2011 n'ayant toujours pas été analysés en juin 2012, les prélèvements sur le terrain ont été faits de manière moins systématique à compter de juin 2012 pour ce compartiment.

Tableau 7 : Stations échantillonnées pour le phytobenthos les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, et les 04 et 06/06/2013 par Hytec

Rivière	Station	22/11/2011	20/06/2012	10 et 11/12/2012	04 et 06/06/2013
Kaoris	KAOR200	X	X	-	X
Creek Baie Nord	6-T	X	X	-	X
Trou Bleu	3-C	X	X	-	X
Kwë	1-E	X	X	-	X
Kuébini	KUEB300	X	-	X	-
Wajana	WAJA300	X	-	X	-

III.6.3. Les diatomées

Les diatomées benthiques sont les algues brunes microscopiques vivant sur des supports variés (galets, roches, bois morts, branches, macrophytes,). Elles sont pourvues d'un squelette siliceux (ou frustule) constitué de deux valves. Elles sont très largement répandues dans les eaux sur l'ensemble du globe. De ce fait, leur utilisation en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux de rivière est largement répandue en Europe et aux États-Unis. La méthodologie se base sur le fait que toutes les espèces de diatomées ont des limites de tolérance et des optima biologiques en fonction de leur préférence en matière de conditions environnementales telles que les nutriments, la pollution organique et l'acidité. Ainsi, des eaux polluées se caractériseront par une abondance accrue des espèces dont les optima correspondent au niveau du polluant concerné. Inversement, certaines espèces sont intolérantes à des niveaux élevés d'un ou de plusieurs polluants, alors que d'autres peuvent se développer dans une large gamme de qualités d'eau.

III.6.3.a. Méthodologie d'échantillonnage

L'échantillonnage et le prétraitement des diatomées benthiques ont été réalisés conformément à la norme européenne EN 13946 de mai 2003 afin d'obtenir des échantillons adaptés pour quantifier l'abondance relative des taxons de diatomées benthiques présents.

Cette norme recommande des relevés épilithiques dans le faciès le plus lotique, à l'aide d'une brosse à dents ou d'un scalpel. Pour la fixation du matériel, il est possible d'ajouter 2 à 3 gouttes de formol pur tamponné à pH 7 pour 8 ml ou 1 à 5 gouttes de liquide de Lugol par 100 ml d'échantillon.

Les prélèvements ont tous été réalisés par Hytec (C. FLOUHR) sur des galets de cuirasse ou de péridotites de taille proche de 10 cm de diamètre, pris en zone de courant (les stations échantillonnées présentaient une prédominance de substrats rocheux). Les échantillons ont été expédiés à l'IRSTEA de Bordeaux après fixation au formol où ils ont été pris en charge par Michel COSTE, Directeur de Recherche Emérite de l'IRSTEA, Groupement de Bordeaux.

Les prélèvements ont souvent été réalisés au même endroit contrairement à ce que préconise la norme référencée ci-dessus et occasionnellement en milieu lentique et sous ombrage lorsqu'il n'était pas possible de faire autrement (station Trou Bleu 3-C avec 100% d'ombrage par exemple).

III.6.3.b. Traitement des échantillons

A Bordeaux, les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une attaque à l'eau oxygénée concentrée et à chaud complétée par une attaque acide et rinçage à l'eau distillée. Le matériel nettoyé a été récupéré par centrifugations successives et monté dans une résine à indice de réfraction élevée (Naphrax de Brunel Microscopes Ltd) entre lame et lamelle. Les observations et les comptages ont été réalisés sur microscopes photoniques Leica DMRB et DMLB et en électronique sur microscope électronique à balayage environnemental ZEISS EVO 50 (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**4) à l'Université de Bordeaux I par Elisabeth SELIER (CREMEM).

Les recommandations de la norme AFNOR-ISO 14407 ont été suivies lors de cette étape (AFNOR, 2004). Les résultats ont été saisis par Michel Coste sur le logiciel Omnidia (Lecoinge & al., 1993) en version updatée 5.4.

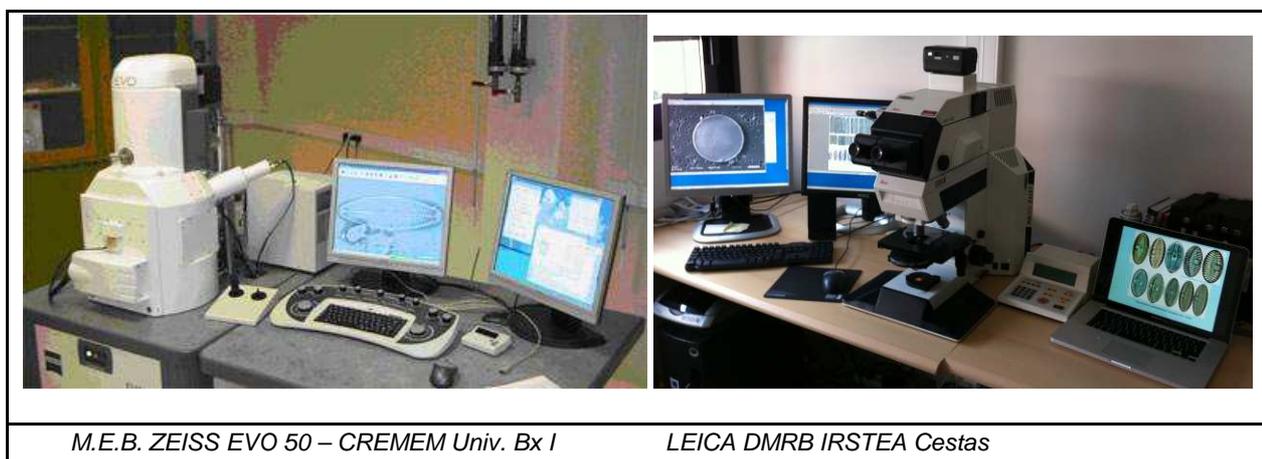


Figure 4 : Matériel utilisé pour l'observation et le comptage des diatomées

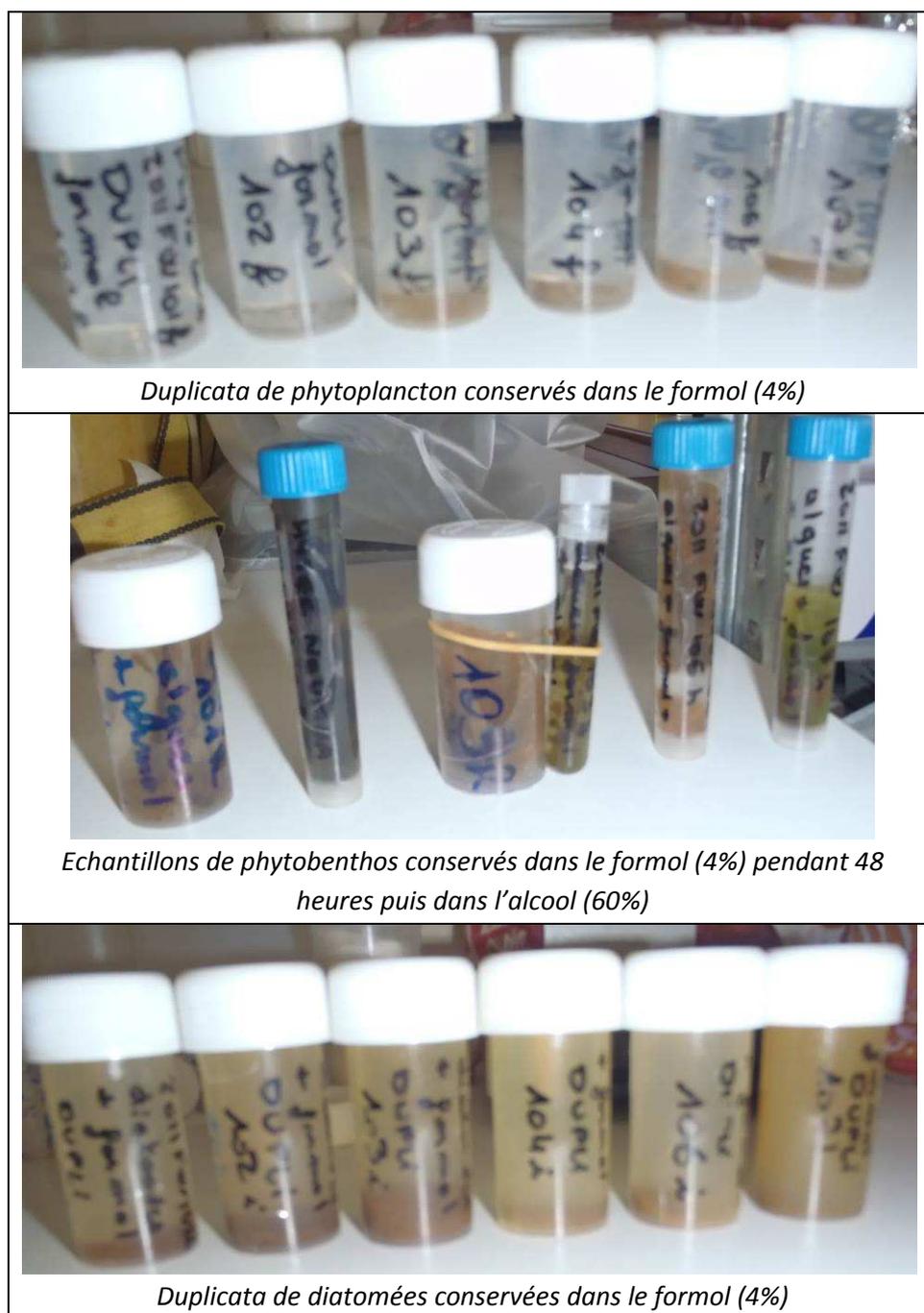


Figure 5 : Conditions de stockage et de conservation des échantillons de flore aquatique

III.6.3.c. Matériel collecté

Le Tableau 8 détaille les prélèvements de diatomées qui ont été réalisés. Hormis les stations Wajana WAJA300 et Kuébini KUEB300 qui n'ont pas été échantillonnées en moyennes eaux,

et la station Wajana WAJA300 qui n’a pas été échantillonnée en novembre 2011 (accès difficile à la rivière au niveau de la cascade), pour chaque campagne de terrain un échantillon a été fait sur chaque station avec duplicata sur la station Creek Baie Nord 6-T pour les deux premières campagnes, sur Kuébini KUEB300 en décembre 2012 et sur Kwë 1-E pour juin 2013.

Dans la mesure où les échantillons de faune benthique des stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E n’ont pas été faits en décembre 2012 et reportés en janvier 2013, un prélèvement de diatomées a été fait sur ces deux périodes afin de pouvoir éventuellement comparer l’évolution de la qualité biologique de ces stations au moyen des diatomées.

Tableau 8 : Stations et type d’échantillon collecté pour les diatomées les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, le 18/01/2013 et les 04 et 06/06/2013 par Hytec

Rivière	Station	22/11/2011	20/06/2012	10 et 11/12/2012	18/01/2013	04 et 06/06/2013
Kaoris	KAOR200	X	X	X	-	X
Creek Baie Nord	6-T	X + duplicata	X + duplicata	X	-	X
Trou Bleu	3-C	X	X	-	X	X
Kwë	1-E	X	X	-	X	X + duplicata
Kuebini	KUEB300	X	-	X + duplicata	-	-
Wajana	WAJA300	-	-	X	-	-
Blanc de terrain	-	-	-	X	-	X

III.6.3.d. Contrôle qualité

Dans 2 stations, en décembre 2012 et en juin 2013, des blancs de terrain ont été réalisés : il s’agit de l’échantillon correspondant au nettoyage à l’eau déminéralisée de la brosse à dent et de la boîte en polyéthylène ayant servi au prélèvement des diatomées. Normalement la norme impose de changer de brosse à dent d’une station à l’autre. Ceci n’a pas été fait pour les prélèvements des 4 campagnes, c’est la même brosse à dent qui a servi à l’ensemble des prélèvements.

III.6.4. La flore des berges ou ripisylve

Le suivi de la flore des berges a été réalisé uniquement à l’étiage, en novembre 2011 et décembre 2012 aux six stations de suivi. L’inventaire permet en particulier de lister les espèces allochtones (i.e. d’apparition récente dans une région) avec leur statut, en particulier les espèces introduites, voire les espèces classées envahissantes par le code de l’environnement de la province Sud.

L'inventaire floristique a concerné uniquement la flore des berges inondables, sur une longueur de l'ordre de 20 m, au niveau de la berge accessible pour les stations Kaoris KAOR200, Kuébini KUEB300 (côté activités anthropiques) et Kwë 1-E (côté du bord de route) et au niveau des deux berges pour les stations Creek Baie Nord 6-T, Trou Bleu 3-C et Wajana WAJA300.

A été attribué à chacune des espèces rencontrées un indice d'abondance/dominance (indice de Brown Blanquet) au sein de la formation végétale.

Tableau 9 : Indice de Brown Blanquet attribué à chaque espèce de plante inventoriée

Indice	abondance / dominance
+	simple présence / faible
1	espèce abondante et recouvrement faible, ou assez peu abondante avec un plus grand recouvrement /recouvrement inférieur à 5 %
2	abondante / de 5 à 25%
3	très abondante / de 25 à 50%
4	de 50 à 75%
5	75% et plus

III.7. La macrofaune benthique

III.7.1. Méthodologie d'échantillonnage et de traitement des prélèvements

Les macroinvertébrés benthiques représentent un ensemble d'organismes dont la taille en fin de développement larvaire est supérieure au millimètre. Cette faune comprend deux groupes d'organismes : des animaux dont le développement est strictement aquatique tels les oligochètes, les mollusques et les crustacés et des animaux dont le développement larvaire se passe en milieu aquatique et la phase adulte en milieu aérien. Ce groupe concerne la majorité des insectes aquatiques.

Les prélèvements ont été réalisés dans les 3 stations suivies par Aqua Terra pour le compte de Vale NC (Kwë 1-E, Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T), les mêmes jours qu'Aqua Terra. Une quatrième station, Kaoris KAOR200, a été prospectée bien que n'étant pas suivie par Vale NC et ne faisant pas partie du programme initial d'échantillonnage de la macrofaune benthique. Elle a été échantillonnée deux fois par Hytec : en décembre 2012 et en juin 2013. Le Tableau 1, page 9, présente les sources d'interférences susceptibles d'impacter la qualité des eaux à chaque station.

Le protocole utilisé par Hytec pour l'échantillonnage de la macrofaune benthique et le traitement des échantillons en laboratoire est adapté du guide méthodologique Mary & Archambault (2012) et est pour partie résumé en annexe 4.

Le protocole a notamment consisté à réaliser, dans chaque station de rivière, 8 prélèvements de macrofaune benthique (au lieu des 5 préconisés par Mary & Archambault (2012)) au moyen d'un filet de type « Surber » (maille de diamètre 250 µm ; surface unitaire d'échantillonnage de 0,05 m²). Pour chacun de ces prélèvements, la profondeur et la granulométrie dominante sont notées. Chaque prélèvement est individualisé sur le terrain, c'est-à-dire conditionné séparément (8 bocaux).

Les prélèvements de faune benthique ont été réalisés par Hytec (C.FLOUHR), l'analyse biologique des prélèvements par Nathalie MARY (ETHYC'O, Moorea, Polynésie Française) pour la campagne de novembre 2011 et par Hytec pour les campagnes de juin 2012, décembre 2012/janvier 2013 et juin 2013 (avec une validation effectuée par N. Mary pour chaque taxon collecté).

Il est à noter que pour la campagne de juin 2012, les 8 prélèvements unitaires collectés par Hytec sur les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T ont été mélangés faute de temps nécessaire à une collecte séparée (reportage vidéo programmé la même journée). Il n'y a donc qu'un résultat par site pour ces stations durant cette campagne. La richesse taxonomique devrait être faible du fait d'un échantillonnage effectué après une période fortement pluvieuse. Pour ces 2 stations, **l'interprétation de l'ensemble des résultats et le calcul des indices a par conséquent été réalisé sur la base des 8 prélèvements unitaires.**

Le choix des prélèvements est réalisé en fonction de l'ordre d'habitabilité des substrats, c'est-à-dire que les substrats les plus biogènes (ou les plus favorables au développement de la vie aquatique) sont échantillonnés en priorité (voir tableau page suivante) et dans la classe de vitesse la plus représentée pour chaque substrat.

Tableau 10 : Ordre de priorité d'échantillonnage des substrats (Mary & Archambault, 2012)

Ordre de priorité d'échantillonnage	Ordre d'habitabilité	Substrat
1	11	Bryophytes
2	10	Spermaphytes immergés (hydrophytes*) tels que <i>Hydrilla verticillata</i>
3	9	Litières
4	8	Chevelus racinaires / supports ligneux (troncs, branchages)
5	7	Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250 mm)
6	6	Blocs déplaçables (taille supérieure à 250 mm) inclus dans une matrice de pierres et galets (25 à 250 mm)
7	5	Granulats grossiers (graviers) (2 à 25 mm)
8	4	Vases : sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins
9	3	Sables et limons (< 2 mm)
10	2	Fines latéritiques (< 2 mm)
11	1	Algues
12	0	Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, argiles compactes) (support non déplaçable)

Les substrats sont classés du plus biogène (bryophytes) au moins biogène (roches, dalles, ...)]

Par contre, l'ordre chronologique des prélèvements unitaires est conditionné par l'avancement de l'opérateur dans le cours d'eau depuis l'aval de la station jusqu'à sa limite amont, de manière à couvrir une distance équivalente à environ 10 fois la largeur du cours d'eau et contenant idéalement 2 séquences de faciès radier/mouille⁷. Cet ordre ne correspond pas à l'ordre d'habitabilité des substrats.

Afin d'évaluer de façon plus précise la biodiversité des stations échantillonnées, Hytec (C.FLOUHR) a réalisé 3 prélèvements unitaires supplémentaires, en complément des 5 prélèvements unitaires préconisés par Mary & Archambault (2012), ce qui a fait un total de **8 prélèvements unitaires par station**. Les 3 prélèvements supplémentaires ont été réalisés

⁷ Une **mouille** est un secteur d'un cours d'eau caractérisé par une faible pente, une hauteur d'eau supérieure à celle de l'ensemble du lit du cours d'eau, et à une plus faible vitesse d'écoulement de l'eau. Une mouille est souvent délimitée par un ou deux seuils ou **radiers**, dont elle est l'antonyme (<http://fr.wikipedia.org>).

dans la même logique, en suivant l'ordre d'habitabilité des substrats. Lorsque tous les substrats avaient été échantillonnés avant d'atteindre 8 prélèvements, l'échantillonnage a été réalisé dans les substrats majoritaires (% de couverture sur la station le plus important), dans une autre classe de vitesse.

Les échantillons d'invertébrés ont été fixés à l'alcool à 70% sur site après un tri dont le but est d'éliminer les particules minérales (pierres, graviers et sable) susceptibles d'endommager les organismes prélevés.

Le traitement de chaque prélèvement (tris, identifications, comptages) a été effectué au moyen d'une loupe binoculaire.

III.7.2. Intervenants

Pour Hytec, les prélèvements de faune benthique ont tous été réalisés par Clémentine Flouhr. Les analyses biologiques (tris, comptages, identifications) ont été réalisées par Clémentine Flouhr et/ou Nathalie Mary. Toutes les identifications ont été validées par Nathalie Mary.

Pour Aqua Terra, le nom de la personne ayant réalisé les prélèvements ne figure pas sur les fiches de rendu. De même, en ce qui concerne les analyses biologiques réalisées par Aqua Terra dans ses locaux, le nom des personnes ayant réalisé les tris et/ou les identifications taxonomiques ne figure pas sur les bulletins d'analyses. Or 2 agents formés en interne se relaient pour assurer le travail de laboratoire. Tous les tris et déterminations sont vérifiés par Valérie Vaillet.

III.7.3. Matériel collecté par Hytec et Aqua Terra

Le tableau suivant récapitule les prélèvements réalisés par Hytec et Aqua Terra au cours de ces 4 campagnes de prélèvements. Aucun prélèvement de benthos n'a été réalisé par nos soins ou par Aqua Terra sur les stations Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300. Dans la mesure où un contrôle en double aveugle avec Aqua Terra avait été prévu initialement uniquement sur les 3 stations suivies habituellement par Vale NC, la station Kaoris KAOR200 n'a pas été échantillonnée en novembre 2011 et en juin 2012. Elle a été échantillonnée par Hytec pour les campagnes qui ont suivi dans la mesure où elle sert de station de référence pour Creek Baie Nord 6-T, soit en décembre 2012 et en juin 2013.

Tableau 11 : Stations et nombre de prélèvements unitaires réalisés pour le macro-benthos les 22/11/2011, le 20/06/2012, les 10 et 11/12/2012, le 18/01/2013 et les 04 et 06/06/2013 par Hytec (HYT) et Aqua Terra (AT)

Rivière	Station	22/11/2011	20/06/2012	10 et 11/12/2012	18/01/2013	04 et 06/06/2013
Kaoris	KAOR200	-	-	HYT (8 PU)	-	HYT (8 PU)
Creek Baie Nord	6-T	HYT (8 PU) AT (5 PU)	HYT (8 PU)* AT (5 PU)	HYT (8 PU) -	- AT (5 PU)	HYT (8 PU) AT (5 PU)
Trou Bleu	3-C	HYT (8 PU) AT (5 PU)	HYT (8 PU) AT (5 PU)	-	HYT (8 PU) AT (5 PU)	HYT (8 PU) AT (5 PU)
Kwë	1-E	HYT (8 PU) AT (5 PU)	HYT (8 PU)* AT (5 PU)	-	HYT (8 PU) AT (5 PU)	HYT (8 PU) AT (5 PU)

* Prélèvements mélangés faute de temps sur le terrain (reportage vidéo pour OEIL le même jour)

III.7.4. Calcul des indices biotiques et de diversité

L'analyse des peuplements faunistiques permet de refléter, dans une certaine mesure, la qualité écologique globale d'une rivière. La présente étude propose ainsi d'établir l'état écologique des cours d'eau étudiés au moyen de mesures simples de caractérisation du peuplement benthique et de plusieurs indices :

- ✓ **L'indice biosédimentaire (IBS)** qui caractérise la pollution des rivières par le transport de sédiments et en particulier des fines latéritiques issues des massifs miniers ;
- ✓ **l'indice biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC)** qui permet de mettre en évidence une perturbation de la qualité des eaux de type organique ;
- ✓ **l'indice EPT (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères)**: les insectes éphéméroptères, plécoptères et trichoptères contiennent en effet de nombreux taxons à score de sensibilité élevé qui constituent la base de méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des milieux aquatiques. Leur abondance faunistique relative (synthétisée au travers de l'indice EPT) est en elle-même un paramètre couramment utilisé pour estimer la qualité des eaux. Une diminution significative de l'abondance faunistique relative de ces taxons indique une perturbation du cours d'eau. Les plécoptères étant absents de Nouvelle-Calédonie, l'indice EPT représente la richesse taxonomique des insectes éphéméroptères et trichoptères récoltés (*in* Mary, 1999).

Ces 3 indices ont généralement été calculés sur la base de 5 prélèvements lorsque ces derniers ont été individualisés (voir remarque page précédente sur Creek Baie Nord 6-T et

Kwè 1-E). En particulier, les 5 prélèvements retenus représentent les substrats les plus biogènes selon l'ordre fixé dans le Tableau 10 page 44.

Ils ont également été calculés sur les 8 prélèvements unitaires afin de comparer les campagnes entre elles.

Les données obtenues vont permettre :

- ✓ de décrire les communautés d'invertébrés benthiques présentes sur les différents bassins versants de la zone d'étude,
- ✓ de déterminer la qualité biologique des cours d'eau au moyen de l'IBS, voire l'IBNC lorsque le cours d'eau est (ou sera) sous l'influence d'apports organiques,
- ✓ de comparer les communautés biologiques (dont le benthos fait partie) entre les bassins sous influence directe du projet minier et les bassins considérés comme peu ou pas impactés et servant de référence de qualité.

III.7.5. Contrôle qualité

Hytec devait au cours de cette étude assurer un contrôle en double aveugle des prélèvements de benthos réalisés par Aqua Terra, sous-traitant de Vale NC. Le contrôle a été réalisé sur le terrain, mais aussi en comparant les paramètres mésologiques relevés respectivement par Hytec et Aqua Terra. Ainsi, lors des travaux de terrain, Hytec a accompagné l'agent d'Aqua Terra en charge des prélèvements sur les stations Trou Bleu 3-C et Kwè 1-E en juin 2013. Il n'y a cependant pas eu de contrôle au laboratoire du tri et de la détermination des taxons mais uniquement comparaison des listes faunistiques obtenues par chaque prestataire.

III.8. Le contrôle qualité (eau, sédiments, flore aquatique)

Compte tenu de l'importance de la campagne en termes de moyens humains (intervention simultanée de 3 opérateurs : Vale NC, Aqua Terra, Hytec) et analytiques mis en œuvre (analyses de l'eau, de la flore aquatique, des sédiments de rivière et du benthos), il est paru indispensable de réaliser un contrôle de la qualité.

III.8.1. Contrôle qualité interne à Hytec

Le programme d'assurance et de contrôle de qualité constitue un outil essentiel afin d'obtenir des données fiables. Il peut consister en l'utilisation d'échantillons témoins (appelés « blancs » de terrain ⁸) qui permettent de vérifier l'absence de contamination des bouteilles de prélèvement de l'eau ou de déceler une contamination qui serait apparue entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Un contrôle de qualité efficace nécessite également l'utilisation de duplicata. Ceux-ci sont obtenus en fractionnant en deux un échantillon prélevé en une seule fois dans un contenant propre de fort volume ; ils sont également expédiés au laboratoire d'analyse avec les autres échantillons, mais avec une identification différente. Cela permet d'évaluer la variabilité et la précision des résultats d'analyse. Il est recommandé de réaliser un blanc de terrain et une série de duplicata tous les 10 ou 20 échantillons (http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/_sur_chaque_station_et_-4.htm).

Durant la présente étude, le contrôle de qualité a porté sur l'eau, les diatomées et le phytoplancton (voir tableau ci-après).

Tableau 12 : Échantillons de contrôle de la qualité réalisés sur l'eau, les diatomées et le phytoplancton au cours des deux années de suivi

Date/heure	Station	Eau (analyse réduite) + chlorophylle	Diatomées	Phytoplancton
22/11/2011 à 18h	6-T	Duplicata	Duplicata	Duplicata (phyto concentré)
20/06/2012 à 17h	6-T	Duplicata	Duplicata	Duplicata (phyto concentré et phyto pour comptage)
10/12/2012 à 10h	KUEB300	Duplicata	Duplicata	Duplicata (phyto concentré et phyto pour comptage)
10/12/2012 à 11h40	-	Blanc	Blanc	Blanc (phyto concentré)
04/06/2013 à 10h30	1-E	Duplicata	Duplicata	Duplicata (phyto concentré)
06/06/2013 à 16h00	-	Blanc	Blanc	Blanc (phyto concentré)

⁸ Pour réaliser un « blanc » de terrain, il est préconisé de remplir une bouteille de chaque type avec de l'eau déminéralisée ultra-propre (fournie par un laboratoire accrédité), au début de l'échantillonnage, et d'expédier ces échantillons au laboratoire avec les autres prélevés.

Pour des raisons pratiques, le prélèvement d'eau a été réalisé sur deux séries de flacons remplis les uns après les autres. La réalisation du duplicata a consisté à prélever l'eau de rivière au même endroit avec des flacons identiques après immersion à quelques centimètres sous la surface de l'eau et remplissage jusqu'à ras bord (sauf pour la bactériologie). Le bouchon du flacon est ouvert et refermé sous l'eau. Cette manière de procéder permet de limiter les contaminations liées au transvasement d'un échantillon d'eau d'un flacon vers un autre

La réalisation du blanc de terrain a consisté à remplir des flacons identiques à ceux utilisés pour les prélèvements en rivière avec de l'eau déminéralisée fournie par Mésachimie en contenant scellé de 5 litres, remplis jusqu'à ras bord par transvasement sur le terrain Le tableau suivant détaille le mode opératoire par compartiment étudié :

Tableau 13 : Mode opératoire pour la réalisation d'échantillons de contrôle de la qualité sur l'eau, les diatomées et le phytoplancton

Type d'échantillon	Eau (analyse réduite) + chlorophylle	Diatomées	Phytoplancton
Duplicata de terrain	Prélèvement au même endroit (remplissage des flacons par immersion les uns après les autres).	Répartition des diatomées dans deux flacons après agitation (il s'agit du même prélèvement séparé en deux).	Répartition du phytoplancton concentré dans deux flacons après agitation (même prélèvement séparé en deux). Pour le phytoplancton pour comptage, remplissage successif des flacons.
Blanc de terrain	Avec de l'eau déminéralisée (bidon de 5 litres reversé dans les flacons)	Nettoyage à l'eau déminéralisée de la brosse à dent et de la boîte en polyéthylène servant pour l'échantillonnage des diatomées	Nettoyage à l'eau déminéralisée du filtre (phyto concentré)

III.8.2. Contrôle externe des prestations réalisées par Vale NC et Aqua Terra

Un des objectifs de cette étude était de mener une campagne en double aveugle afin de comparer les résultats obtenus par nos soins avec ceux de Vale NC (pour l'eau et les sédiments) et de son sous-traitant pour la macrofaune benthique : le bureau d'études Aqua Terra.

Ce dernier a été retenu à l'issue d'une consultation pour effectuer sur une période de 3 ans (2011-2014) le suivi des macroinvertébrés benthiques. Cette prestation était réalisée antérieurement par un autre bureau d'études Biotop.

La méthodologie retenue procède en plusieurs étapes :

- coordination de l'intervention d'Hytec avec les équipes de Vale NC et d'Aqua Terra pour échantillonner l'eau et les macro-invertébrés benthiques les mêmes jours, pour chaque campagne ;
- comparaison des paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* avec Vale NC et Aqua Terra lors qu'une journée d'échantillonnage (à la station 3-C le 22/11/2011) ;
- observation de la méthodologie employée par Aqua Terra lors des prélèvements de benthos dans une station de rivière (station 3-C le 04/06/2013) et discussion avec le préleveur ;
- analyse comparative des résultats obtenus sur les compartiments eau (analyses physico-chimiques, paramètres *in situ*), sédiment (analyses physico-chimiques) et macrofaune benthique (paramètres *in situ*, données mésologiques et faunistiques).

N.B. : Les interventions d'Hytec sur le terrain ont toujours été postérieures à celle d'Aqua Terra et les substrats échantillonnés différents. Les éventuelles perturbations liées à l'intervention de deux opérateurs dans le lit du cours d'eau le même jour qu'Hytec sont négligeables compte tenu du fait que les prélèvements n'ont jamais été fait simultanément et que le débit important des cours d'eau a permis d'entraîner les éventuels matériaux mis en suspension.

III.8.3. Contrôle externe des analyses biologiques réalisées par Hytec

Hytec a confié la validation taxonomique de ses identifications de macro-invertébrés benthiques à Nathalie Mary (Ethyc'O). L'ensemble des taxons de chaque station a ainsi été validé par N. Mary. Pour le tri au laboratoire des prélèvements faunistiques réalisé par Hytec, tous les échantillons ont été contrôlés par C. Flouhr avant envoi pour validation taxonomique à N. Mary.

Les échantillons floristiques de diatomées et macro-algues ont été entièrement traités et déterminés au laboratoire de l'IRSTEA de Bordeaux par Michel Coste pour les diatomées et Christophe Laplace-Treytore pour les macro-algues.

III.9. Synthèse des prélèvements et des analyses réalisées

Le Tableau 14 page suivante récapitule les prélèvements effectués pour chaque campagne sur les différentes stations. *L'annexe 2* détaille, par station, et pour chaque analyse, les

numéros des échantillons prélevés, en ce qui concerne l'eau, les sédiments, le phytobenthos, le phytoplancton, les diatomées et le macrobenthos.

Des échantillons de contrôle de qualité ont été réalisés à chaque campagne sur les échantillons d'eau et de flore (hormis les macroalgues) (cf tableau 8).

Tableau 14 : Analyses réalisées pour chaque campagne de prélèvement sur les 6 stations en rivière (np signifie non prévu)

Nom rivière	Nom station	Benthos (8 prél / station)	Eau Physico-chimie	Eau Bactériologie	Sédiments	Phytoplancton, pigments chlorophylliens	Diatomées	Phytobenthos (macro-algues)
CAMPAGNE DE NOVEMBRE 2011								
Kwè	1-E		complète		np			
Trou Bleu	3-C				np			
Creek Baie Nord	6-T		complète	(4)				
Creek Baie Nord	6-T dupli	np			np			(2)
Kaoris	KAOR200	np			np			
Kuébini	KUEB300	np		(4)	np			
Wajana	WAJA300	np			np	(3)	(3)	
CAMPAGNE DE JUIN 2012								
Kwè	1-E	(6)	complète (9)	np	np			
Trou Bleu	3-C		(9)	np	np			
Creek Baie Nord	6-T	(6)	complète (9)	np	np (7)			
Creek Baie Nord	6-T dupli	np	(9)	np	np			(2)
Kaoris	KAOR200	np	(9)	np	np			
Kuébini	KUEB300	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)
Wajana	WAJA300	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)
CAMPAGNE DE DECEMBRE 2012 (et JANVIER 2013, uniquement sur Kwè 1-E et Trou Bleu 3-C)								
Kwè	1-E	(11)	complète	(4)	np	(10)	(10)	np (5)
Kwè (18/01/13)	1-E		np	np	np			np (5)
Trou Bleu	3-C	(11)			np	(10)	(10)	np (5)
Trou Bleu (18/01/13)	3-C		np	np	np			np (5)
Creek Baie Nord	6-T		complète					np (5)
Kaoris	KAOR200				np			np (5)
Kuébini	KUEB300	np			np			np (5)
Kuébini	KUEB300 dupli	np			np			np (5)
Wajana	WAJA300	np			np			np (5)
Blanc		np			np			np (5)
CAMPAGNE DE JUIN 2013								
Kwè	1-E		complète	np	np			
Kwè	1-E dupli	np		np	np			np (2)
Trou Bleu	3-C			np	np			
Creek Baie Nord	6-T		complète	np	np (7)			
Kaoris	KAOR200			np	np			
Kuébini	KUEB300	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)
Wajana	WAJA300	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)	np (8)
Blanc		np		np	np			np

np : non prévu dans le cadre de la campagne, la présence d'un chiffre entre parenthèses renvoie aux explications ci-après notamment pour expliquer la non réalisation d'un prélèvement qui était prévu initialement, auquel cas np ne figure pas dans la case.

	analyse physico-chimique réduite
complète	analyse physico-chimique complète
	prélevé et analysé

Les paramètres des listes réduite et complète analysés sur l'eau sont détaillés au paragraphe III.4.2.b. Pour chaque prélèvement réalisé (eau, sédiment, flore aquatique), les informations et caractéristiques suivantes ont été notées sur le terrain :

- contenants (volume, nombre et nature),
- ajout d'un réactif ou d'un conservateur sur le terrain, avant expédition ou dépôt au laboratoire,
- lieu du prélèvement (radier, mouille, etc),
- substrat au niveau du prélèvement,
- profondeur et vitesse de l'eau,
- distance au bord (ou à une zone émergée),
- abondance du phytobenthos échantillonné à la main.

On notera qu'au cours de ces campagnes de prélèvements et d'analyses :

1. les échantillons de diatomées et de phytoplancton ont été réalisés en double avec conservation du duplicata à Nouméa, l'échantillon normal étant envoyé en métropole pour analyse ;
2. pour le phytobenthos (macro-algues), la faible quantité d'algues présente pour certains taxons n'a pas permis de réaliser d'échantillon duplicata ;
3. sur le site Wajana WAJA300, seuls des prélèvements d'eau et de phytobenthos (macro-algues) ont été réalisés à l'étiage 2011, du fait de la difficulté d'accès à la rivière : vasque en aval d'une grande cascade fréquentée pour la baignade et en amont de la route ; le déplacement du site plus en aval à l'étiage 2012 a permis de réaliser l'ensemble des prélèvements d'eau et de flore ;
4. en novembre 2011, les flacons en verre prévus pour la bactériologie des stations Kuébini KUEB300 et Creek Baie Nord 6-T ont été utilisés pour l'échantillonnage des sédiments sur la station Creek Baie Nord 6-T, en complément du flaconnage en polyéthylène fourni par le laboratoire et qui est inapproprié pour l'analyse des composés organiques. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas eu d'analyse bactériologique sur ces deux stations en novembre 2011. De la même façon, en décembre 2012, il n'y a pas eu d'analyse bactériologique sur la station Kwë 1-E dont le flaconnage a été utilisé pour le prélèvement de sédiments à la station Creek Baie Nord 6-T ;
5. pour la campagne d'étiage 2012/2013, le phytobenthos n'a pas été échantillonné à cause du débit important sur certains cours d'eau mais aussi du fait que les analyses de la précédente campagne n'avaient toujours pas été réalisées ;

6. en moyennes eaux 2012, les prélèvements unitaires de benthos (8 par station) ont été mélangés sur les stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E afin de terminer les échantillonnages avant la nuit (reportage vidéo le même jour pour le compte de l'OEIL sur Trou Bleu 3-C) et de comparer les résultats avec ceux de Vale NC réalisés le même jour ;
7. aucune analyse de sédiments n'a été effectuée en périodes de moyennes eaux (juin 2012 et 2013), périodes peu propices à la concentration des polluants dans les sédiments du fait de leur remise en suspension plus fréquente, liée à un régime hydrologique plus aléatoire et plus important à cette période ;
8. aucun prélèvement n'a été réalisé en périodes de moyennes eaux (juin 2012 et 2013) aux stations Wajana WAJA300 et Kuébini KUEB300, le budget disponible pour les analyses ayant été réservé aux stations au centre de la problématique environnementale de Vale NC ;
9. lors de la campagne de moyennes eaux de juin 2012, certaines paramètres physico-chimiques de l'eau ont été supprimés par rapport à novembre 2011 : COT, TA, TAC, dureté totale, composés organiques volatils COV peu susceptibles d'être présents du fait d'un brassage plus important des eaux en moyennes eaux d'autant plus qu'ils n'avaient pas été détectés en étiage ; platine et vanadium non détectés à l'étiage ; 3 paramètres non analysés par Vale NC : tellure, thallium, titane ;
10. il n'y a pas eu de prélèvement de phytoplancton sur les stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C en décembre 2012 du fait du débit trop important sur la rivière 1-E. Par contre, dans l'objectif d'effectuer une comparaison sur ces deux périodes, les diatomées ont été échantillonnées en décembre 2012 mais aussi en janvier 2013 ;
11. il n'y a pas eu de prélèvement de benthos sur les stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C en décembre 2012 pour les mêmes raisons. D'ailleurs le bureau d'études Aqua Terra a dû annuler au dernier moment la campagne de décembre à cause des conditions hydrauliques peu favorables (débits importants) et a effectué tous ses prélèvements de benthos en janvier 2013 dont ceux des stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C que nous avons fait le même jour qu'eux.

Chapitre IV - Résultats

Ce rapport présente pour chaque campagne de prélèvement :

- les photos des stations et des échantillons prélevés (voir *annexe 5*),
- les fiches des relevés de terrain sur les stations échantillonnées en macrofaune benthique : mesures physico-chimiques *in situ*, et paramètres mésologiques associés aux échantillons de faune prélevés (voir *annexe 6*),
- les demandes d'analyse et justificatifs de conservation des échantillons lors du transport, ainsi que les bulletins d'analyse pour les pigments chlorophylliens par le laboratoire de l'IRD (voir *annexe 7*),
- les demandes d'analyse et justificatifs de conservation des échantillons d'eau et de sédiments lors du transport, ainsi que les bulletins d'analyse (voir *annexes 8 et 9* respectivement) (laboratoire de la CDE), les sédiments de rivière ayant été prélevés uniquement à la station Creek Baie Nord 6-T à l'étiage (novembre 2011 et décembre 2012),
- les rapports des inventaires botaniques de la végétation des berges réalisés à l'étiage uniquement (décembre 2011 et 2012) (voir *annexe 10*),
- les demandes d'analyse avec les paramètres mésologiques et les paramètres mesurés *in situ* pour les prélèvements floristiques (*annexes 11 et 14*), avec les résultats des analyses uniquement pour les macro-algues de la campagne de novembre 2011 car l'analyse des prélèvements de phytoplancton et des macro-algues des autres campagnes n'a pas pu être réalisée (*annexe 11.1*), et les diatomées (*annexe 14*) prélevés aux 6 stations et réalisées en métropole,
- les bulletins d'analyse (pour 5 et 8 prélèvements unitaires) et les listes faunistiques du macro-benthos prélevé par Hytec (*annexe 12*) et par la société Aqua Terra (5 prélèvements unitaires mélangés) pour le compte de Vale NC (*annexe 13*).

Ce rapport comporte également une analyse :

- comparative des résultats obtenus sur les paramètres *in situ* par les 3 opérateurs lors de la journée du 22 novembre 2011 à la station 3-C (Tableau 24 page 106);
- critique des résultats obtenus par Hytec pour l'eau en tenant compte des résultats obtenus pour les échantillons de contrôle de la qualité (duplicata de terrain et blanc de terrain) ;
- comparative des résultats obtenus en double aveugle sur l'eau et les sédiments (Vale NC vs Hytec) et les macro-invertébrés benthiques (Aqua Terra vs Hytec) (Tableau 25 page 108) ;
- critique du protocole de prélèvement mis en œuvre par Aqua Terra pour le prélèvement des macro-invertébrés benthiques (§ IV.6. page 168).

Le rapport de phase 2 relatif à l'état de référence permet en outre, au moyen d'analyses statistiques multivariées, de :

- comparer les données obtenues par Hytec avec celles de Vale NC en ce qui concerne la physico-chimie de l'eau et les données faunistiques (macrofaune benthique) et, d'effectuer des recommandations permettant d'harmoniser méthodes et résultats ;
- valider le choix des paramètres physico-chimiques à suivre pour définir l'état écologique des cours d'eau étudiés et, identifier, dans la mesure du possible, des valeurs seuils pour les paramètres physico-chimiques au-delà desquelles le milieu serait considéré comme perturbé ;
- proposer des préconisations de surveillance du milieu aquatique en lien avec les spécificités du site et le projet d'exploitation pour l'année suivante.

IV.1. Qualité physico-chimique des eaux

Les résultats d'analyse de l'eau et des pigments chlorophylliens sont présentés pages suivantes :

- Tableau 15 pour l'étiage 2011-2012 (prélèvements du 22/11/2011 d'Hytec et de Vale NC),
- Tableau 16 pour les moyennes eaux (prélèvements du 20/06/2012 d'Hytec et de Vale NC),
- Tableau 17 pour l'étiage 2012-2013 (prélèvements des 10 et 11 décembre 2012 d'Hytec et de Vale NC),
- Tableau 18 pour les pesticides analysés sur l'eau prélevée à la station Creek Baie Nord 6-T le 11/12/2012 et le 06/06/2013,
- Tableau 19 pour les moyennes eaux (prélèvements des 04 et 06/06/2013 d'Hytec et des 04 et 07/06/2013 de Vale NC).

On notera que dans ces tableaux, les chlorures, nitrates, fluorures, nitrites, phosphates et sulfates sont concernés par la même méthode d'analyse : norme NF EN ISO 10304-1 utilisée pour le dosage des anions dissous. Dans cette méthode, une pré colonne avant l'injection sert à éliminer les particules les plus petites ou les bactéries. Parmi ces éléments, les chlorures, nitrates, nitrites et phosphates n'existent que sous forme dissoute dans l'eau, donc dans la suite du rapport et dans les tableaux de résultats, ils seront mentionnés comme chlorures, nitrates, nitrites et phosphates sans préciser dissous. Pour les fluorures et les sulfates, il sera précisé fluorures dissous et sulfates dissous s'ils ont été analysés par cette méthode.

Ces tableaux mettent en évidence :

- en rouge, les écarts relatifs significatifs ($\geq 20\%$) obtenus sur les échantillons prélevés en double (duplicata de terrain) par Hytec ;
- en gras, les écarts relatifs significatifs ($\geq 50\%$) de valeurs entre les résultats obtenus par Hytec pour la station de référence par rapport celle soumise à des impacts (Creek Baie Nord 6-T vs Kaoris KAOR200 et Kwë 1-E vs Trou Bleu 3-C);
- cellules colorées en rouge des valeurs du blanc présentant des écarts relatifs $\geq 50\%$ aux limites de quantification (LQ), blanc uniquement réalisé en décembre 2012 et juin 2013.

Tableau 15 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée le 22/11/2011 à l'étiage (physico-chimie, bactériologie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC

Les chiffres entre parenthèses correspondent à la teneur sur l'eau filtrée (métaux dissous). Pour les analyses de la CDE (prélèvements réalisés par Hytec), la filtration et l'analyse ont été réalisées plusieurs semaines après le prélèvement à partir de l'eau conservée au frigo par le laboratoire de la Calédonienne des Eaux.

Analyse d'eau de rivière :				campagne d'été (22/11/2011)														
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		rivière Kaori KAOR200 2011FW101 a à e	CBN 6T 2011FW107 a à d et j1 à j7	CBN 6T dupli 2011FW104 a à e	rivière Trou Bleu 3C 2011FW102 a à e	Kwè 1E 2011FW103 a à e et j1 à j7	Wajana WAJA300 2011FW105 a à e	Kuebini KUEB300 2011FW106 a à d	Vale NC		484176 ENV6TA	484179 ENV3CA	484177 ENV1EA		
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	22/11/2011 7h30 CDE n° 1105408	22/11/2011 17h CDE n° 1105414	22/11/2011 18h CDE n° 1105410	22/11/2011 10h00 CDE n° 1105409	22/11/2011 12h30 CDE n° 1105413	22/11/2011 16h CDE n° 1105411	22/11/2011 15h CDE n° 1105412	Méthode d'analyse		Unité si différente	22/11/2011 14h01	22/11/2011 09h18	22/11/2011 10h13	
					C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	Limite de détection (LD)		Vale NC	Vale NC	Vale NC	
					Flaconnage CDE (verre et polyéthylène, flacons stériles pour bactériologie) Réception échantillon : 23/11/2011 à 08h45 (4,5°C) Analyse soustraitée au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole Fin d'analyse : 22/03/2012										informations sur le flaconnage, les heures de livraison au laboratoire et de début/fin d'analyse + température des échantillons à l'arrivée au laboratoire non fournies			
eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	eau claire petites pluies la nuit	information sur les conditions prélèvement non fournies										
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C			101	155	155	110	124	117	104	ENVCDT	5	à 20 ou 25°C?	130	95,6	107	
	oxygène dissous	mg/l			8,56	8,29	8,29	8,5	8,41	7,8	7,89	ENVOXD			8,18			
	pH	unités pH			99,3	102,4	102,4	99	105,5	95,1	95,3							
	Eh	mV			7,6	8,1	8,1	7,25	8	7,8	7,6	ENVPH			8,73	7,6	7,77	
	température	°C																
	turbidité	NFU																
Paramètres organoleptiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co	NF EN ISO 7887	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1							
	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al	NF EN ISO 15586	0,001	0,004 (0,003)	0,013 (0,002)	0,018 (0,002)	0,019 (0,003)	0,005 (0,003)	0,003 (0,001)	0,003 (0,002)	ICP02 (9)	0,1		(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	
Paramètres physicochimiques	chlorures	mg/l	NF EN ISO 103041	0,1	10,7	15,7	15,3	12	11,7	11,9	9,6	ICS01 (5)	0,1		14,9	11,9	9,8	
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l	NF T 90-103	1	1	<1 (<1)	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	1							
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	NF T 90-101	5	5	<5 (<5)	5	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	5	SPE03 (6)	10		(<10)		(<10)	
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	NF EN 1484	0,5		<0,5 (<0,5)			<0,5 (<0,5)			SPE09 (6)	0,3		(0,6)			
	dureté totale	°F	calcul	0,1	6			5										
	matières en suspension (MES)	mg/l	NF EN 872	1	1	1	2	<1	<1	2	1	GRV02	5		<5	<5	<5	
	silicium (Si dissous)	mg/l en Si	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	10,0 (5,0)	16,0 (8,0)	15,0 (7,0)	11,0 (5,0)	14,0 (7,0)	17,0 (7,0)	11,0 (5,0)	ICP02 (9)	1		(8)	(5)	(7)	
	sodium	mg/l en Na	NF EN ISO 14911	0,01	5,78	7,97	7,97	6,63	5,5	6,33	5,25	ICP02 (9)	1		(8)	(7)	(6)	
	sulfates	mg/l en SO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	1,7	5,2	5	1,7	2,8	1,9	1,5	ICS01 (5)	0,2	voir si en S ou SO4	(6)	(2,1)	(3,5)	
	titre alcalimétrique	°F	NF EN ISO 9963-1	0,1		<0,1			<0,1			TTT11 (8)	2	mg/l Ca CO3	(<2)	(<2)	(<2)	
titre alcalimétrique complet	°F	NF EN ISO 9963-1	0,1		5			4,3			TTT11 (8)	2	mg/l Ca CO3	(45)	(35)	(44)		
zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	NF EN ISO 15586	0,01	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	ICP02 (9)	0,1		(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)		
Éléments pour le diagramme de Piper	calcium	mg/l en Ca	NF EN ISO 14911	0,1	0,8	1	1	0,6	0,5	0,7	0,5	ICP02 (9)	1		(<1)	(<1)	(<1)	
	carbonates	mg/l CO3	calcul	0,1	<0,1	0,4	0,4	<0,1	0,3	0,2	0,1							
	hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	calcul	0,1	30,3	59,6	59,5	42,6	51,9	48,4	44,9							
	magnésium	mg/l en Mg	NF EN ISO 14911	0,01	6,58	13,89	13,82	9,12	11,91	10,49	9,8	ICP02 (9)	0,1		(12,7)	(8,9)	(11,3)	
	potassium	mg/l en K	NF EN ISO 14911	0,05	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,15	0,1	ICP02 (9)	0,1		(0,2)	(0,2)	(0,2)	
	Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium) / ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM	NF EN 903	0,05		<0,05			<0,05								
ammonium (NH ₄ dissous)		mg/l en NH ₄	NF EN ISO 14911	0,01	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)							
ammoniac (NH ₃ dissous)		mg/l en NH ₃	NF T 90-015	0,01	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	SPE05 (6)	0,5	voir si en N ou NH ₃	(<0,5)			
argent (Ag dissous)		µg/l en Ag	NF EN ISO 15586	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)							
azote Kjeldahl (NTK filtré)		mg/l en N	NF EN 25663	0,5	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	0,5	0,5	<0,5 (<0,5)							
azote total (N tot dissous)		mg/l en N	NF EN ISO 11905-1	0,5	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	0,5	1	<0,5 (<0,5)							
baryum (Ba dissous)		mg/l en Ba	NF EN ISO 15586	0,002	<0,002 (<0,002)	<0,002 (<0,002)	0,002 (<0,002)	<0,002 (<0,002)	<0,002 (<0,002)	<0,002 (<0,002)	<0,002 (<0,002)							
bore (Bo dissous)		mg/l en B	XPT 90041	0,001	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)							
cuivre (Cu dissous)		mg/l en Cu	NF EN ISO 15586	0,001	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	ICP02 (9)	0,01		(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	
fer (Fe dissous)		mg/l en Fe	NF EN ISO 15586	0,001	0,099 (0,086)	0,060 (0,022)	0,056 (0,049)	0,043 (0,004)	0,055 (0,033)	0,064 (0,058)	0,029 (0,014)	ICP02 (9)	0,1		(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	
fluorures (F dissous)		mg/l en F	NF EN ISO 10304-1	0,01	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)							
hydrocarbures totaux (1)		mg/l	NF EN ISO 9377-2	0,1		<0,1			<0,1			SPE02CALC (7)	0,5	mg/kg	(<10)		(<10)	
manganèse (Mn dissous)		mg/l en Mn	NF EN ISO 15586	0,001	0,006 (0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	ICP02 (9)	0,01		(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	
nitrites		mg/l en NO ₂	NF EN ISO 10304-1	0,01	<0,01	0,1	0,1	<0,1	0,3	0,4	0,2	ICS01 (5)	0,2	voir si en N ou NO ₃	0,3	<0,2	0,4	
phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol		µg/l en C6H5C	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5		<5			<5									
phosphates		mg/l en PO ₄	NF EN ISO 10304-1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ICS01 (5)	0,2	voir si en P ou PO ₄	<0,2	<0,2	<0,2	
phosphore total (P filtré)		mg/l en P	NF EN ISO 6878	0,1	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	<0,1 (<0,1)	ICP02 (9)	0,1		(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	
platine		µg/l en Pt	NF EN ISO 17294-2	1		<1			<1									
soufre		mg/l en S	NF EN ISO 17294-2									ICP02 (9)	1		(2)	(<1)	(1)	
tellure		µg/l en Te	NF EN ISO 17294-2	1		<1			<1									
thallium		µg/l en Tl	NF EN ISO 17294-2	1		<1			<1									

Analyse d'eau de rivière :				campagne d'été (22/11/2011)												
Paramètres	Unité	CDE pour Hytec		rivière Kaori KAOR200 2011FW101 a à e	CBN 6T 2011FW107 a à d et j1 à j7	CBN 6T dupli 2011FW104 a à e	rivière Trou Bleu 3C 2011FW102 a à e	Kwé 1E 2011FW103 a à e et j1 à j7	Wajana WAJA300 2011FW105 a à e	Kuebini KUEB300 2011FW106 a à d	Vale NC		484176 ENV6TA	484179 ENV3CA	484177 ENV1EA	
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	NF EN ISO 15586	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	ICP02 (9)	50	<50	<50	<50	
	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	NF EN ISO 15586	2	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	ICP02 (9)		<10	<10	<10	
	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	NF EN ISO 15586	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10	
	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	NF EN ISO 15586	1	19 (7)	8 (7)	8 (8)	6 (5)	10 (10)	10 (10)	9 (5)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10
	chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	NF EN ISO 18412	5	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	<5 (<5)	SPE01 (6)	10		<10	<10
	cyanures libres	µg/l en CN	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5	5	<5	<5	10	<5	<5	5					
	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	NF EN ISO 15586	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX	NF EN ISO 9562	0,01		<0,01				<0,01						
	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	NF EN ISO 15586	1	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	<1 (<1)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10
	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	NF EN 1483	0,05	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)	<0,05 (<0,05)					
	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	NF EN ISO 15586	2	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)					
	nickel (Ni dissous)	µg/l en Ni	NF EN ISO 15586	1	15 (15)	9 (8)	8 (7)	15 (10)	10 (4)	9 (9)	14 (12)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10
	plomb (Pb dissous)	µg/l en Pb	NF EN ISO 15586	2	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	ICP02 (9)	10	<10	<10	<10
	PCB : PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)	µg/l	NF EN ISO 6468	0,01		<0,01 pour PCB 101, 118, 138,153,180,28,52			<0,01 pour 101, 118, 138,153,180,28,52							
	sélénium (sélénium dissous)	µg/l	NF EN ISO 15586	2	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)	<2 (<2)					
titane (1)	µg/l en Ti	NF EN ISO 17294-2	1		3			2								
vanadium	µg/l en V	NF EN ISO 15586	5		<5			<5								
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2		<0,2		<0,2								
	toluène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5		<0,5		<0,5								
	éthyl-benzène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2		<0,2		<0,2								
	ortho-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2		<0,2		<0,2								
	méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,4		<0,4		<0,4								
	ortho-méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,6		<0,6		<0,6								
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l	NF EN ISO 15680	1,0		<1,0		<1,0								
	tétrachloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5		<0,5		<0,5								
	tétrachlorure de carbone	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5		<0,5		<0,5								
	trichloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 15680	1,0		<1,0		<1,0								
1,1,1-trichloroéthane	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5		<0,5		<0,5									
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1		0	0	0	0	735							
	entérocoques	N/100 ml	NF EN ISO 7899-2		0	22	6	0	7							
	Escherichia coli	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1		0	0	0	0	644							
HAP (1) (4)	acénaphthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	acénaphthylène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01								
	anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	benzo (a) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005								
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005								
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005								
	chrysène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	fluoranthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	fluorène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	naphtalène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
	phénanthrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005								
pyrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,005		<0,005									
pesticides	µg/l	non analysés	variable													
Pigments chlorophylliens	[Chl] (µg/l)				0,09	1,5	1,77	0,03	0,09	0,2	0,03					
	[Pheo] (µg/l)				0,04	1,16	1,21	0,02	0,02	0,07	0,01					
	% Pheo				27,47	43,56	40,73	35,65	20,41	26,88	26,92					

les chiffres entre parenthèses représentent les valeurs mesurées après filtration de l'échantillon d'eau

(1) paramètres sous-traités

(2) BTEX = Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

(3) COV = chloroforme; tétrachloroéthylène (perchloroéthylène); tétrachlorure de carbone; trichloroéthylène; 1-1-1 trichloroéthane

(4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphthène, anthracène, benzo (a) anthracène, benzo (b) fluoranthène, benzo (b)pyrène(3,4), benzo (g,h,i) perylène (1,12), benzo (a) pyrène, chrysène, dibenzo (a,h) anthracène, fluoranthène, fluorène, indeno (1,2,3) (c)

(5) ICS01 : chromatographie ionique

(6) SPE01, SPE03, SPE05, SPE09 : Spectrométrie par colorimétrie

(7) SPE02CALC : Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)

(8) TIT11 : titration

(9) ICP09 : Spectrométrie d'émission atomique

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre les valeurs de l'échantillon terrain et son duplicata

information n'ayant pas pu être validée auprès de Vale NC

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

valeurs du blanc ≥ 50 % LQ

Tableau 16 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée le 20/06/2012 en moyennes eaux (physico-chimie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC

Les chiffres entre parenthèses correspondent à la teneur sur l'eau filtrée (métaux dissous).

Analyse d'eau de rivière :				campagne de moyennes eaux (20 juin 2012)												
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		rivière Kaori KAOR200 2012FW101 a à d	CBN 6T 2012FW107 a à d et j1 à j5	CBN 6T dupli 2012FW104 a à d	rivière Trou Bleu 3C 2012FW102 a à d	Kwé 1E 2012FW103 a à d et j1 à j5	Vale NC		ENV6TA	ENV3CA	ENVIEA		
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	20/06/2012 8h30 CDE n° 1203166	20/06/2012 18h00 CDE n° 1203170	20/06/2012 17h00 CDE n° 1203168	20/06/2012 11h30 CDE n° 1203167	20/06/2012 15h00 CDE n° 1203169	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	17/06/2012 14h56	20/06/2012 11h30	20/06/2012 11h00		
					Flacottage CDE (verre et polyéthylène) Réception échantillon : 21/06/2012 à 08h00 (1,4°C) Analyse pour partie soustraite au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole Fin d'analyse : 24/07/2012							Vale NC	Vale NC	Vale NC		
					eau claire petites pluies la veille	eau claire petites pluies la veille	eau claire petites pluies la veille	eau claire petites pluies la veille	eau claire petites pluies la veille			informations sur le flacottage, les heures de livraison au laboratoire et de début/fin d'analyse + température des échantillons à l'arrivée au laboratoire non fournies				
												information sur les conditions prélèvement non fournies				
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C			77	137	137	77	92	ENVCDT	5	20 ou 25°C	134	80,3	95,4	
	oxygène dissous	mg/l			9,09	9,13	9,13	9,1	9,22	ENVOXD			9,26			
	pH	unités pH			97,6	106,4	106,4	101,2	105,4							
	Eh	mV			7,46	7,72	7,72	7,16	7,56	ENVPH			7,88	8,04	7,94	
	température	°C														
	turbidité	NFU								ENVTEMP			22,9	20,9	21,6	
Paramètres organoleptiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co	NF EN ISO 7887	1	4	4	4	1	4							
Paramètres physicochimiques	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al	NF EN ISO 17294-2	0,001	(0,047)	(0,020)	(0,441)	(0,004)	(0,019)	ICP02 (9)	0,1			<(0,1)	<(0,1)	
	chlorures	mg/l	NF EN ISO 103041	0,1	9,44	14,52	14,41	11,05	9,63	ICS01 (5)	0,1		14,2	11,1	9,5	
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l	mesure manométrique OXITOP	1	2	2	3	1	3							
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	NF T 90-101	5	6	<5 (<5)	7	<5 (<5)	<5 (<5)	SPE03 (6)	10		<10		<(10)	
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	non demandé													
	dureté totale	°F	non demandé													
	matières en suspension (MES)	mg/l	NF EN 872	1	<1	1	<1	<1	<1	GRVO2	5		<5	7,3	7,4	
	silicium (Si dissous)	mg/l en Si	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	4	4	8	3	7	ICP02 (9)	1			(3)	(4)	
	sodium	mg/l en Na	NF EN ISO 14911	0,01	4,86	7,3	7,28	6,08	4,69	ICP02 (9)	1			(6)	(5)	
	sulfates	mg/l en SO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	1,805	10,297	9,809	1,976	6,37	ICS01 (5)	0,2	voir si en S ou SO4	10	(2,2)	(4,9)	
	titre alcalimétrique	°F	non demandé							TIT11 (8)	2	mg/l Ca CO3		<(2)	<(2)	
titre alcalimétrique complet	°F	non demandé							TIT11 (8)	2	mg/l Ca CO3		(19)	(25)		
zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	NF ISO 17294-2	0,01	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	ICP02 (9)	0,1			<(0,1)	<(0,1)		
Eléments pour le diagramme de Piper	calcium	mg/l en Ca	NF EN ISO 14911	0,1	1,41	1,85	2	1,231	1,06	ICP02 (9)	1			<(1)	<(1)	
	carbonates	mg/l CO3	calcul	0,1	<0,1	0,13	0,12	<0,1	<0,1							
	hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	calcul	0,1	26,12	43,03	41,82	28,62	30,35							
	magnésium	mg/l en Mg	NF EN ISO 14911	0,01	5,51	11,41	10,75	5,911	8,09	ICP02 (9)	0,1			(5,4)	(7,7)	
	potassium	mg/l en K	NF EN ISO 14911	0,05	0,15	0,32	0,33	0,16	0,21	ICP02 (9)	0,1			(0,2)	(0,2)	
Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium)/ ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM	NF EN 903	0,05		<0,05			<0,05							
	ammonium (NH4 dissous)	mg/l en NH4	NF T 90-015	0,01	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)							
	ammoniac (NH3 dissous)	mg/l en NH3	NF T 90-015	0,01	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)	<(0,01)							
	argent (Ag dissous)	µg/l en Ag	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)							
	azote Kjeldahl (NTK filtré)	mg/l en N	NF EN 25663	0,5	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)							
	azote total (N tot dissous)	mg/l en N	NF EN ISO 11905-1	0,5	0,52	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)							
	baryum (Ba dissous)	mg/l en Ba	NF ISO 17294-2	0,002	<(0,002)	<(0,002)	<(0,002)	<(0,002)	<(0,002)							
	bore (Bo dissous)	mg/l en B	XPT 90041	0,001	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)							
	cuivre (Cu dissous)	mg/l en Cu	NF ISO 17294-2	0,001	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	ICP02 (9)	0,01			<(0,01)	<(0,01)	
	fer (Fe dissous)	mg/l en Fe	NF ISO 17294-2	0,001	(0,002)	(0,010)	(0,004)	(0,002)	(0,001)	ICP02 (9)	0,1			<(0,1)	<(0,1)	
	fluorures (F dissous)	mg/l en F	NF EN ISO 10304-1	0,01	(0,057)	(0,01)	(0,01)	(0,01)	<(0,01)							
	hydrocarbures totaux (1)	mg/l	NF EN ISO 9377-2	0,1		0,15			<0,1	SPE02CALC (7)	0,5	mg/kg	<(10)		<(10)	
	manganèse (Mn dissous)	mg/l en Mn	NF ISO 17294-2	0,001	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	<(0,001)	ICP02 (9)	0,01			<(0,01)	<(0,01)	
	nitrate	mg/l en NO3	NF EN ISO 10304-1	0,1	0,63	0,49	0,39	0,11	0,84	ICS01 (5)	0,2	voir si en N ou NO3	0,5	<0,2	0,9	
	nitrite	mg/l en NO2	NF EN ISO 10304-1	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01							
	phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol	µg/l en C6H5C	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5		<5			<5							
	phosphates	mg/l en PO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	<0,1	0,331	<0,1	<0,1	<0,1	ICS01 (5)	0,2	voir si en P ou PO4	<0,2	<0,2	<0,2	
	phosphore total (P filtré)	mg/l en P	NF EN 1189	0,1	<(0,1)	<(0,1)	<(0,1)	<(0,1)	<(0,1)	ICP02 (9)	0,1			<(0,1)	<(0,1)	
	platine	µg/l en Pt	non demandé													
	soufre	mg/l en S								ICP02 (9)	1			<(1)	(2)	
	tellure	µg/l en Te	non demandé													
	thallium	µg/l en Tl	non demandé													

Analyse d'eau de rivière :			campagne de moyennes eaux (20 juin 2012)										
Paramètres	Unité	CDE pour Hytec	rivière Kaori KAOR200 2012FW101 a à d	CBN 6T 2012FW107 a à d et j1 à j5	CBN 6T dupli 2012FW104 a à d	rivière Trou Bleu 3C 2012FW102 a à d	Kwè 1E 2012FW103 a à d et j1 à j5	Vale NC		ENV6TA	ENV3CA	ENVIEA	
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	50		<(50)	<(50)
	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)					
	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	NF ISO 17294-2	1	(5)	(7)	(7)	(1)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	NF EN ISO 18412	5	(5)	<(5)	(5)	<(5)	SPE01 (6)	10		<(10)	<(10)
	cyanures libres	µg/l en CN	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5	<5	6	<5	<5					
	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX	NF EN ISO 9562	0,01		0,023		0,013					
	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	NF ISO 17294-2	0,05	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)					
	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)					
	nickel (Ni dissous)	µg/l en Ni	NF ISO 17294-2	1	(14)	(12)	(11)	(10)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	plomb (Pb dissous)	µg/l en Pb	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	ICP02 (9)	10		<(10)	<(10)
	PCB : PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)	µg/l	NF EN ISO 6468	0,001 pour PCB 138, 153, 180; 0,005 pour PCB 28, 101, 118 et 0,01 pour PCB 52		<0,001 pour 138, 153, 180 <0,005 pour 101, 118, 28 <0,01 pour 52		<0,001 pour 138, 153, 180 <0,005 pour 101, 118, 28 <0,01 pour 52					
	sélénium (sélénium dissous)	µg/l	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)					
	titane (1)	µg/l en Ti	non demandé										
vanadium	µg/l en V	non demandé											
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2		<0,2						
	toluène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,5	<0,5		<0,5						
	éthyl-benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2		<0,2						
	ortho-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2		<0,2						
	méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2		<0,2						
	ortho-méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2		<0,2						
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l	non demandé										
	tétrachloroéthylène	µg/l	non demandé										
	tétrachlorure de carbone	µg/l	non demandé										
	trichloroéthylène	µg/l	non demandé										
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	non demandé										
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml	non demandé										
	entérocoques	N/100 ml	non demandé										
	<i>Escherichia coli.</i>	N/100 ml	non demandé										
HAP (1) (4)	acénaphthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	acénaphthylène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	benzo (a) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005		<0,005						
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005		<0,005						
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005		<0,005						
	chrysène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	fluoranthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	fluorène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	naphtalène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
	phénanthrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01						
pyrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01		<0,01							
pesticides		µg/l	non demandé										
Pigments chlorophylliens	[Chl] (µg/l)				0,054	0,73	0,819	0,042	0,09				
	[Pheo] (µg/l)				0,022	0,435	0,435	0,031	0,026				
	%Pheo				28,86	37,32	34,7	42,18	22,63				

les chiffres entre parenthèses représentent les valeurs mesurées après filtration de l'échantillon d'eau

(1) paramètres sous-traité

(2) BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

(3) COV = chloroforme; tétrachloréthylène (perchloréthylène); tétrachlorure de carbone; trichloréthylène; 1-1-1 trichloroéthane

(4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphthène, anthracène, benzo (a) an.

(5) ICS01 : chromatographie ionique

(6) SPE01, SPE03, SPE05, SPE09 : Spectrométrie par colorimétrie

(7) SPE02CALC : Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)

(8) TIT11 : titration

(9) ICP09 : Spectrométrie d'émission atomique

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre les valeurs de l'échantillon terrain et son duplicata

information n'ayant pas pu être validée auprès de Vale NC

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

valeurs du blanc ≥ 50 % LQ

Tableau 17 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée les 10 et 11/12/2012 à l'étiage (physico-chimie, bactériologie et pigments chlorophylliens) par Hytec et Vale NC

Les chiffres entre parenthèses correspondent à la teneur sur l'eau filtrée (métaux dissous).

Analyse d'eau de rivière :			campagne d'été (10 et 11 décembre 2012)											12 et 13 janvier 2013									
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		rivière Kaori KAOR200 2012FW101 a à e	CBN 6T 2012FW107 a à e et j1 à j13	rivière Trou Bleu 3C 2012FW102 a à e	Kwë 1E 2012FW103 a à d et j1 à j8	Wajana WAJA300 2012FW105 a à e	Kuebini KUEB300 2012FW106 a à e	Kuebini KUEB300 dupli 2012FW104 a à e	blanc sur WAJA300 2012FW108 a à e	Vale NC		Unité si différente	ENV6TA	ENV3CA	ENVIEA	ENV6TA	ENV3CA	ENVIEA		
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	11/12/2012 8h40 CDE n° 1206179	11/12/2012 12h CDE n° 1206182	11/12/2012 17h00 CDE n° 1206180	11/12/2012 16h00 CDE n° 1206181	10/12/2012 11h50 CDE n° 1206139	10/12/2012 10h CDE n° 1206140	10/12/2012 10h CDE n° 1206138	10/12/2012 11h40 CDE n° 1206141	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)		11/12/2012 15h10	11/12/2012 09h25	11/12/2012 09h50	12/01/2013 14h32	13/01/2013 10h09	13/01/2013 09h49		
					C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr				Vale NC	Vale NC	Vale NC	Vale NC	Vale NC	Vale NC		
					Flaconnage CDE (verre et polyéthylène, flacons stériles pour la bactériologie) Réception échantillon : 11/12/2012 à 19h45 (4,6°C) Analyse soustraite au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole Fin d'analyse : 06/03/2013											informations sur le flaconnage, heures livraison au laboratoire et début/fin d'analyse + température échantillons à l'arrivée au laboratoire non fournies							
					eau légèrement trouble pluie depuis la veille	eau légèrement trouble pluie depuis la veille	eau claire pluie la veille marée très haute	eau trouble pluie la veille	eau claire débit important	eau légèrement trouble débit important	eau claire débit important	eau déminéralisée (bidon 5 l Mésachimie)				informations sur les conditions prélèvement non fournies							
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C			77	119	78	91	68	68	68	21	ENVCDT	5	à 20 ou 25°C?	124	91,4	82,3	117	69,7	92		
	oxygène dissous	mg/l			8,63	7,93	8,09	8,13	8,62	8,72	8,72		ENVOXD			8,51			8,53				
	pH	unités pH			7,18	7,22	6,89	7,09	7,69	7,16	7,16	6,48	ENVPH			8,06	7,2	7,5	7,52	7,74	7,71		
	Eh	mV				11	7	5,74															
	température	°C			24,2	25,2	24,4	23,4	23,7	22,5	22,5	25,7	ENVTEMP			24,3	24,3	23,8	28,3	27,6	26,4		
	turbidité	NFU			0,5	2,37	0,1	5,74	0,8	1,08	1,08	0,03	ENVTUR	0,1		4	5	11	2	1	3		
Paramètres organoleptiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co	NF EN ISO 7887	1	5	1	5	2	3	5	5	1											
Paramètres physicochimiques	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al	NF EN ISO 172942	0,001	(0,001)	(0,001)	(<0,001)	(0,001)	(0,002)	(0,003)	(0,002)	(<0,001)	ICP02 (9)	0,1			(<0,1)	(<0,1)		(<0,1)	(<0,1)		
	chlorures	mg/l	NF EN ISO 103041	0,1	10,08	13,09	11,48	9,81	9,61	7,99	7,86	<0,1	ICS01 (5)	0,1		13,4	11,6	9,7	13,6	10,9	9,5		
	demande biochimique en oxygène (DBO5 filtrée)	mg/l	mesure manométrique OXITOP	1	(2)	(2)	(1)	(1)	(2)	(<1)	(1)	(2)											
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	ISO 15705:2002	3,0	(<3,0)	(8)	(3,9)	(6,9)	(8,8)	(6,5)	(<3,0)	(<3,0)	SPE03 (6)	10		(<10)		(<10)	(<10)	(<10)	(<10)		
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	NF EN 1484	0,5		(<0,5)		(<0,5)															
	dureté totale	°F	calcul	0,1		4,29		3,09															
	matières en suspension (MES)	mg/l	NF EN 872	1	1	8	1	7	1	1	1	<1	GRVO2	5		(<5)	<5	<5	(<5)	<5	<5		
	silicium (Si dissous)	mg/l en Si	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	(3)	(5)	(3)	(3)	(3)	(4)	(3,4)	(1)	ICP02 (9)	1			(3)	(3)		(3)	(4)		
	sodium	mg/l en Na	NF EN ISO 14911	0,01	5,44	7,18	6,47	5,38	5,27	4,58	4,47	0,57	ICP02 (9)	1			(6)	(5)		(6)	(5)		
	sulfates	mg/l en SO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	1,63	5,95	1,48	5,63	1,41	1,26	1,2	<0,1	ICS01 (5)	0,2	voir si en S ou SO4	(6,5)	2,2	5,9	7,3	2,1	5,6		
	titre alcalimétrique	°F	calcul	0,1		<0,1		<0,1					TIT11 (8)	2	mg/l Ca CO3		(<2)	(<2)		(<2)	(<2)		
titre alcalimétrique complet	°F	calcul	0,1		3,4		2,25					TIT11 (8)	2	mg/l Ca CO3		(16)	(21)		(15)	(26)			
Eléments pour le diagramme de Piper	zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	NF ISO 17294-2	0,01	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	ICP02 (9)	0,1		(<0,1)	(<0,1)		(<0,1)	(<0,1)			
	calcium	mg/l en Ca	NF EN ISO 14911	0,1	0,28	1,41	0,24	0,33	0,31	0,45	0,69	<0,1	ICP02 (9)	1			(<1)	(<1)		(<1)	(<1)		
	carbonates	mg/l CO3	calcul	0,1	<0,1	0,22	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1											
	hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	calcul	0,1	24,96	40,9	23,8	27,39	21,82	37,14	48,7	<0,1											
	magnésium	mg/l en Mg	NF EN ISO 14911	0,01	5,85	9,58	5,43	7,3	5,19	7,81	9,88	0,27	ICP02 (9)	0,1		(5,3)	(7,3)		(4,9)	(8,3)			
	potassium	mg/l en K	NF EN ISO 14911	0,05	0,14	0,22	0,16	0,21	0,15	0,13	0,14	0,05	ICP02 (9)	0,1		(0,1)	(0,2)		(0,2)	(0,2)			
	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium)/ ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM	NF EN 903	0,05		<0,05		<0,05															
	Paramètres concernant les substances indésirables	ammonium (NH4 dissous)	mg/l en NH4	NF T 90-015	0,01	(0,01)	(<0,01)	(<0,01)	-0,01	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)										
ammoniac (NH3 dissous)		mg/l en NH3	NF T 90-015	0,01	(0,01)	(<0,01)	(<0,01)	-0,01	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)											
argent (Ag dissous)		µg/l en Ag	NF ISO 17294-2	1	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)											
azote Kjeldahl (NTK filtré)		mg/l en N	NF EN 25663	0,5	(<0,5)	(<0,5)	(<0,5)	(<0,5)	(<0,5)	(<0,5)	(0,62)	(<0,5)											
azote total (N tot dissous)		mg/l en N	NF EN ISO 11905-1	0,5	(<0,5)	(<0,5)	(<0,5)	(0,69)	(0,5)	(<0,5)	(0,65)	(<0,5)											
baryum (Ba dissous)		mg/l en Ba	NF ISO 17294-2	0,002	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)											
bore (Bo dissous)		mg/l en B	XPT 90041	0,001	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)											
cuiivre (Cu dissous)		mg/l en Cu	NF ISO 17294-2	0,001	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	ICP02 (9)	0,01			(<0,01)	(<0,01)		(<0,01)	(<0,01)		
fer (Fe dissous)		mg/l en Fe	NF ISO 17294-2	0,001	(0,028)	(0,019)	(0,03)	(0,032)	(0,027)	(0,034)	(0,033)	(0,003)	ICP02 (9)	0,1			(<0,1)	(<0,1)		(<0,1)	(<0,1)		
fluorures (F dissous)		mg/l en F	NF EN ISO 10304-1	0,01	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(0,011)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)											
hydrocarbures totaux (1)		mg/l	NF EN ISO 9377-2	0,05		<0,05		<0,05					SPE02CALC (7)	0,5	mg/kg	(<10)		(<10)	(<10)	(<10)	(<10)		
manganèse (Mn dissous)		mg/l en Mn	NF ISO 17294-2	0,001	(0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(0,003)	(<0,001)	(0,001)	(<0,001)	(<0,001)	ICP02 (9)	0,01			(<0,01)	(<0,01)		(<0,01)	(<0,01)		
nitrate		mg/l en NO3	NF EN ISO 10304-1	0,1	<0,1	0,29	<0,1	0,69	0,17	0,23	0,11	<0,1	ICS01 (5)	0,2	voir si en N ou NO3	0,6	<0,2	1,2	0,6	<0,2	1,2		
nitrite		mg/l en NO2	NF EN ISO 10304-1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01											
phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol		µg/l en C6H5C	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5		<5		<5															
phosphates		mg/l en PO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ICS01 (5)	0,2	voir si en P ou PO4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		
phosphore total (P filtré)		mg/l en P	NF EN 1189	0,1	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	ICP02 (9)	0,1			(<0,1)	(<0,1)		(<0,1)	(<0,1)		
platine		µg/l en Pt	NF EN ISO 17294-2	1		<1		1															
soufre		mg/l en S	NF EN ISO 17294-2	1		<1		1					ICP02 (9)	1			(<1)	(2)		(<1)	(2)		
tellure		µg/l en Te	NF EN ISO 17294-2	1		<1		1															
thallium	µg/l en Tl	NF EN ISO 17294-2	1		<1		<1																

Analyse d'eau de rivière :				campagne d'étiage (10 et 11 décembre 2012)										12 et 13 janvier 2013					
Paramètres	Unité	CDE pour Hytec	rivière Kaori KAOR200 2012FW101 a à e	CBN 6T 2012FW107 a à e et j1 à j13	rivière Trou Bleu 3C 2012FW102 a à e	Kwè 1E 2012FW103 a à d et j1 à j8	Wajana WAJA300 2012FW105 a à e	Kuebini KUEB300 2012FW106 a à e	Kuebini KUEB300 dupli 2012FW104 a à e	blanc sur WAJA300 2012FW108 a à e	Vale NC		ENV6TA	ENV3CA	ENV1EA	ENV6TA	ENV3CA	ENV1EA	
											ICP02 (9)	20							
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	20	<(20)	<(20)	<(20)	<(20)	<(20)	
	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)			<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	NF ISO 17294-2	1	(5)	(5)	(2)	(6)	(6)	(6)	(6)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	NF EN ISO 18412	5	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	SPE01 (6)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	cyanures libres	µg/l en CN	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5								
	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX	NF EN ISO 9562	0,01	0,01	<0,01	<0,01												
	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	NF ISO 17294-2	1	(2)	(1)	(2)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	NF ISO 17294-2	0,05	(1,5)	(1,1)	(0,4)	(0,3)	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)								
	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)								
	nickel (Ni dissous)	µg/l en Ni	NF ISO 17294-2	1	(13)	(9)	(9)	(11)	(11)	(16)	(15)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
	plomb (Pb dissous)	µg/l en Pb	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	ICP02 (9)	10	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	<(10)	
PCB : PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)	µg/l	NF EN ISO 6468	0,001 pour PCB 138, 153, 180; 0,005 pour PCB 28, 101, 118 et 0,01 pour PCB 52	<0,001 ou 0,005 ou 0,1 selon substances	<0,001 ou 0,001 ou <0,01 selon substance														
sélénium (sélénium dissous)	µg/l	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)									
titane (I)	µg/l en Ti	NF ISO 17294-2	1	<1	<1	<1													
vanadium	µg/l en V	NF ISO 17294-2	5	<5	<5	<5													
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2	<0,2													
	toluène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,5	<0,5	<0,5													
	éthyl-benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2	<0,2													
	ortho-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2	<0,2													
	méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2	<0,2													
	ortho-méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2	<0,2	<0,2													
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l	NF EN ISO 10 301	0,5	<0,5	0,5													
	tétrachloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 10 301	1	<0,5	1													
	tétrachlorure de carbone	µg/l	NF EN ISO 10 301	1	<1	1													
	trichloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 10 301	0,5	<0,5	<0,5													
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	NF EN ISO 10 301	0,5	<0,5	<0,5													
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1	21	13	15	6	9	12	0									
	entérocoques	N/100 ml	NF EN ISO 7899-2	0	0	0	0	0	3	0									
	<i>Escherichia coli</i>	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1	19	8	4	0	7	3	0									
HAP (1) (4)	acénaphthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	acénaphthylène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	benzo (a) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005	<0,005													
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005	<0,005													
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005	<0,005	<0,005													
	chrysène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	fluoranthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	fluorène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	naphtalène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
	phénanthrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01													
pyrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01	<0,01	<0,01														
pesticides	µg/l		variable	<LD (0,1 ou 0,05 ou 0,03 ou 0,02 ou 0,015 ou 2,0) pour toutes les substances analysées															
Pigments chlorophylliens	[Chl] (µg/l)			0,047	0,047	1,582	0,089	0,052	0,043	0,051	0,001								
	[Pheo] (µg/l)			0,052	0,044	0,65	0,044	0,034	0,029	0,024	0,002								
	%Pheo			52,49	48,35	29,11	33,25	39,9	40,76	31,78	79,61								

les chiffres entre parenthèses représentent les valeurs mesurées après filtration de l'échantillon d'eau

- (1) paramètres sous-traité
- (2) BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.
- (3) COV = chloroforme; tétrachloréthylène (perchloroéthylène); tétrachlorure de carbone; trichloréthylène; 1-1-1 trichloroéthane
- (4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphthène, anthracène, benzo (a) an
- (5) ICS01 : chromatographie ionique
- (6) SPE01, SPE03, SPE05, SPE09 : Spectrométrie par colorimétrie
- (7) SPE02CALC : Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)
- (8) TIT11 : titration
- (9) ICP09 : Spectrométrie d'émission atomique

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre les valeurs de l'échantillon terrain et son duplicata

information n'ayant pas pu être validée auprès de Vale NC

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

valeurs du blanc ≥ 50 % LQ

Tableau 18 (page suivante) : Résultats d'analyses des pesticides sur l'eau prélevée le 11/12/2012 et le 06/06/2013 à la station Creek Baie Nord 6-T par Hytec

ANALYSES DE PESTICIDES SUR L'EAU DE LA STATION CREEK BAIE NORD 6-T (décembre 2012 et juin 2013)

Analyse d'eau de rivière :			campagne d'été (10 et 11 décembre 2012)			campagne de juin 2013			
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		CBN 6T 2012FW107 a à e et j1 à j13	CDE pour Hytec		CBN 6T 2013FW107 a à d et j1 à j13	
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	11/12/2012 12h CDE n° 1206182	Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	06/06/2013 14h00 CDE n° 1303038	
					C. Flouhr			C. Flouhr	
					Flaconnage CDE (verre et polyéthylène, flacons stériles pour la bactériologie) Réception échantillon : 11/12/2012 à 19h45 (4,6°C) Analyse soustraite au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole Fin d'analyse : 06/03/2013			Flaconnage CDE (verre et polyéthylène) Réception échantillon : 04/06/2013 à 17h30 (16°C) et 06/06/2013 à 17h50 (14,415,5°C) Analyse pour partie soustraite au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole sauf hydrocarbures dissous analysés par Lab'Eau (accréditation n° 11469) Fin d'analyse : 25/07/2013	
		eau légèrement trouble pluie depuis la veille			eau claire, débit important, petites pluies j2				
Pesticides	2,4 - D	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	4,4' - DDT	µg/l	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	
	ABAMECTIN	µg/l	NF EN ISO 11369	0,1	<0,1	NF EN ISO 11369	0,1	<0,1	
	ALDRINE	µg/l	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	
	ALPHA-CYPERMETHRINE	µg/l	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	
	AMETRYNE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	AMINOTRIAZOLE	µg/l	DERIVATION/HPLC/FLUO	0,1	<0,1	DERIVATION/HPLC/FLUO	0,1	<0,1	
	AMITRAZE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	
	AMPÁ	µg/l	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	HPLC/MS/MS	0,05	<0,05	
	ATRAZINE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,03	<0,03	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	AZOXYSTROBINE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	BRODIFACOUM	µg/l	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	
	CARBENDAZIME	µg/l	NF EN ISO 11369	0,03	<0,03	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	CARBETAMIDE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	CARBOFURAN	µg/l	NF EN ISO 11369	0,015	<0,015	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	CHLOROPYRIPHOS	µg/l			voir ci-dessous				
	CHLOROPYRIPHOS ETHYL	µg/l	NF EN ISO 12918	0,02	<0,02	NF EN ISO 12918	0,005	<0,005	
	CHLOROPYRIPHOS METHYL	µg/l	NF EN ISO 12918	0,02	<0,02	NF EN ISO 12918	0,02	<0,02	
	CHLOROTHALONIL	µg/l	NF EN ISO 10695	0,1	<0,1	NF EN ISO 10695	0,1	<0,1	
	CYFLUTRINE	µg/l	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	
	CYPERMETHRINE	µg/l	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	
	DAZOMET	µg/l	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	
	DELTAMETHRINE	µg/l	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	NF EN ISO 10695	0,08	<0,08	
	DICHLORVOS	µg/l	NF EN ISO 12918	0,025	<0,025	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	DICOFOL	µg/l	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	
	DIELDRINE	µg/l	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	
	DIFENOCONAZOLE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,1	<0,1	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	DIQUAT	µg/l	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1	
	DIURON	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	ENDOSULFAN Alpha	µg/l	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	NF EN ISO 6468	0,01	<0,01	
	ENDOSULFAN Béta	µg/l	NF EN ISO 6468	0,02	<0,02	NF EN ISO 6468	0,02	<0,02	
	EPTC	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	
	FORMETANATE	µg/l	GC-MS	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	FOSETYL ALUMINIUM	µg/l	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	
	GLYPHOSATE	µg/l	HPLC/MS/MS	0,1	<0,1	HPLC/MS/MS	0,05	<0,05	
	HCH GAMMA (lindane)	µg/l	NF EN ISO 6468	0,001	<0,001	NF EN ISO 6468	0,001	<0,001	
	HEPTACHLORE	µg/l	NF EN ISO 6468	0,005	<0,005	NF EN ISO 6468	0,005	<0,005	
	IOXYNIL	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	IPRODIONE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	ISOPROTURON	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	LAMBDA-CYHALOTHRINE	µg/l	NF EN ISO 10695	0,04	<0,04	NF EN ISO 10695	0,04	<0,04	
	LINURON	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	MALATHION	µg/l	NF EN ISO 12918	0,025	<0,025	NF EN ISO 12918	0,05	<0,05	
	MANCOZEBE	µg/l	DTIOCA./DEGRAD./HS/GC/MS	2,0	<2,0	DTIOCA./DEGRAD./HS/GC/MS	2,0	<2,0	
	MEFENOXAM	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	METHALDEHYDE	µg/l	LL/CPG/MS	2,0	<2,0	LL/CPG/MS	2,0	<2,0	
	METHOMYL	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	METRIBUZINE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	NONYLPHENOL POLYETHOXYLE	µg/l			non analysé				
	Détergents non ioniques (3 composés suivants)		µg/l			voir ci-dessous			
		4-Nonyl-phénol-diéthoxylate	µg/l	LL/CPG/MS	0,1	<0,1	NF EN ISO 18857-1 et -2	0,05	<0,05
		4-Nonyl-phénol-éthoxylate	µg/l	LL/CPG/MS	0,1	<0,1	NF EN ISO 18857-1 et -2	0,05	<0,05
		Nonylphénols	µg/l	DERIVATION/GC/MS	0,1	<0,1	NF EN ISO 18857-1 et -2	0,05	<0,05
		OXADIAZON	µg/l	NF EN ISO 12918	0,1	<0,1	NF EN ISO 6468	0,02	<0,02
		PARAQUAT	µg/l	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1
	PENDIMETHALINE	µg/l	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	NF EN ISO 11369	0,05	<0,05	
	PHOSALONE	µg/l	NF EN ISO 12918	0,04	<0,04	NF EN ISO 12918	0,04	<0,04	
	PICLORAME	µg/l	NF EN ISO 11369	0,02	<0,02	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	
	SPINOSAD	µg/l	GC-MS	0,05	<0,05	LCMS-MS et/ou GC-MSMS	0,05	<0,05	
	TETRADIFON	µg/l	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	NF EN ISO 10695	0,05	<0,05	
	THIOPHANATE-METHYL	µg/l	HPLC/MS/MS	0,05	<0,05	HPLC/MS/MS	0,02	<0,02	
	TRIADIMEFON	µg/l	NF EN ISO 12918	0,03	<0,03	NF EN ISO 11369	0,005	<0,005	

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance

MS : Spectrométrie de masse

MSMS : Spectrométrie de masse en tandem

SPE : Extraction sur phase solide

GC : chromatographie gazeuse

DER : Dérivation

FLUO : Fluorescence X

DEG : Dégradation

LL : Extraction liquide liquide

Tableau 19 (pages suivantes) : Résultats d'analyses de l'eau prélevée les 04 et 06/06/2013 en moyennes eaux (physico-chimie et pigments chlorophylliens) par Hytec et les 04 et 07/06/2013 par Vale NC

Les chiffres entre parenthèses correspondent à la teneur sur l'eau filtrée (métaux dissous).

Analyse d'eau de rivière :				campagne de juin 2013													
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		rivière Kaori KAOR200 2013FW101 a à d, j1 et j2	CBN 6T 2013FW107 a à d et j1 à j13	rivière Trou Bleu 3C 2013FW102 a à d, j1 et j2	Kwè 1E 2013FW103 a à d et j1 à j8	Kwè 1E dupli 2013FW104 a à d et j1 et j2	blanc sur parking 6T 2013FW108 a à d	Vale NC			ENV6TA	ENV3CA	ENVIEA	
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	06/06/2013 9h30 CDE n° 1303037	06/06/2013 14h00 CDE n° 1303038	04/06/2013 07h30 CDE n° 1302991	04/06/2013 10h30 CDE n° 1302993	04/06/2013 10h30 CDE n° 1302992	06/06/2013 16h00 CDE n° 1303039	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	Limite de quantification (LQ)	Unité si différente pour Vale	07/06/2013 14h00 LIMS n° 692 389 et 691	04/06/2013 15h50 LIMS n° 689 770 et 689	04/06/2013 16h10 LIMS n° 689 769 et 689
					C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr	C. Flouhr					Vale NC	Vale NC	Vale NC
			Flaconnage CDE (verre et polyéthylène) Réception échantillon : 04/06/2013 à 17h30 (16°C) et 06/06/2013 à 17h50 (14,415,5°C) Analyse pour partie soustraite au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°11488) en métropole sauf hydrocarbures dissous analysés par Lab'Eau (accréditation n° 11469) Fin d'analyse : 25/07/2013										Réception échantillon : 04/06/2013 et 07/06/2013. Informations sur le flaconnage, les heures de livraison au laboratoire et de début/fin d'analyse + température des échantillons à l'arrivée au laboratoire non fournies				
		eau claire, petites pluies j2	eau claire, débit important, petites pluies j2	eau claire, débit important, petites pluies la veille	eau trouble, débit important, petites pluies la veille	eau trouble, débit important, petites pluies la veille	eau déminéralisée (bidon 5 l Mésachimie)	information sur les conditions prélèvement non fournies									
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C			79	151	69	92	92	14	ENVCDT		à 20 ou 25°C?	123	60,9	130	
	oxygène dissous	mg/l			9,08	9,06	8,86	8,71	8,71		ENVOXD						
	pH	unités pH			99,3	104,2	98,5	97,7	97,7								
	Eh	mV			7,72	8,07	"6,27"	"6,54"	"6,54"	6,45	ENVPH			8,42	8,25	8,79	
	température	°C			56	76				13							
	turbidité	NFU			20,1	22,5	20,5	21,0	21,0	23,0	ENVTEMP			23,4	21,9	22,2	
Paramètres organoleptiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co	NF EN ISO 7887	1	2	3	3	6	3	1							
	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al	NF EN ISO 172942	0,004	(0,004)	(0,004)	(<0,004)	(0,004)	(0,004)	(<0,004)	ICP02 (9)	0,1	1		(<0,1)	(<0,1)	
Paramètres physicochimiques	chlorures	mg/l	NF EN ISO 10304-1	1,0	8,8	14	10,3	9,3	9,3	<1,0	ICS01 (5)	0,1	2	-15,1	-10,9	-10,6	
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l	mesure manométrique OXITOP	1	<1 (<1)	<1 (<1)	4 (<1)	5 (3)	3 (<1)	<1 (<1)							
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	ISO 15705:2002	3	<3 (<3)	<3 (<3)	<3 (<3)	<3 (<3)	<3 (<3)	<3 (<3,0)	SPE03 (6)	10	50		(<10)	(<10)	
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	non demandé														
	dureté totale	°F	non demandé														
	matières en suspension (MES)	mg/l	NF EN 872	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	GRV02	5	50		(<5)	<5	<5
	silicium (Si dissous)	mg/l en Si	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	4,0 (4,0)	6,0 (6,0)	2,0 (2,0)	4	4,0 (3,0)	1,0 (1,0)	ICP02 (9)	1	1		-3	-4	
	sodium	mg/l en Na	NF EN ISO 14911	0,2	5	8,2	5,7	5,9	5	0,3	ICP02 (9)	1	1		-6	(-5)	
	sulfates	mg/l en SO ₄	NF EN ISO 10304-1	0,5	1,5	11,8	2	7,2	7,2	<0,5	ICS01 (5)	0,2	4	voir si en S ou SO ₄	-8,1	-1,5	-8,0
	titre alcalimétrique	°F	non demandé								TIT11 (8)	2	25	mg/l Ca CO ₃		(<2)	(<2)
	titre alcalimétrique complet	°F	non demandé								TIT11 (8)	2	25	mg/l Ca CO ₃		-15	-22
Eléments pour le diagramme de Piper	zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	NF ISO 17294-2	0,01	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	ICP02 (9)	0,1	1		(<0,1)	(<0,1)	
	calcium	mg/l en Ca	NF EN ISO 14911	0,5	<0,5	2,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	ICP02 (9)	1	1		(<1)	(<1)	
	carbonates	mg/l CO ₃	calcul	0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1							
	hydrogénocarbonates	mg/l HCO ₃	calcul	0,1	27,9	46,9	17,1	13,5	26,3	2,5							
	magnésium	mg/l en Mg	NF EN ISO 14911	0,5	6,1	11,5	4,3	4,4	7,5	<0,5	ICP02 (9)	0,1	1		-4,5	-7,7	
	potassium	mg/l en K	NF EN ISO 14911	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	<0,1	ICP02 (9)	0,1	1		-0,10	-0,20	
Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium)/ ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM	NF EN 903	0,05		<0,05		<0,05									
	ammonium (NH ₄ dissous)	mg/l en NH ₄	SPECTROM. D'ABS. MOLEC./NESSLER	0,01	(<0,01)	(0,02)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)							
	ammoniac (NH ₃ dissous)	mg/l en NH ₃	SPECTROM. D'ABS. MOLEC./NESSLER	0,01	(<0,01)	(0,02)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)							
	argent (Ag dissous)	µg/l en Ag	NF ISO 17294-2	1	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)	(<1)							
	azote Kjeldahl (NTK filtré)	mg/l en N	NF EN 25663	0,5	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)							
	azote total (N tot dissous)	mg/l en N	GANIMEDE N	0,5	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)	<0,5 (<0,5)							
	baryum (Ba dissous)	mg/l en Ba	NF ISO 17294-2	0,002	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)	(<0,002)							
	bore (Bo dissous)	mg/l en B	XPT 90041	0,001	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)							
	cuivre (Cu dissous)	mg/l en Cu	NF ISO 17294-2	0,005	(<0,005)	(<0,005)	(<0,005)	(<0,005)	(<0,005)	(<0,005)	ICP02 (9)	0,01	0,1		(<0,01)	(<0,01)	
	fer (Fe dissous)	mg/l en Fe	NF ISO 17294-2	0,004	(0,03)	(0,031)	(0,02)	(0,034)	(0,038)	(<0,004)	ICP02 (9)	0,1	1		(<0,1)	(<0,1)	
	fluorures (F dissous)	mg/l en F	NF EN ISO 10304-1	0,01	(<0,01)	(0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)							
	hydrocarbures totaux (1)	mg/l	NF EN ISO 9377-2	0,05		<0,05		<0,05			SPE02CALC (7)			mg/kg	(<10)		
	manganèse (Mn dissous)	mg/l en Mn	NF ISO 17294-2	0,001	(<0,001)	(0,004)	(0,001)	(0,003)	(0,003)	(<0,001)	ICP02 (9)	0,01	0,1		(<0,01)	(<0,01)	
	nitrate	mg/l en NO ₃	NF EN ISO 10304-1	0,2	<0,2	0,4	<0,2	1,0	1,0	<0,2	ICS01 (5)	0,2	4	voir si en N ou NO ₃	-0,2	-0,3	-1,1
	nitrite	mg/l en NO ₂	NF EN ISO 10304-1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01							
	phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol	µg/l en C ₆ H ₅ C	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5		<5		<5									
	phosphates	mg/l en PO ₄	NF EN ISO 10304-1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ICS01 (5)	0,2	4	voir si en P ou PO ₄	(<0,2)	(<0,2)	(<0,2)
	phosphore total (P filtré)	mg/l en P	GANIMEDE P	0,1	(<0,1)	(<0,1)	-0,2	(<0,1)	(<0,1)	(<0,1)	ICP02 (9)	0,1	1		(<0,1)	(<0,1)	
	platine	µg/l en Pt	NF EN ISO 17294-2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1							
	soufre	mg/l en S	NF EN ISO 11885	0,01	0,61	4,77	0,7	2,65	2,42	<0,01	ICP02 (9)	1	1		(<1)	-3	
tellure	µg/l en Te	non demandé															
thallium	µg/l en Tl	NF EN ISO 17294-2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1								

Analyse d'eau de rivière :				campagne de juin 2013													
			CDE pour Hytec	rivière Kaori KAOR200 2013FW101 a à d, j1 et j2	CBN 6T 2013FW107 a à d et j1 à j13	rivière Trou Bleu 3C 2013FW102 a à d, j1 et j2	Kwé 1E 2013FW103 a à d et j1 à j8	Kwé 1E dupli 2013FW104 a à d et j1 et j2	blanc sur parking 6T 2013FW108 a à d	Vale NC			ENV6TA	ENV3CA	ENV1EA		
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	20	100		<(20)	<(20)	
	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)							
	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	100		<(10)	<(10)	
	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	NF ISO 17294-2	4	(8)	(10)	(5)	(8)	(10)	<(4)	ICP02 (9)	10	100		<(10)	<(10)	
	chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	NF EN ISO 18412	5	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	<(5)	SPE01 (6)	10	100		<(10)	<(10)	
	cyanures libres	µg/l en CN	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5	<5	6	<5	<5	5	<5							
	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	100		<(10)	<(10)	
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX	NF EN ISO 9562	0,010	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	0,058								
	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	100		<(10)	<(10)	
	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	NF ISO 17294-2	0,05	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)	<(0,05)							
	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	(8)	<(2)	<(2)							
	nickel (Ni dissous)	µg/l en Ni	NF ISO 17294-2	2	(16)	(11)	(10)	(14)	(15)	<(2)	ICP02 (9)	10	100		-10	-20	
	plomb (Pb dissous)	µg/l en Pb	NF ISO 17294-2	1	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	<(1)	ICP02 (9)	10	100		<(10)	<(10)	
	PCB : PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)	µg/l	NF EN ISO 6468	0,001 pour PCB 138, 153, 180; 0,005 pour PCB 28, 101, 118 et 0,01 pour PCB 52		<0,001 pour 138, 153, 180 <0,005 pour 101, 118, 28 <0,01 pour 52		<0,001 pour 138, 153, 180 <0,005 pour 101, 118, 28 <0,01 pour 52									
	sélénium (sélénium dissous)	µg/l	NF ISO 17294-2	2	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)	<(2)							
titane (1)	µg/l en Ti	NF ISO 17294-2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1								
vanadium	µg/l en V	NF ISO 17294-2	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5								
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2		<0,2											
	toluène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,5		<0,5											
	éthyl-benzène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2		<0,2											
	ortho-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2		<0,2											
	méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2		<0,2											
	ortho-méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 11423-1	0,2		<0,2											
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l	non demandé														
	tétrachloroéthylène	µg/l	non demandé														
	tétrachlorure de carbone	µg/l	non demandé														
	trichloroéthylène	µg/l	non demandé														
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	non demandé														
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml	non demandé														
	entérocoques	N/100 ml	non demandé														
	<i>Escherichia coli</i>	N/100 ml	non demandé														
HAP (1) (4)	acénaphthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	acénaphthylène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	benzo (a) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	benzo (k) fluoranthène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	chrysène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	fluoranthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	fluorène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	naphtalène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005		<0,005		<0,005									
	phénanthrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
	pyrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01		<0,01		<0,01									
pesticides		µg/l			< LQ pour toutes les molécules analysées			pas demandé									
Pigments chlorophylliens	[Chl] (µg/l)			0,051	2,499	0,039	0,054	0,05	0,002								
	[Pheo] (µg/l)			0,025	1,196	0,045	0,021	0,027	0,002								
	% Pheo			33,02	32,36	53,14	28,3	34,57	42,97								

les chiffres entre parenthèses représentent les valeurs mesurées après filtration de l'échantillon d'eau

(1) paramètres sous-traités

(2) BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

(3) COV = chloroforme; tétrachloroéthylène (perchloroéthylène); tétrachlorure de carbone; trichloroéthylène; 1-1-1 trichloroéthane

(4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphthène, anthracène, benzo (a) a

(5) ICS01 : chromatographie ionique

(6) SPE01, SPE03, SPE05, SPE09 : Spectrométrie par colorimétrie

(7) SPE02CALC : Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)

(8) TIT11 : titration

(9) ICP09 : Spectrométrie d'émission atomique

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre les valeurs de l'échantillon terrain et son duplicata

information n'ayant pas pu être validée auprès de Vale NC

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

valeurs du blanc ≥ 50 % LQ

IV.1.1. Modalités de transport, de conservation des échantillons d'eau et délais d'analyse (Hytec et Vale NC)

IV.1.1.a. Analyses d'eau réalisées pour le compte de l'OEIL par Hytec

Le laboratoire de la CDE a sous-traité une partie des analyses d'eau en métropole (laboratoire Eurofins IPL Est - Accréditation N°1-1488). Les paramètres sous-traités sont précisés dans les tableaux de résultats pages précédentes (voir renvoi en bas de tableau). Ils concernent essentiellement le soufre (analysé uniquement en juin 2013), les micropolluants organiques et les pesticides.

Les bulletins d'analyse de la CDE ne précisent pas les dates de début et fin d'analyse pour les paramètres sous-traités, ni les conditions dans lesquels les échantillons sont arrivés au laboratoire sous-traitant (état des flacons et maintien de la chaîne du froid). Il n'est donc pas possible de vérifier le respect des délais préconisés par la norme NF EN 25667 (ISO 5667) entre le prélèvement et l'analyse. De la même façon, le délai de fin d'analyse qui figure sur le bulletin n'est pas représentatif de la fin effective des analyses réalisées en interne par le laboratoire de la CDE mais correspond à la finalisation du bulletin après intégration des résultats du laboratoire sous-traitant. Les bulletins d'analyse du laboratoire sous-traitant devraient idéalement être joints avec ceux de la CDE, ce qui n'a pas été le cas.

IV.1.1.b. Analyses d'eau réalisées par Vale NC

Toutes les analyses d'eau sont réalisées en interne par le laboratoire de Vale NC. Les données relatives au type de flaconnage utilisé, aux heures de livraison des échantillons au laboratoire et de début/fin d'analyse ainsi que les conditions de réception de ces échantillons (état des flacons et température des glacières) ne sont pas fournies avec les résultats d'analyse.

Les bulletins d'analyse du laboratoire sous-traitant devraient idéalement être joints avec ceux de la CDE
--

IV.1.2. Comparaison des méthodes d'analyse, des unités et des limites de quantification ou détection entre les 2 opérateurs

Les tableaux de résultats font apparaître les méthodes d'analyse et les limites de quantification⁹ fournies par les laboratoires d'analyse et qui figurent sur les bulletins d'analyse.

Les résultats (CDE/Vale NC) sont présentés dans la même unité pour faciliter leur comparaison.

IV.1.2.a. Méthodes d'analyse de l'eau utilisées par Vale NC et unités de mesure

Les informations du Tableau 20 page suivante ont été obtenues tardivement après plusieurs relances. Elles ne sont pas fournies systématiquement par Vale NC avec les résultats d'analyse de l'eau. Ce tableau détaille les méthodes d'analyse utilisées par Vale NC mais toutes les méthodes codifiées par Vale NC et mentionnées dans les tableaux de résultats qui précèdent (Tableau 15 à Tableau 19) n'y figurent pas non plus.

Les analyses d'eau effectuées par Vale NC ne font pas toutes référence à des méthodes normalisées, c'est notamment le cas pour le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC (voir Tableau 20 page suivante).

Toutes les méthodes visées dans les tableaux de résultats qui précèdent ne sont pas mentionnées et contrairement aux informations reçues par Hytec de la part de Vale NC (i.e. analyses réalisées pour tous les paramètres sur eau filtrée), le Tableau 20 page suivante montre que l'eau a été au préalable filtrée sur membrane de 0,45 micromètre uniquement pour les paramètres suivants analysés par ICP02 : Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Zn.

⁹ **Définitions (Aqua-Ref, 2011) :**

Limite de détection (selon la norme NF T 90-210) : Plus petite quantité ou concentration d'un analyte dans l'échantillon d'essai pouvant être distinguée de manière fiable du zéro.

Limite de quantification (selon la norme NF T 90-210) : Plus petite grandeur d'un analyte à examiner dans un échantillon pouvant être déterminée quantitativement dans des conditions expérimentales décrites dans la méthode avec une exactitude définie (note : dans le cadre de cette norme, une valeur maximale d'exactitude de 60% est exigée pour un niveau de confiance de 95%)

Pour certains paramètres, l'unité n'est pas précisée. Il s'agit des sulfates SO_4 , nitrites NO_2 , nitrates NO_3 et phosphates PO_4 . Pour la conductivité, la température de référence choisie pour exprimer les résultats (20 ou 25 °C) n'est pas précisée. Les hydrocarbures sont exprimés en mg/kg sans explication alors qu'ils devraient être exprimés en mg/l d'eau.

Il serait par conséquent utile de préciser dans le rendu des résultats les méthodes utilisées ainsi que l'unité de certains paramètres (voir colonne « unité si différente » avec les valeurs à confirmer surlignées en jaune du tableau des résultats, Tableau 15 à Tableau 19).

Tableau 20 : Méthodes d'analyses de l'eau mises en œuvre par le laboratoire de Vale NC

Référence	Titre	Paramètres	Matrice d'échantillon	Limites de détection	Date d'approbation	Norme ou méthode de référence *	Programme COFRAC	Flacon (type et volume)	Précautions pour le prélèvement et conservation et stabilité des échantillons
CDT01	Mesure de la conductivité	Conductivité	Eaux, eaux résiduaires, solutions de procédé	5 µS/cm	pas de ME			Flacon plastique propre dédié au type de produit si eau de chaudière ou eau d'environnement. Remplir complètement le flacon	Stable 24H entre 2°C et 5°C
GRV02	Dosage des matières en suspension (MES)	Matières En Suspension (MES)	Eaux, eaux résiduaires, eaux saline	5 mg/l	oct.-09	NF EN 872 Juin 2005	100-1	Flacon plastique de 1 litre propre rempli à 90%	Ne pas remettre de solide du fond en suspension ; analyser dans les 4H ou conserver entre 2°C et 5°C et analyser dans les 48H
ICP02	Analyse d'éléments dissous dans les eaux douces et résiduaires par ICP-AES	Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Zn	Eaux douces, eaux résiduaires	0,01 à 1 mg/l	sept.-09	ISO 11885 Août 2007	100-1	Flacon plastique, décontaminé HNO ₃ 10% ou flacon propre dédié à un point d'échantillonnage (cas du 140 et des eaux de vapeur chaudières)	Filtrer à 0,45µm, acidifier avec HNO ₃ pH < 2 (0,5% V:V), stable 1 mois.
ICS01	Analyse de 4 ou 6 anions par chromatographie ionique (chlorure, nitrate, phosphates, sulfate, fluorure et nitrate en plus si demandé)	Cl, NO ₃ , PO ₄ , SO ₄ + F si demandé	Eaux douces	0,1 à 0,2 mg/l	avr.-10	NF EN ISO 10304-1			Conserver entre 2° et 5°C et analyser dans les 24H
SPE02	Dosage des hydrocarbures totaux dans les eaux ou les sols	Hydrocarbures totaux (HT)	Eaux douces, eaux résiduaires, résidu de procédé	0,5 et 20 mg/kg	févr.-08	Norme T 90-114 et rapport technique ISO/TR 11046		Flacon en verre taré	Ne pas rincer avec l'échantillon, ne pas remplir le flacon. Acidifier avec H ₂ SO ₄ à pH < 2, pour les solides. Stocker entre 2°C et 5°C, stable 1 mois.
SPE02CALC	Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)	HT	Eaux douces, eaux résiduaires, résidu de procédé	10 mg/kg	pas de ME			Flacon en verre taré	
SPE03	Analyse de la DCO -Méthode HACH 8000	Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Eaux douces, eaux résiduaires	10 mg/l	août-09				Acidifier avec H ₂ SO ₄ à < 2, stable 5 jours max ou congeler à moins 20°C
TIT11	Titration de l'alcalinité (TA et TAC)	TA, TAC	Eaux douces, eaux résiduaires, solution de procédé	TA = 50 mg/l et TAC = 50 mg/l de CaCO ₃	mars-10				Flacon rempli à ras le bord Analyser dès réception

* les méthodes sont internes et adaptées de normes dans certains cas mais ne suivent pas les normes à la lettre -les différences sont précisées dans les méthodes

IV.1.2.b. Comparaison des méthodes d'analyse (Hytec)

Le Tableau 21 pages suivantes permet de comparer les méthodes d'analyse utilisées par chaque laboratoire pour chaque campagne de prélèvement.

On constate que les normes utilisées par le laboratoire de la CDE ou de son sous-traitant diffèrent entre la campagne de novembre 2011 et celles qui ont suivi (cases surlignées en orange), le laboratoire ayant adopté de nouvelles normes plus précises que les précédentes.

IV.1.2.c. Comparaison des limites de quantification/détection (Vale / Hytec)

Les limites de quantification ne sont pas mentionnées pour les méthodes utilisées par Vale NC. Seule la limite de détection est signalée. Or, la notion de limite de détection est aujourd'hui obsolète et les laboratoires sont tenus de fournir des limites de quantification.

On constate que les limites de détection des méthodes d'analyse utilisées par Vale NC sont de 2 à 100 fois supérieures aux limites de quantification des normes du laboratoire de la CDE ou de son sous-traitant. Ces limites respectent toutefois les valeurs limites imposées dans la réglementation (ex : l'arrêté utilité n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 autorisant la société Goro Nickel SAS à exploiter les utilités de la centrale électrique au charbon fixe pour la majorité des métaux des valeurs limites comprises entre 0,5 et 1 mg/l et la limite de détection utilisée par Vale NC est de 10 µg/l soit 0,01 mg/l).

Les limites de quantification des normes pour les analyses réalisées par la CDE varient peu alors que certaines normes ont été modifiées, sauf pour les PCB (polychlorobiphényles), les BTEX (Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques) et les COV (composés organiques halogénés volatils) et une quinzaine de paramètres lors de la dernière campagne de juin 2013.

Tableau 21 (pages suivantes) : Comparaison des limites de quantification/détection et des méthodes d'analyses de l'eau mises en œuvre par la CDE (Hytec) et Vale NC pour les 4 campagnes d'analyse (novembre 2011, juin et décembre 2012, juin 2013)

COMPARAISON DES METHODES D'ANALYSE ET DES LIMITES DE DETECTION/QUANTIFICATION

Analyse d'eau de rivière :			campagne d'étiage (22/11/2011)				campagne de moyennes eaux (20 juin 2012)				campagne d'étiage (10 et 11 décembre 2012)				campagne de juin 2013				Unité Vale NC si différente CDE	Remarques sur méthodes d'analyse et LQ : limite de quantification***		
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC					
			Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)	Méthode d'analyse	Limite de détection (LD)	Limite de quantification (LQ)			
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C			ENVCDT	5			ENVCDT	5			ENVCDT	5			ENVCDT			à 20 ou 25°C?		
	oxygène dissous	mg/l			ENVOXD				ENVOXD				ENVOXD				ENVOXD					
	pH	unités pH			ENVPH				ENVPH				ENVPH				ENVPH					
	Eh	mV																				
	température	°C			ENVTEMP				ENVTEMP				ENVTEMP				ENVTEMP					
Paramètres organoleptiques	turbidité	NFU			ENVTUR	0,1			ENVTUR	0,1			ENVTUR	0,1			ENVTUR					
	couleur	mg/l échelle Pt/Co	NF EN ISO 7887	1			NF EN ISO 7887	1			NF EN ISO 7887	1			NF EN ISO 7887	1						
Paramètres physicochimiques	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al	NF EN ISO 15586	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 17294-2	0,004	ICP02 (9)	0,1	1	méthode d'analyse différente en nov. 2011 et LQ plus importante en juin 2013		
	chlorures	mg/l	NF EN ISO 103041	0,1	ICS01 (5)	0,1	NF EN ISO 103041	0,1	ICS01 (5)	0,1	NF EN ISO 103041	0,1	ICS01 (5)	0,1	NF EN ISO 10304-1	1,0	ICS01 (5)	0,1	2	LQ plus importante en juin 2013		
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l	NF T 90-103	1			mesure manométrique OXITOP	1			mesure manométrique OXITOP	1			mesure manométrique OXITOP	1				méthode d'analyse différente en nov. 2011		
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	NF T 90-101	5	SPE03 (6)	10	NF T 90-101	5	SPE03 (6)	10	ISO 15705:2002	3,0	SPE03 (6)	10	ISO 15705:2002	3	SPE03 (6)	10	50	méthode d'analyse différente et LQ plus faible en déc. 2012 et juin 2013		
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	NF EN 1484	0,5	SPE09 (6)	0,3	non demandé				NF EN 1484	0,5			non demandé							
	dureté totale	°F	calcul	0,1			non demandé				calcul	0,1			non demandé							
	matières en suspension (MES)	mg/l	NF EN 872	1	GRV02	5	NF EN 872	1	GRV02	5	NF EN 872	1	GRV02	5	NF EN 872	2	GRV02	5	50		LQ plus importante en juin 2013	
	silicium (Si dissous)	mg/l en Si	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	ICP02 (9)	1	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	ICP02 (9)	1	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	ICP02 (9)	1	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	0,1	ICP02 (9)	1	1		-	
	sodium	mg/l en Na	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,2	ICP02 (9)	1	1		LQ plus importante en juin 2013	
	sulfates	mg/l en SO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,5	ICS01 (5)	0,2	4		voir si en S ou SO4	
Eléments pour le diagramme de Piper	titre alcalimétrique	°F	NF EN ISO 9963-1	0,1	TIT11 (8)	2	non demandé			TIT11 (8)	2	calcul	0,1	TIT11 (8)	2	calcul	0,1	25		mg/l Ca CO3		
	titre alcalimétrique complet	°F	NF EN ISO 9963-1	0,1	TIT11 (8)	2	non demandé			TIT11 (8)	2	calcul	0,1	TIT11 (8)	2	non demandé		25		mg/l Ca CO3		
	zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	NF EN ISO 15586	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,01	ICP02 (9)	0,1	1		méthode d'analyse différente en nov. 2011	
	calcium	mg/l en Ca	NF EN ISO 14911	0,1	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,1	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,1	ICP02 (9)	1	NF EN ISO 14911	0,5	ICP02 (9)	1	1		LQ plus importante en juin 2013	
	carbonates	mg/l CO3	calcul	0,1			calcul	0,1			calcul	0,1			calcul	0,1					-	
	hydrogencarbonates	mg/l HCO3	calcul	0,1			calcul	0,1			calcul	0,1			calcul	0,1					-	
	magnésium	mg/l en Mg	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,01	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,5	ICP02 (9)	0,1	1		LQ plus importante en juin 2013	
	potassium	mg/l en K	NF EN ISO 14911	0,05	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,05	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,05	ICP02 (9)	0,1	NF EN ISO 14911	0,1	ICP02 (9)	0,1	1		LQ plus importante en juin 2013	
	Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium/ ou agents de surface anioniques)	mg/l en SABB	NF EN 903	0,05			NF EN 903	0,05			NF EN 903	0,05			NF EN 903	0,05				-	
		ammonium (NH4 dissous)	mg/l en NH4	NF EN ISO 14911	0,01			NF T 90-015	0,01			NF T 90-015	0,01			SPECTROM. D'ABS. MOLEC./NESSLER	0,01					3 méthodes d'analyse différentes/4 campagnes
		ammoniac (NH3 dissous)	mg/l en NH3	NF T 90-015	0,01	SPE05 (6)	0,5	NF T 90-015	0,01			NF T 90-015	0,01			SPECTROM. D'ABS. MOLEC./NESSLER	0,01					méthode d'analyse différente en juin 2013
argent (Ag dissous)		µg/l en Ag	NF EN ISO 15586	1			NF ISO 17294-2	1			NF ISO 17294-2	1			NF ISO 17294-2	1					méthode d'analyse différente en nov. 2011	
azote Kjeldahl (NTK filtré)		mg/l en N	NF EN 25663	0,5			NF EN 25663	0,5			NF EN 25663	0,5			NF EN 25663	0,5					-	
azote total (N tot dissous)		mg/l en N	NF EN ISO 11905-1	0,5			NF EN ISO 11905-1	0,5			NF EN ISO 11905-1	0,5			GANIMEDE N	0,5					méthode d'analyse différente en juin 2013	
baryum (Ba dissous)		mg/l en Ba	NF EN ISO 15586	0,002			NF ISO 17294-2	0,002			NF ISO 17294-2	0,002			NF ISO 17294-2	0,002					méthode d'analyse différente en nov. 2011	
bore (Bo dissous)		mg/l en B	XPT 90041	0,001			XPT 90041	0,001			XPT 90041	0,001			XPT 90041	0,001					-	
cuivre (Cu dissous)		mg/l en Cu	NF EN ISO 15586	0,001	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,005	ICP02 (9)	0,01	0,1		méthode d'analyse différente en nov. 2011 et LQ plus importante en juin 2013	
fer (Fe dissous)		mg/l en Fe	NF EN ISO 15586	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,1	NF ISO 17294-2	0,004	ICP02 (9)	0,1	1		méthode d'analyse différente en nov. 2011 et LQ plus importante en juin 2013	
fluorures (F dissous)		mg/l en F	NF EN ISO 10304-1	0,01			NF EN ISO 10304-1	0,01			NF EN ISO 10304-1	0,01			NF EN ISO 10304-1	0,01					-	
hydrocarbures totaux (1)		mg/l	NF EN ISO 9377-2	0,1	SPE02CALC (7)	0,5	NF EN ISO 9377-2	0,01	SPE02CALC (7)	0,5	NF EN ISO 9377-2	0,05	SPE02CALC (7)	0,5	NF EN ISO 9377-2	0,05	SPE02CALC (7)	0,5				LQ plus faible en déc. 2012 et juin 2013
manganèse (Mn dissous)		mg/l en Mn	NF EN ISO 15586	0,01	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,01	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,01	NF ISO 17294-2	0,001	ICP02 (9)	0,01	0,1	0,1		méthode d'analyse différente en nov. 2011
nitrate		mg/l en NO3	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,2	ICS01 (5)	0,2	4		voir si en N ou NO3	
nitrite		mg/l en NO2	NF EN ISO 10304-1	0,1			NF EN ISO 10304-1	0,01			NF EN ISO 10304-1	0,01			NF EN ISO 10304-1	0,01					-	
phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol		µg/l en C6H5C	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5						-
phosphates		mg/l en PO4	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	NF EN ISO 10304-1	0,1	ICS01 (5)	0,2	4		voir si en P ou PO4	
phosphore total (P filtré)		mg/l en P	NF EN ISO 6878	0,1	ICP02 (9)	0,1	NF EN 1189	0,1	ICP02 (9)	0,1	NF EN 1189	0,1	ICP02 (9)	0,1	GANIMEDE P	0,1	ICP02 (9)	0,1	1		5 méthodes d'analyse différentes/4 campagnes (dénomination change en juin 2013 : phosphore réactif)	
platine	µg/l en Pt	NF EN ISO 17294-2	1			non demandé				NF EN ISO 17294-2	1			NF EN ISO 17294-2	1					non demandé en juin 2012		
soufre	mg/l en S	NF EN ISO 17294-2	1							NF EN ISO 17294-2	1			NF EN ISO 11885	0,01	ICP02 (9)	1	1		non analysé en juin 2012, méthode d'analyse différente en juin 2013		
tellure	µg/l en Te	NF EN ISO 17294-2	1			non demandé				NF EN ISO 17294-2	1			non demandé						-		
thallium	µg/l en Tl	NF EN ISO 17294-2	1			non demandé				NF EN ISO 17294-2	1			NF EN ISO 17294-2	1					non demandé en juin 2012		
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	NF EN ISO 15586	2	ICP02 (9)	50	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	50	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	20	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	20	100		méthode d'analyse différente pour campagne nov. 2011	
	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	NF EN ISO 15586	1			NF ISO 17294-2	2			NF ISO 17294-2	2			NF ISO 17294-2	2					méthode d'analyse différente pour campagne nov. 2011	
	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	NF EN ISO 15586	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	100		méthode d'analyse différente pour campagne nov. 2011	
	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	NF EN ISO 15586	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	4	ICP02 (9)	10	100		méthode d'analyse différente en nov. 2011 et LQ plus importante en juin 2013	
	chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	NF EN ISO 18412	5	SPE01 (6)	10	NF EN ISO 18412	5	SPE01 (6)	10	NF EN ISO 18412	5	SPE01 (6)	10	NF EN ISO 18412	5	SPE01 (6)	10	100		-	
	cyanures libres	µg/l en CN	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5			SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5					-	
	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	NF EN ISO 15586	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	100		méthode d'analyse différente en nov. 2011	
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX	NF EN ISO 9562	0,01			NF EN ISO 9562	0,01			NF EN ISO 9562	0,01			NF EN ISO 9562	0,010					-	
	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	NF EN ISO 15586	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	NF ISO 17294-2	1	ICP02 (9)	10	100		méthode d'analyse différente en nov. 2011	
	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	NF EN 1483	0,05			NF ISO 17294-2	0,05			NF ISO 17294-2	0,05			NF ISO 17294-2	0,05					méthode d'analyse différente en nov. 2011	
	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	NF EN ISO 15586	2			NF ISO 17294-2	2			NF ISO 17294-2	2										

COMPARAISON DES METHODES D'ANALYSE ET DES LIMITES DE DETECTION/QUANTIFICATION

Analyse d'eau de rivière :			campagne d'étiage (22/11/2011)				campagne de moyennes eaux (20 juin 2012)				campagne d'étiage (10 et 11 décembre 2012)				campagne de juin 2013				Remarques sur méthodes d'analyse et LQ : limite de quantification***
			CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC		CDE pour Hytec		Vale NC		
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			méthode d'analyse différente en nov. 2011
	toluène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5			NF EN ISO 11423-1	0,5			NF EN ISO 11423-1	0,5			NF EN ISO 11423-1	0,5			méthode d'analyse différente en nov. 2011
	éthyl-benzène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			méthode d'analyse différente en nov. 2011
	ortho-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			méthode d'analyse différente en nov. 2011
	méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,4			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			méthode d'analyse et LQ différentes en nov. 2011
	ortho-méta+para-xylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,6			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			NF EN ISO 11423-1	0,2			méthode d'analyse et LQ différentes en nov. 2011
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l	NF EN ISO 15680	1,0			non demandé				NF EN ISO 10 301	0,5			non demandé				
	tétrachloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5			non demandé				NF EN ISO 10 301	1			non demandé				
	tétrachlorure de carbone	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5			non demandé				NF EN ISO 10 301	1			non demandé				
	trichloroéthylène	µg/l	NF EN ISO 15680	1,0			non demandé				NF EN ISO 10 301	0,5			non demandé				
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	NF EN ISO 15680	0,5			non demandé				NF EN ISO 10 301	0,5			non demandé				
	coliformes totaux	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1				non demandé				NF EN ISO 9308-1				non demandé				
Paramètres microbiologiques	entérocoques	N/100 ml	NF EN ISO 7899-2				non demandé				NF EN ISO 7899-2				non demandé				
	<i>Escherichia coli</i>	N/100 ml	NF EN ISO 9308-1				non demandé				NF EN ISO 9308-1				non demandé				
	acénaphthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
HAP (1) (4)	acénaphthylène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	benzo (a) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			-
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,005			LQ plus faible en juin 2013
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			-
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			NF EN ISO 17993	0,005			-
	chrysène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	fluoranthène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	fluorène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,005			LQ plus faible en juin 2013
	naphthalène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,005			LQ plus faible en juin 2013
	phénanthrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-
	pyrène	µg/l	NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			NF EN ISO 17993	0,01			-

les chiffres entre parenthèses représentent les valeurs mesurées après filtration de l'échantillon d'eau

(1) paramètres sous-traités

(2) BTEX = Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

(3) COV = chloroforme; tétrachloroéthylène (perchloroéthylène); tétrachlorure de carbone; trichloroéthylène; 1-1-1 trichloroéthane

(4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphthène, anthracène, benzo (a) anthracène, benzo (b) fluoranthène, benzo (b)pyrène

(5) IC501 : chromatographie ionique

(6) SPE01, SPE03, SPE05, SPE09 : Spectrométrie par colorimétrie

(7) SPE02CALC : Calcul des hydrocarbures totaux maximum en fonction du résultat de la DCO (SPE03)

(8) TIT11 : titration

(9) ICP09 : Spectrométrie d'émission atomique

information n'ayant pas pu être validée auprès de Vale NC
méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

IV.1.3. Aptitudes à différents usages de l'eau des rivières étudiées

Le Tableau 22 page suivante permet de comparer les limites de détection/quantification des méthodes d'analyse des laboratoires d'analyse (CDE et Vale NC) avec les valeurs de référence retenues pour qualifier l'aptitude des eaux à certains usages pour la métropole et plus particulièrement :

- les concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) pour le compartiment aquatique proposées par l'INERIS,
- des valeurs guides environnementales (VGE) et des normes de qualité environnementale réglementaires (NQE) également proposées par l'INERIS,
- l'alimentation en eau potable (arrêté métropolitain du 11 janvier 2007), les rivières Kuébini et Wajana comportant des ouvrages de captage pour l'alimentation en eau de la commune de Yaté.

Tableau 22 (page suivante) : Valeurs de référence pour la qualité environnementale de l'eau (INERIS) et pour l'alimentation en eau potable (arrêté du 11 janvier 2007)

Valeurs de référence pour la qualité des eaux																	
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	Arrêté du 11 janvier 2007 : eaux brutes destinées à l'AEP						I N E R I S - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques			INERIS - VGE (proposition de valeurs guides environnementales - 01/2013)		INERIS - NQE (normes de qualité environnementales réglementaires - 01/2013)			
			Limites de qualité des eaux brutes*	A1**		A2**		A3**		date fiche	Info	PNEC***	concentration moyenne annuelle	concentration maximale admissible	concentration moyenne annuelle	concentration maximale admissible	
				G	I	G	I	G	I								
paramètres mesurés in situ	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C		1000 µS/cm à 20°C ou 1100 µS/cm à 25°C		1000 µS/cm à 20°C ou 1100 µS/cm à 25°C		1000 µS/cm à 20°C ou 1100 µS/cm à 25°C									
	oxygène dissous	%	<30	>70		>50		>30									
	pH	unités pH	6,5 - 8,5		5,5 - 9		5,5 - 9										
	température	°C	25	22	25	22	25	22	25								
Paramètres organoleptiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co	200	10	20	50	100	50	200								
Paramètres physico-chimiques	aluminium (Al dissous)	mg/l en Al								17/01/2005	forme des complexes en pH acides ou basiques, jamais Al seul	60					
	chlorures	mg/l	200	200		200		200									
	demande biochimique en oxygène (DBO5 filtrée)	mg/l		<3		<5		<7									
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l						30									
	matières en suspension (MES)	mg/l		25													
	sodium	mg/l en Na	200														
	sulfates	mg/l en SO4	250	150	250	150	250	150	250								
	zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	5	0,5	3	1	5	1	5						0,0031 (dureté ≤ 24 mg Ca CO3/l)		
Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium) ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM	0,5	0,2		0,2		0,5									
	ammonium (NH4 dissous)	mg/l en NH4	4	0,05		1	1,5	2	4								
	ammoniac (NH3 dissous)	mg/l en NH3								10/05/2012	en équilibre avec NH4+ dans l'eau	0,0074	pas de valeur	pas de valeur			
	argent (Ag dissous)	µg/l en Ag										0,050	pas de valeur				
	azote Kjeldahl (NTK filtré)	mg/l en N		1		2		3									
	baryum (Ba dissous)	mg/l en Ba	1		0,1			1					60,0	pas de valeur			
	bore (Bo dissous)	mg/l en B		1		1		1					219	pas de valeur			
	cuivre (Cu dissous)	mg/l en Cu	1	0,02	0,05	0,05		1		11/03/2005	en majorité sous forme particulaire (déposé, adsorbé, etc)	0,0016			0,0014	pas de valeur	
	fluorures (F dissous)	mg/l en F		0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7					370	pas de valeur			
	hydrocarbures totaux (1)	mg/l	1		0,05		0,2	0,5	1								
	manganèse (Mn dissous)	mg/l en Mn		0,05		0,1		1		06/07/2012	dans l'eau essentiellement sous forme Mn CO3 peu soluble	0,015					
	nitrate (NO3 dissous)	mg/l en NO3	50	25	50			50									
	nitrite (NO2 dissous)	mg/l en NO2								29/09/2011	dans l'eau, NO2 donne de l'acide nitrique HNO3	absence de résultat d'essai d'écotoxicité	pas de valeur	pas de valeur			
	phénols 2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol	µg/l en C6H5C	100		1	1	5	10	100	25/05/2005	ne s'accumule pas a priori dans les sédiments	7,7	2,4,5-trichlorophénol : 7,38	2,4,5-trichlorophénol : 26,0	pentachlorophénol : 0,4	pentachlorophénol : 1	
	platine	µg/l en Pt								07/06/2005		0,07 (donnée provisoire)					
	Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	µg/l en As	100		10		50	50	100	07/04/2010	solubilité variable, dans sédiment avec possible relargage	4,4			4,2	pas de valeur
		antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb								25/04/2007	peu présent dans l'eau, essentiellement associé à des particules	9,3 (susceptible d'être revue)	113	pas de valeur		
cadmium (Cd dissous)		µg/l en Cd	5	1	5	1	5	1	5	29/09/2011	relativement mobile sous forme de cations hydratés ou de complexes organiques ou inorganiques	0,21 (fonction de la dureté, susceptible d'être revue)					
chrome (Cr dissous)		µg/l en Cr	50		50		50		50						3,4	pas de valeur	
chrome VI (Cr VI dissous)		µg/l en Cr VI								16/02/2005	chrome VI très soluble contrairement au Cr III	4,1 (4,7 pour Cr III)					
cyanures libres		µg/l en CN	50		50		50		50	29/09/2011	essentiellement HCN en équilibre avec ion cyanures CN- dans l'eau (à pH<8, 93% de CN-)	0,114	0,570	pas de valeur			
cobalt (Co dissous)		µg/l en Co								24/04/2006	insoluble dans l'eau, adsorbé par les sédiments ou complexé	0,5	0,300	pas de valeur			
étain (étain dissous)		µg/l en Sn											1,50	pas de valeur			
mercure (Hg dissous)		µg/l en Hg	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	20/09/2010	composés organiques solubles, variable pour les composés inorganiques	0,24 effets directs (0,01 pour empoisonnement secondaire)			0,05	0,07	
molybdène (Mo dissous)		µg/l en Mo											6,70	pas de valeur			
nickel (Ni dissous)		µg/l en Ni								27/07/2006	dans l'eau, présent comme ion hexahydraté [Ni(H2O)6]2+	0,5			20	NA	
plomb (Pb dissous)		µg/l en Pb	50		10		50		50	03/02/2003	composés inorganiques (PbS, PbCO3, PbSO4) peu solubles, composés halogénés (chlorure, bromure, acétates) plus solubles	5			7,2	NA	
PCB PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)		µg/l													0,001	pas de valeur	
sélénium (sélénium dissous)	µg/l	10		10		10		10	29/09/2011	dans l'eau, en général sous forme d'oxyanions (SeO3-, SeO42-, Se2O52-...)	0,88	0,950	pas de valeur				
titane (1)	µg/l en Ti											2,00	pas de valeur				
vanadium	µg/l en V											2,50	pas de valeur				
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l								21/03/2006	très volatil et relativement soluble, mobile dans les sédiments	80					
	toluène	µg/l													74	pas de valeur	
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l													2,5	NA	
	trichloroéthylène	µg/l													10	NA	
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml		50		500		5000									
	entérocoques	N/100 ml	10000	20		1000		10000									
	Escherichia coli	N/100 ml	20000	20		2000		20000									
HAP (1) (4)	fluoranthène	µg/l	1 (somme des composés HAP)			0,2 (somme des composés HAP)		0,2 (somme des composés HAP)		1 (somme des composés HAP)				0,1	1		
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l												0,002	NA		
	naphtalène	µg/l												0,2	0		
Pesticides	2,4 - D	µg/l													1,5	pas de valeur	
	4,4' - DDT	µg/l													0,025 pour DDT total	NA	
	ALDRINE	µg/l											0,080	0,15		NA	
	AMINOTRIAZOLE	µg/l											80,0	pas de valeur			
	AMPA	µg/l											0,100	0,7			
	CARBENDAZIME	µg/l											0,020	pas de valeur			
	CARBOFURAN	µg/l															
	CHLOROPYRIPHOS ETHYL	µg/l													0,03	0,1	
	DELTAMETHRINE	µg/l											0,0001	pas de valeur			
	DIELDRINE	µg/l													0,01	NA	
	DIURON	µg/l													0,2	1,8	
	ENDOSULFAN Alpha	µg/l													0,005	0,01	
	ENDOSULFAN Bêta	µg/l													0,005	0,01	
	GLYPHOSATE	µg/l											0,100	64,0			
	IPTODIONE	µg/l											0,350	pas de valeur			
	ISOPROTURON	µg/l													0,3	0,1	
	LINURON	µg/l													1	pas de valeur	
	MALATHION	µg/l													0,01	pas de valeur	
	Nonylphénols	µg/l													0,3	2	
	OXADIAZON	µg/l													0,75	pas de valeur	
	PARAQUAT	µg/l											0,00023	0,023			

* Annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007

** Annexe III de l'arrêté du 11 janvier 2007

*** PNEC concentration sans effet pour l'environnement (proposition INERIS)

PNEC nécessitant de revoir les LQ du paramètre analysé

Les valeurs de référence pour l'environnement aquatique fournies par l'INERIS découlent de méthodologies élaborées dans le cadre de l'Union Européenne. Les tests de toxicité sont établis sur les trois niveaux trophiques (poisson, daphnie et algue) avec des espèces européennes. Les valeurs de l'INERIS qui figurent dans le tableau page suivante sont par conséquent fournies à titre indicatif dans la mesure où aucun test n'a pu être réalisé sur des espèces locales déjà confrontées à des teneurs naturellement élevées en certains métaux.

Aucun texte calédonien ne permet de qualifier les eaux brutes pour l'alimentation en eau potable. C'est pourquoi l'arrêté métropolitain du 11 janvier 2007, « *relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique* » sert de référence pour qualifier les eaux brutes.

Les eaux superficielles sont classées en trois groupes en fonction du niveau de traitement nécessaire pour satisfaire l'usage AEP :

- **GROUPE A1** : traitement physique simple et désinfection ;
- **GROUPE A2** (en orange dans le Tableau 22) : traitement normal physique, chimique et désinfection ;
- **GROUPE A3** (en rose dans le Tableau 22) : traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et désinfection.

L'annexe III de cet arrêté définit pour chaque groupe des valeurs guides et des limites impératives pour un certain nombre de paramètres (voir Tableau 22). La colonne G correspond aux valeurs « guides » et la colonne L, aux valeurs « limites impératives ». L'article R1321-39 du code de la santé publique prévoit que les eaux sont considérées comme conformes aux limites de qualité lorsque sont respectées les règles suivantes :

- 1- Les échantillons sont prélevés, avant traitement, à intervalles réguliers en un même lieu ;
- 2- Les valeurs des paramètres sont inférieures aux valeurs limites impératives pour 95 % des échantillons et conformes aux valeurs guides pour 90 % des échantillons ;
- 3- Pour les autres 5 % ou 10 % des échantillons, selon le cas :
 - a. Les valeurs des paramètres ne s'écartent pas de plus de 50 % de celles fixées, exception faite pour la température, le pH, l'oxygène dissous et les paramètres microbiologiques ;
 - b. Il ne peut en découler aucun danger pour la santé publique ;
 - c. Des échantillons consécutifs d'eau prélevés à une fréquence statistiquement appropriée ne s'écartent pas des valeurs qui s'y rapportent.

Une colonne précise les valeurs limites à ne pas dépasser pour certains paramètres au-delà desquels l'eau, quelle que soit son origine (souterraine ou superficielle), ne peut pas être utilisée pour de l'AEP (*Annexe II de l'arrêté du 11/01/2007*).

On constate que :

- les limites de détection (Vale NC) sont supérieures aux valeurs de PNEC (concentration sans effet pour l'environnement) proposées par l'INERIS sauf pour l'aluminium et le manganèse et **ne permettent par conséquent pas de statuer sur l'effet des rejets de Vale NC sur l'environnement pour les paramètres concernés,**
- les limites de quantification des normes du laboratoire de la CDE ou de son sous-traitant pourtant plus faibles que celles de Vale NC, sont pour certains paramètres également supérieures aux valeurs de PNEC proposées par l'INERIS (cases surlignées en bleu dans le Tableau 22). C'est notamment le cas pour le platine, le cadmium, le chrome VI, les cyanures libres, le cobalt, le mercure, le nickel et le sélénium ; et **ne permettent pas non plus, par conséquent, de statuer sur l'effet des rejets de Vale NC sur l'environnement pour les paramètres concernés,**
- les valeurs limites de l'arrêté métropolitain du 11 janvier 2007 concernant les eaux brutes destinées à l'AEP (alimentation en eau potable) sont supérieures aux limites de quantification des normes du laboratoire de la CDE ou de son sous-traitant, **il est donc possible de déterminer la qualité des eaux des rivières Wajana et Kuébini en vue de leur utilisation pour l'alimentation en eau potable.**

Il serait nécessaire de baisser les limites de quantification des normes d'analyse (CDE) pour le platine, le cadmium, le chrome VI, les cyanures libres, le cobalt, le mercure, le nickel et le sélénium afin de pouvoir évaluer la toxicité de ces composés pour l'environnement sur le long terme. Pour la campagne de moyennes eaux de juin 2013, cette demande a été faite au laboratoire d'analyse de la CDE mais les méthodes utilisées ne permettent pas de descendre les limites de quantification dont certaines ont, de plus, été revues à la hausse dans le cadre de l'accréditation COFRAC en cours pour ce laboratoire.

Pour l'industriel Vale NC, le programme d'analyse des eaux est fondé sur une série d'arrêtés. Nous recommandons vivement que figurent dans ces arrêtés les références normatives des méthodes d'analyse à mettre en œuvre et les valeurs maximales adéquates des limites de quantification.

IV.1.4. Variation du nombre de paramètres physico-chimiques analysés d'une campagne à l'autre par Hytec

Le tableau page suivante présente pour chaque campagne les différents paramètres physico-chimiques analysés sur l'eau en liste réduite et en liste complète ou totale. Il indique les écarts par rapport à la liste de base établie pour la première campagne.

Ces écarts s'expliquent par :

- la baisse du nombre de paramètres analysés (cases barrées d'une croix) et de stations entre l'étiage et la campagne de moyennes eaux,
- une erreur du laboratoire d'analyse CDE lors de la campagne de novembre 2011 : l'analyse de certains paramètres a été réalisée sur eau non filtrée alors qu'elle aurait dû être effectuée sur eau filtrée (cases en jaune). Elle a été réalisée *a posteriori* sur eau filtrée (cases en vert).

Tableau 23 (pages suivantes) : Liste des paramètres analysés par Hytec au cours des quatre campagnes de prélèvement et forme analysée (totale ou dissoute)

LISTE DES PARAMETRES ANALYSES AU COURS DE CHAQUE CAMPAGNE ET FORME ANALYSEE (DISSOUE OU TOTALE)

Analyse d'eau de rivière :		22/11/2011		20/06/2012		10/11/2012		04 et 06/06/2013		Remarques pour paramètres manquants et/ou non faits sur dissous
Groupes de paramètres	Paramètres	eau tot	eau red	eau tot	eau red	eau tot	eau red	eau tot	eau red	
Paramètres mesurés <i>in situ</i>	conductivité à 25°C	*	*	*	*	*	*	*	*	
	oxygène dissous	*	*	*	*	*	*	*	*	
	pH	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Eh					*	*	*	*	à mesurer systématiquement
	température	*	*	*	*	*	*	*	*	
turbidité	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Paramètres organoleptiques	couleur	*	*	*	*	*	*	*	*	
Paramètres physicochimiques	aluminium (Al dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	chlorures	*	*	*	*	*	*	*	*	
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	*	*			*	*			
	dureté totale	*	*			*	*			
	matières en suspension (MES)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	silicium (Si dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	sodium	*	*	*	*	*	*	*	*	
	sulfates	*	*	*	*	*	*	*	*	
	titre alcalimétrique	*	*			*	*			
titre alcalimétrique complet	*	*			*	*				
zinc (Zn dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*		
Éléments pour le diagramme de Piper	calcium	*	*	*	*	*	*	*	*	
	carbonates	*	*	*	*	*	*	*	*	
	hydrogénécarbonates	*	*	*	*	*	*	*	*	
	magnésium	*	*	*	*	*	*	*	*	
	potassium	*	*	*	*	*	*	*	*	
Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	ammonium (NH ₄ dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	ammoniac (NH ₃ dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	argent (Ag dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	azote Kjeldahl (NTK filtré)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	azote total (N tot dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	baryum (Ba dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	bore (Bo dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	cuvire (Cu dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	fer (Fe dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	fluorures (F dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	hydrocarbures totaux (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	manganèse (Mn dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	nitrate (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	nitrite (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	phénols	*	*	*	*	*	*	*	*	
	phosphates (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	phosphore total (P filtré)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	platine	*	*			*	*			
	soufre	*	*			*	*			analysé uniquement en juin 2013
tellure	*	*			*	*				
thallium	*	*			*	*				
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic (As dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	antimoine (Sb dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	cadmium (Cd dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	chrome (Cr dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	chrome VI (Cr VI dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	cyanures libres	*	*	*	*	*	*	*	*	
	cobalt (Co dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	composés organiques halogénés	*	*	*	*	*	*	*	*	
	étain (étain dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	mercure (Hg dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	molybdène (Mo dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	nickel (Ni dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	plomb (Pb dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	PCB : PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
sélénium (sélénium dissous)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
titane (1)	*	*			*	*				
vanadium	*	*			*	*				
BTEX (1) (2)	benzène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	toluène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	éthyl-benzène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	ortho-xylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	méta+para-xylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
COV (1) (3)	chloroforme	*	*	*	*	*	*	*	*	
	tétrachloroéthylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	tétrachlorure de carbone	*	*	*	*	*	*	*	*	
	trichloroéthylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
Paramètres microbiologiques	1,1,1-trichloroéthane	*	*	*	*	*	*	*	*	
	coliformes totaux	*	*	*	*	*	*	*	*	
HAP (1) (4)	entérocoques	*	*	*	*	*	*	*	*	
	<i>Escherichia coli</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	
	acénaphène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	acénaphthylène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	anthracène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	benzo (a) anthracène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	benzo (a) pyrène (3,4)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	chrysène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	dibenzo (a,h) anthracène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	fluoranthène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	fluorène	*	*	*	*	*	*	*	*	
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	naphtalène	*	*	*	*	*	*	*	*	
phénanthrène	*	*	*	*	*	*	*	*		
pyrène	*	*	*	*	*	*	*	*		
pesticides						*	*	*	*	analysé uniquement sur 6-T en déc. 2012
Pigments chlorophylliens	[Chl] (µg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	[Pheo] (µg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	
	%Pheo	*	*	*	*	*	*	*	*	

(1) paramètre sous-traité

(2) BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

(3) COV = chloroforme; tétrachloréthylène (perchloréthylène); tétrachlorure de carbone; trichloréthylène; 1-1-1 trichloroéthane

(4) HAP = somme des paramètres suivants : acénaphène, anthracène

* paramètre analysé

analyse sur dissous demandée non réalisée pour une ou plusieurs stations

analyse sur dissous

analyse sur dissous faite pls semaines après prélèvement

non analysé en moyenne eaux

La principale conséquence de cette erreur au niveau des analyses (eau non filtrée vs eau filtrée) est l'impossibilité, lorsque l'analyse sur eau filtrée n'est pas disponible pour toutes les campagnes, de faire une comparaison d'une campagne sur l'autre. On constate que pour les campagnes de décembre 2012 et juin 2013, ce problème ne se pose plus, les analyses ayant été réalisées conformément à la demande.

Les autres différences ont été signalées précédemment (paragraphe IV.1.2.B.) et concernent :

- le changement de certaines méthodes d'analyse entre la campagne de novembre 2011 et celles de juin, décembre 2012 et juin 2013 mais les limites de quantifications sont globalement restées les mêmes,
- les paramètres bactériologiques qui n'ont pas été analysés sur certaines stations du fait de l'utilisation des flacons en verre dédiés initialement à la bactériologie et qui ont servi au prélèvement des sédiments en étiage.

IV.1.5. Résultats du contrôle qualité effectué par Hytec sur les paramètres physico-chimiques

IV.1.5.a. Contrôle de qualité sur Creek Baie Nord 6-T pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (échantillon duplicata) – campagnes de novembre 2011 et juin 2012

On constate peu d'écart (écart relatif inférieur à 20%) dans les concentrations mesurées entre l'échantillon terrain et le duplicata de Creek Baie Nord 6-T hormis :

- la demande biochimique en oxygène (DCO) inférieure à la limite de quantification (5 mg/l en O₂) et 7 mg/l en O₂ pour le duplicata, les autres mesures qui sont inférieures ou égales à 6 mg/l en O₂ restent par conséquent dans cette gamme d'incertitude,
- la forme dissoute du fer pour laquelle l'analyse a été faite plusieurs semaines après le prélèvement de novembre 2011 pouvant expliquer l'écart observé (en rouge dans le Tableau 15 page 57 des résultats : 0,022 mg/l de fer pour la station Creek Baie Nord 6-T et 0,049 mg/l pour le duplicata soit plus du double pour une limite de détection à 0,001 mg/l) alors que sur le fer total les concentrations sont relativement proches : 0,060 mg/l et 0,056 mg/l respectivement ; on retrouve un écart du simple au double sur le fer dissous en juin 2012 : 0,010 et 0,004 mg/l ;
- le silicium total avec des écarts du simple au double en juin 2012 : 4,0 mg/l et 8,0 mg/l pour son duplicata ;
- l'aluminium (formes totale et dissoute) qui présente une teneur sous forme totale de 0,013 mg/l et 0,018 mg/l pour son duplicata en novembre 2011, et 0,020 mg/l / 0,441 mg/l en juin 2012 pour la forme dissoute ;
- les phosphates qui présentent une teneur de 0,331 mg/l en PO₄ et < 0,1 mg/l pour le duplicata en juin 2012 (< 0,1 mg/l pour les deux prélèvements en novembre 2011),

- les nitrates NO₃ qui présentent une teneur de 0,49 mg/l en NO₃ et 0,39 mg/l pour son duplicata en juin 2012 (0,1 mg/l pour les deux prélèvements en novembre 2011).

IV.1.5.b. Contrôle de qualité sur Kuébini KUEB300 pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (échantillon duplicata) – campagne de décembre 2012

On constate peu d'écart dans les concentrations mesurées entre l'échantillon terrain et le duplicata de Kuébini KUEB300 hormis :

- l'aluminium dissous qui présente une teneur de 0,003 mg/l et 0,002 mg/l pour son duplicata, pour une limite de quantification à 0,001 mg/l, **l'écart reste négligeable**,
- la DCO filtrée mesurée à 6,5 mg/l en O₂ et < 3,0 mg/l en O₂ pour son duplicata,
- le calcium avec 0,45 mg/l en Ca et 0,69 mg/l en Ca pour son duplicata,
- les hydrogénocarbonates avec 37,14 et 48,7 mg/l en HCO₃ pour son duplicata,
- l'azote total et l'azote Kjeldahl avec moins de 0,5 mg/l en N et 0,62/0,65 mg/l en N respectivement pour le duplicata,
- le magnésium avec 7,81 et 9,88 mg/l pour son duplicata,
- les nitrates avec 0,23 mg/l en NO₃ et 0,11 mg/l en NO₃ pour son duplicata.

IV.1.5.c. Contrôle de qualité pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (blanc de terrain) – campagne de décembre 2012

Le blanc de terrain a été effectué au niveau de la station Wajana WAJA300 à un moment où des fumées d'un feu étaient rabattues sur le site de prélèvement.

On constate quelques valeurs au-dessus des limites de quantification pour les paramètres suivants :

- la DBO₅ filtrée avec une concentration de 2 mg/l en O₂ et une limite de quantification de 1 mg/l en O₂,
- le silicium (dissous) avec une concentration de 1,0 mg/l et une limite de quantification de 0,1 mg/l,
- le sodium avec une concentration de 0,57 mg/l et une limite de quantification de 0,01 mg/l,
- le magnésium avec une concentration de 0,27 mg/l et une limite de quantification de 0,01 mg/l,
- le fer dissous avec une concentration de 0,003 mg/l et une limite de quantification de 0,001 mg/l.

Aucun de ces paramètres ne semble lié aux fumées observées sur site.

IV.1.5.d. Contrôle de qualité sur Kwë 1-E pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (duplicata de terrain) – campagne de juin 2013

On constate peu d'écart dans les concentrations mesurées entre l'échantillon terrain et le duplicata de Kwë 1-E hormis :

- la couleur avec 3 mg/l et 6 mg/l sur l'échelle Pt/Co,
- la DBO₅ mesurée à 5 mg/l en O₂ et 3 mg/l en O₂ pour son duplicata,
- la DBO₅ filtrée mesurée à 3 mg/l en O₂ et <1 mg/l en O₂ pour son duplicata,
- les hydrogénocarbonates avec 13,5 et 26,3 mg/l en HCO₃,
- le magnésium avec 4,4 et 7,5 mg/l,
- le potassium avec 0,1 et 0,2 mg/l,
- le chrome dissous avec 8,0 µg/l et 10 µg/l,
- les composés organiques halogénés (AOX) avec < 0,010 et 0,058 mg/l,
- le molybdène dissous avec 8 et <2 µg/l.

IV.1.5.e. Contrôle de qualité pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (blanc de terrain) – campagne de juin 2013

Le blanc de terrain a été réalisé au niveau du parking de la station Creek Baie Nord 6-T (absence de vent au moment du transvasement).

On constate quelques valeurs au-dessus des limites de quantification pour les paramètres suivants :

- le sodium avec une concentration de 0,3 mg/l et une limite de quantification de 0,2 mg/l,
- les hydrogénocarbonates avec 7,5 mg/l en HCO₃ et une limite de quantification de 0,1 mg/l en HCO₃.

IV.1.5.f. Valeurs de paramètres physico-chimiques à considérer avec prudence suite au contrôle qualité

Suite au contrôle qualité réalisé pour chaque campagne de prélèvement d'eau (duplicata de terrain et/ou blanc de terrain), certains résultats physico-chimiques devront être considérés avec précaution, en tenant compte des résultats obtenus sur le duplicata de terrain et/ou le blanc de terrain. Ils concernent les paramètres suivants :

- campagne de novembre 2011 : **aluminium total** ;
- campagne de juin 2012 : **aluminium dissous, fer dissous, silicium, nitrates et phosphates** ;

- campagne de décembre 2012 : **DCO filtrée, calcium, hydrogénocarbonates, azote total et azote Kjeldahl, magnésium et nitrates**, mais aussi **silicium (dissous), sodium et fer dissous** ;
- campagne de juin 2013 : **couleur, DBO₅ filtrée ou non, hydrogénocarbonates, magnésium, potassium, chrome dissous, AOX et molybdène dissous**, mais aussi **sodium**.

IV.1.6. Comparaison des mesures effectuées *in situ* par Hytec, Aqua Terra et Vale NC

La comparaison des mesures *in situ* est faite uniquement pour le 22/11/2011, date à laquelle tous les opérateurs étaient présents sur la station 3-C et ont réalisé leurs mesures à quelques minutes d'intervalle. Pour les stations 1-E et 6-T, même si l'heure de passage diffère, la comparaison a également été effectuée pour ces stations mais les écarts observés sur la température n'ont pas été pris en compte.

Tableau 24 : Paramètres mesurés *in situ* par Hytec, Aqua Terra et Vale NC (22/11/2011)

Nom station	Date/heure	Température eau (°C)	pH	Conductivité à 25°C	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NFU)
Kwé 1-E	22/11/2011 à :						
	12h30 (Hytec)	27,1	8,0	124	8,41	105,5	0,4
	10h30 (Aqua Terra)	26,4	7,1	101,6	7,97	99,2	1,19
	10h13 Vale NC	25,4	7,77	107	-	-	3
Trou Bleu 3-C	22/11/2011 à 10h00 (Hytec)	23,3	7,25	110	8,5	99,0	<0,01
	09h00 (Aqua Terra)	24,1	7,22	99,2	7,75	92,7	0,58
	9h18 Vale NC	23,6	7,6	95,6	-	-	2,89
Creek Baie Nord 6-T	22/11/2011 à 17h00 - 18h00 (Hytec)	26,2	8,11	155	8,29	102,4	1,59
	15h00 (Aqua Terra)	28,7	8,25	124,7	7,85	102,6	1,88
	14h01 Vale NC	29,1	8,73	130	8,18	-	3

En italique, les valeurs d'Aqua Terra, en gras celles de Vale NC

Entourés de rouge, les paramètres avec les écarts les plus significatifs.

Les valeurs mesurées par les différents opérateurs sont globalement du même ordre de grandeur, les écarts observés pouvant être expliqués par l'heure de passage différente des équipes de terrain et l'emplacement du point de mesure (zone de courant ou d'eau calme, augmentation de la température de l'eau en cours de journée).

C'est sur la station Trou Bleu 3-C, où les équipes d'Aqua Terra, Vale NC et Hytec étaient présentes en même temps, que la comparaison est la plus fiable. On constate des écarts significatifs de mesure sur les paramètres suivants :

- la turbidité : Vale mesure une valeur de turbidité supérieure à celles mesurées par nos soins et par Aqua Terra, cet écart s'expliquant par les solutions étalon utilisées : 10 NTU pour Vale et 0,02 et 10 NTU pour Hytec et < 0,1, 20, 100, 800 pour Aqua Terra d'où une meilleure précision d'Hytec dans les basses valeurs ;
- le pH : la mesure faite par Vale a été reconduite en veillant à agiter la sonde lors de la deuxième mesure ; de cette façon, la valeur obtenue est proche de celle mesurée par Hytec sinon l'écart de mesure était beaucoup plus important que celui qui figure dans le tableau ci-dessus ;
- l'écart de pH le plus important se situe à la station 1-E (0,9 unité d'écart entre Hytec et Aqua Terra) et aurait pu s'expliquer par l'augmentation de l'activité photosynthétique au cours de la journée mais les faibles teneurs en pigments chlorophylliens (*annexe 7*) et l'absence de végétation aquatique ne permettent pas de retenir cette hypothèse. L'écart est d'autant plus inexplicable que les valeurs de pH mesurées par Hytec et Aqua Terra sont assez proches sur les autres stations.

Pour les autres campagnes, la comparaison des valeurs obtenues est faite de façon globale, avec les autres paramètres physico-chimiques analysés, dans le rapport relatif à l'état de référence.

Rappels concernant la bonne utilisation du matériel de mesure *in situ* :

* Etalonnage au laboratoire dans une gamme de solutions étalons compatibles avec les mesures de terrain, si besoin utiliser deux appareils en fonction des sites (turbidité notamment) ;

* Pour la mesure du pH, il est **impératif d'agiter la sonde** jusqu'à ce que l'affichage se stabilise ;

* Le contrôle des solutions étalons après le terrain est impératif pour valider les résultats obtenus sur le terrain et doit figurer dans la restitution des résultats, au même titre que l'indication des conditions de prélèvement (météo, pluie avant prélèvement, hydrologie, lieu du prélèvement, etc).

IV.1.7. Comparaison des résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sur l'eau par Hytec et Vale NC

Le Tableau 25 pages suivantes effectue la comparaison des résultats obtenus par Hytec avec ceux obtenus par Vale NC pour les paramètres ayant des valeurs supérieures aux limites de détection.

Un certain nombre de paramètres n'est pas analysé par Vale NC. Ces paramètres ne sont pas repris dans le tableau des comparaisons Hytec/Vale NC. Il s'agit de :

- **paramètres mesurés *in situ*** : oxygène dissous (exprimé en %) et potentiel rédox ;
- **paramètres organoleptiques** : couleur ;
- **paramètres physico-chimiques** : demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO₅), dureté totale, carbonates, hydrogencarbonates,
- **substances indésirables** : agents de surface, ammonium NH₄, argent Ag, azote Kjeldahl NTK, azote total N_{tot}, baryum Ba, bore Bo, phénols, fluorures, nitrites NO₂⁻, platine Pt, tellure Te, thallium Th ;
- **substances toxiques et micropolluants organiques** : antimoine Sb, composés organiques halogénés adsorbables (AOX), mercure Hg, molybdène Mo, sélénium Se, titane Ti, vanadium V, HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), PCB (polychlorobiphényles), COV (composés organiques halogénés volatils), BTEX (Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques) ;
- **paramètres bactériologiques,**
- **pesticides,**
- **pigments chlorophylliens.**

Il y a 35 paramètres pour lesquels des mesures ont été effectuées par Hytec et Vale NC à fréquences variables.

Pour ces paramètres, l'analyse n'a pas toujours été effectuée sur la même forme (dissoute ou totale). En particulier, pour Vale NC, tous les paramètres ont été réalisés sur eau filtrée (source Vale NC) alors que pour Hytec, la forme dissoute n'a été demandée que sur les métaux et autres composés toxiques ou substances indésirables ainsi que sur les formes de l'azote, du phosphore et du carbone (les nitrates, nitrites et phosphates n'existant que sous forme dissoute dans l'eau).

Tableau 25 (pages suivantes) : Comparaison des résultats d'analyses de l'eau (physico-chimie) obtenus par Hytec et Vale NC

COMPARAISON DES VALEURS DES PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES ENTRE HYTEC ET VALE NC

Analyse d'eau de rivière :				campagne d'étiage (22/11/2011)									campagne de moyennes eaux (20 juin 2012)											
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	Base de comparaison (LD : limite de détection, LQ : limite de quantification)	CBN 6-T 2011FW107 a à d et j1 à j7	CBN 6-T dupli 2011FW104 a à e	484176 ENV-6T-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	rivière Trou Bleu 3 C 2011FW102 a à e	484179 ENV-3C-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	Kwè 1-E 2011FW103 a à e et j1 à j7	484177 ENV-1E-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	CBN 6-T 2012FW107 a à d et j1 à j5	CBN 6-T dupli 2012FW104 a à d	ENV-6T-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	rivière Trou Bleu 3-C 2012FW102 a à d	ENV-3C-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	Kwè 1-E 2012FW103 a à d et j1 à j5	ENV-1E-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	
				22/11/2011 17h CDE n° 1105414	22/11/2011 18h CDE n° 1105410	22/11/2011 14h01		22/11/2011 10h00 CDE n° 1105409	22/11/2011 09h18		22/11/2011 12h30 CDE n° 1105413	22/11/2011 10h13		20/06/2012 18h00 CDE n° 1203170	20/06/2012 17h00 CDE n° 1203168	17/06/2012 14h56		20/06/2012 11h30 CDE n° 1203167	20/06/2012 11h30		20/06/2012 15h00 CDE n° 1203169	20/06/2012 11h00		
				C. Flouhr	C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr	C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr	Vale NC		C. Flouhr
paramètres mesurés <i>in situ</i>	conductivité à 25°C (<i>température non précisée pour Vale</i>)	µS/cm à 25°C	ok	155	155	130	16%	110	95,6	13%	124	107	14%	137	137	134	2%	77	80,3	4%	92	95,4	4%	
	oxygène dissous	mg/l	ok, uniquement sur 6-T pour Vale	8,29	8,29	8,18	1%	8,5	-	-	8,41	-	-	9,13	9,13	9,26	1%	9,1	-	-	9,22	-	-	
	pH	unités pH	ok	8,1	8,1	8,73	8%	7,25	7,6	5%	8,0	7,77	3%	7,72	7,72	7,88	2%	7,16	8,04	12%	7,56	7,94	5%	
	température	°C	ok	26,2	26,2	29,1	11%	23,3	23,6	1%	27,1	25,4	6%	22,0	22,0	22,9	4%	20,8	20,9	0%	22,0	21,6	2%	
	turbidité	NFU	ok	1,59	1,59	3	89%	<0,01	3	-	0,4	3	650%	1,33	1,33	1	25%	0,1	2	1900%	3,93	4	2%	
Paramètres physico-chimiques	aluminium dissous	mg/l en Al	<LD pour Vale NC	0,002	0,002	<0,1	-	0,003	<0,1	-	0,003	<0,1	-	0,020	0,441	-	-	0,004	<0,1	-	0,019	<0,1	-	
	chlorures (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l	ok	15,7	15,3	14,9	5%	12,0	11,9	1%	11,7	9,8	16%	14,52	14,41	14,2	2%	11,05	11,1	0%	9,63	9,5	1%	
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	<LD pour Vale NC	<5	5 non filtré	<10	-	<5	-	-	<5	<10	-	<5	7 non filtré	<10	-	<5	-	-	<5	<10	-	
	carbone organique total (COT) dissous	mg/l en C	1 seule analyse pour Vale	<0,5	-	0,6	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	matières en suspension (MES)	mg/l	<LD pour Vale NC	1	2	<5	-	<1	<5	-	<1	<5	-	1	<1	<5	-	<1	7,3	-	<1	7,4	-	
	silice dissous	mg/l en Si	ok, 9 manquantes vale/hytec	8,0	7,0	8	0%	5,0	5	0%	7,0	7	0%	4,0	8,0	-	-	3,0	3	0%	7,0	4	43%	
	sodium (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en Na	ok	7,97	7,97	8	0%	6,63	7	6%	5,5	6	9%	7,3	7,28	-	-	6,08	6	1%	4,69	5	7%	
	sulfates (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en SO4	ok	5,2	5,0	6*	15%	1,7	2,1*	24%	2,8	3,5*	25%	10,297	9,809	10*	3%	1,976	2,2*	11%	6,37	4,9*	23%	
	titre alcalimétrique (<i>dissous pour Vale</i>)	°F	2 analyses pour Vale	<0,1	-	<2	-	<2	-	-	<0,1	<2	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	<2	-	-
	titre alcalimétrique complet (<i>dissous pour Vale</i>)	°F	2 analyses pour Vale	5,0	-	45	800%	-	35	-	-	4,3	44	923%	-	-	-	-	19	-	-	25	-	-
Eléments pour le diagramme de Piper	calcium (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en Ca	<LD pour Vale NC	1,0	1,0	<1	-	0,6	<1	-	0,5	<1	-	1,85	2,0	-	-	1,231	<1	-	1,06	<1	-	
	magnésium (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en Mg	ok	13,89	13,82	12,7	9%	9,12	8,9	2%	11,91	11,3	5%	11,41	10,75	-	-	5,911	5,4	9%	8,09	7,7	5%	
	potassium (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en K	ok	0,2	0,20	0,20	0%	0,10	0,20	100%	0,2	0,20	0%	0,32	0,33	-	-	0,16	0,20	25%	0,21	0,20	5%	
Paramètres concernant les substances indésirables	ammoniac dissous*	mg/l en NH3	1 seule analyse pour Vale < LD	<0,01 (<0,01)	<0,01 (<0,01)	<0,5*	-	<0,01	-	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	-	-	<0,01	-	-	
	cuivre dissous	mg/l en Cu	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<0,001	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	
	fer dissous	mg/l en Fe	<LD pour Vale NC	0,022	0,049	<0,1	-	0,004	<0,1	-	0,033	<0,1	-	0,010	0,004	-	-	0,002	<0,1	-	0,001	<0,1	-	
	hydrocarbures totaux (<i>dissous et en mg/kg pour Vale</i>)	mg/l	unité différente pour Vale, et < LD	<0,1	-	<10	-	-	-	-	<0,1	<10	-	0,15	-	<10	-	-	-	-	<0,1	<10	-	
	manganèse dissous	mg/l en Mn	<LD pour Vale NC	<0,001	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	
	nitrate dissous*	mg/l en NO3	ok, 3 manquantes hytec (non dissous)	0,1 non dissous	0,1 non dissous	0,3*	200%	<0,1	<0,2*	-	0,3 non dissous	0,4*	33%	0,49	0,39	0,5*	2%	0,11	<0,2*	-	0,84	0,9*	7%	
	phosphates dissous*	mg/l en PO4	<LD pour Vale NC	<0,1	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	0,331	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	
	phosphore total filtré	mg/l en P	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	-	0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	-	
	soufre (<i>dissous pour Vale</i>)	mg/l en S	ok, 4 seulement pour Hytec	2	-	2	-	2	<1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	2	-	-
	Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic dissous	µg/l en As	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	<1	<50	-	<1	<50	-	<1	<50	-	<1	<1	-	-	<1	<50	-	<1	<50	-
cadmium dissous		µg/l en Cd	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<10	-	
chrome dissous		µg/l en Cr	<LD pour Vale NC	7	8	<10	-	5	<10	-	10	<10	-	7	7	-	-	1	<10	-	5	<10	-	
chrome VI dissous		µg/l en Cr VI	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<5	<5	-	-	<5	<10	-	<5	<10	-	<5	5	-	-	<5	<10	-	<5	<10	-	
cobalt dissous		µg/l en Co	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<10	-	
étain dissous		µg/l en Sn	<LD pour Vale NC	<1	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<10	-	
nickel dissous		µg/l en Ni	ok	8	7	<10	-	10	<10	-	4	<10	-	12	11	-	-	10	<10	-	10	<10	-	
plomb dissous		µg/l en Pb	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<2	<2	<10	-	<2	<10	-	<2	<10	-	<2	<2	-	-	<2	<10	-	<2	<10	-	
Nombre de comparaisons sur valeurs "fiabiles" total :				50	5	3		4	5		4	5		4	5		5							
Nombre de comparaisons sur valeurs "fiabiles" avec écart relatif ≥ 20% (en rouge) total :				11	1	0		1	1		1	1		1	1		1							
Nombre de comparaisons sur valeurs non "fiabiles" total :				71	8	6		8	3		8	3		6	6		6							
Nombre de comparaisons sur valeurs non "fiabiles" avec écart relatif ≥ 20% (en rouge) total :				18	2	2		3	3		3	3		1	1		1							

* unité non précisée par Vale NC : NO3 en mg/l en N ou NO3, PO4 en mg/l en P ou PO4, SO4 en mg/l en S ou SO4, NH3 en mg/l en N ou NH3?

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre les valeurs de l'échantillon terrain et son duplicata ou entre l'échantillon de Vale NC et celui d'Hytec

écart relatif calculé mais un des paramètres n'est pas sur le dissous ou dates de prélèvement différentes ou unité à confirmer (conductivité, NO3, PO4, NH3), ou valeur paramètre non fiable (pH mesuré au laboratoire)

COMPARAISON DES VALEURS DES PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES ENTRE HYTEC ET VALE NC

Analyse d'eau de rivière :				campagne d'étiage (10 et 11 décembre 2012)							campagne de juin 2013											
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	Base de comparaison (LD : limite de détection, LQ : limite de quantification)	CBN 6-T 2012FW107 a à e et j1 à j13	ENV-6T-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	rivière Trou Bleu 3-C 2012FW102 a à e	ENV-3C-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	Kwé 1-E 2012FW103 a à d et j1 à j8	ENV-1E-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	CBN 6-T 2013FW107 a à d et j1 à j13	ENV-6T-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	rivière Trou Bleu 3-C 2013FW102 a à d, j1 et j2	ENV-3C-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)	Kwé 1-E 2013FW103 a à d et j1 à j8	Kwé 1-E dupli 2013FW104 a à d et j1 et j2	ENV-1E-A	Ecart relatif de Vale NC / Hytec (%)
				11/12/2012 12h CDE n° 1206182	11/12/2012 15h10		11/12/2012 17h00 CDE n° 1206180	11/12/2012 09h25		11/12/2012 16h00 CDE n° 1206181	11/12/2012 09h50		06/06/2013 14h00 CDE n° 1303038	07/06/2013 14h00 LIMS n° 692 389 et 691 010		04/06/2013 07h30 CDE n° 1302991	04/06/2013 15h50 LIMS n° 689 770 et 689 714		04/06/2013 10h30 CDE n° 1302993	04/06/2013 10h30 CDE n° 1302992	04/06/2013 16h10 LIMS n° 689 769 et 689 713	
				C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr	Vale NC	C. Flouhr
paramètres mesurés <i>in situ</i>	conductivité à 25°C (température non précisée pour Vale)	µS/cm à 25°C	ok	119	124	4%	78	91,4	17%	91	82,3	10%	151	123	19%	69	60,9	12%	92	92	130	41%
	oxygène dissous	mg/l	ok, uniquement sur 6-T pour Vale	7,93	8,51	7%	8,09	-	-	8,13	-	-	9,06	-	-	8,86	-	-	8,71	8,71	-	-
	pH	unités pH	ok	7,22	8,06	12%	6,89	7,2	4%	7,09	7,5	6%	8,07	8,42	4%	"6,27"	8,25	32%	"6,54"	"6,54"	8,79	34%
	température	°C	ok	25,2	24,3	4%	24,4	24,3	0%	23,4	23,8	2%	22,5	23,4	4%	20,5	21,9	7%	21,0	21,0	22,2	6%
	turbidité	NFU	ok	2,37	4	-	0,1	5	-	5,74	11	-	5,38	1	-	<0,01	1	-	4,35	4,35	11	153%
Paramètres physico-chimiques	aluminium dissous	mg/l en Al	<LD pour Vale NC	0,001	-	-	<0,001	<0,1	-	0,001	<0,1	-	0,004	-	-	<0,004	<0,1	-	0,004	0,004	<0,1	-
	chlorures (dissous pour Vale)	mg/l	ok	13,09	13,4	2%	11,48	11,6	1%	9,81	9,7	1%	14,0	15,1	8%	10,3	10,9	6%	9,3	9,3	10,6	14%
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	<LD pour Vale NC	8	<10	-	3,9	-	-	6,9	<10	-	<3	<10	-	<3	-	-	<3	<3	<10	-
	carbone organique total (COT) dissous	mg/l en C	1 seule analyse pour Vale	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	matières en suspension (MES)	mg/l	<LD pour Vale NC	8	<5	-	1	<5	-	7	<5	-	<2	<5	-	<2	<5	-	<2	<2	<5	-
	silice dissous	mg/l en Si	ok, 9 manquantes vale/hytec	5,0	-	-	3,0	3	0%	3,0	3	0%	6,0	-	-	2,0	3	50%	4,0	3,0	4	0%
	sodium (dissous pour Vale)	mg/l en Na	ok	7,18	-	-	6,47	6	7%	5,38	5	7%	8,2	-	-	5,7	6	5%	5,9	5,0	5	15%
	sulfates (dissous pour Vale)*	mg/l en SO4	ok	5,95	6,5*	9%	1,48	2,2*	49%	5,63	5,9*	5%	11,8	8,1*	31%	2,0	1,5*	25%	7,2	7,2	8,0*	11%
	titre alcalimétrique (dissous pour Vale)	°F	2 analyses pour Vale	<0,1	-	-	<0,1	<2	-	<0,1	<2	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	<2	-
	titre alcalimétrique complet (dissous pour Vale)	°F	2 analyses pour Vale	3,4	-	-	16	-	-	2,25	21	162%	-	-	-	-	15	-	-	-	22	-
	zinc dissous	mg/l en Zn	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<0,01	-	-	<0,01	<0,1	-	<0,01	<0,1	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,1	-	<0,01	<0,1	<0,1	-
Éléments pour le diagramme de Piper	calcium (dissous pour Vale)	mg/l en Ca	<LD pour Vale NC	1,4	-	-	0,24	<1	-	0,33	<1	-	2,4	-	-	<0,5	<1	-	<0,5	<0,5	<1	-
	magnésium (dissous pour Vale)	mg/l en Mg	ok	9,58	-	-	5,43	5,3	2%	7,30	7,3	0%	11,5	-	-	4,3	4,5	5%	4,4	7,5	7,7	3%
	potassium (dissous pour Vale)	mg/l en K	ok	0,22	-	-	0,16	0,10	38%	0,21	0,20	5%	0,3	-	-	0,2	0,10	50%	0,1	0,2	0,20	0%
Paramètres concernant les substances indésirables	ammoniac dissous*	mg/l en NH3	1 seule analyse pour Vale < LD	<0,01	-	-	<0,01	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	-	-
	cuivre dissous	mg/l en Cu	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<0,001	-	-	<0,001	<0,01	-	<0,001	<0,01	-	<0,005	-	-	<0,005	<0,01	-	<0,005	<0,005	<0,01	-
	fer dissous	mg/l en Fe	<LD pour Vale NC	0,019	-	-	0,03	<0,1	-	0,032	<0,1	-	0,031	-	-	0,020	<0,1	-	0,034	0,038	<0,1	-
	hydrocarbures totaux (dissous et en mg/kg pour Vale)	mg/l	unité différente pour Vale, et < LD	<0,05	<10	-	-	-	-	<0,05	<10	-	<0,05	<10	-	<0,05	<10	-	<0,05	-	-	-
	manganèse dissous	mg/l en Mn	<LD pour Vale NC	<0,001	-	-	<0,001	<0,01	-	0,003	<0,01	-	0,004	-	-	0,001	<0,01	-	0,003	0,003	<0,01	-
	nitrites dissous*	mg/l en NO2	ok, 3 manquantes hytec (non dissous)	0,29	0,6*	107%	<0,1	<0,2*	-	0,69	1,2*	74%	0,4	0,2*	50%	<0,2	0,3*	-	1,0	1,0	1,1*	10%
	phosphates dissous*	mg/l en PO4	<LD pour Vale NC	<0,1	<0,2*	-	0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,2*	-	<0,1	<0,1	<0,2*	-
	phosphore total filtré	mg/l en P	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	-	-	0,2	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
soufre (dissous pour Vale)	mg/l en S	ok, 4 seulement pour Hytec	-	-	-	<1	-	-	2	-	-	4,77	-	-	0,70	<1	-	2,65	2,42	3	13%	
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic dissous	µg/l en As	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	-	-	<1	<20	-	<1	<20	-	<1	-	-	<1	<20	-	<1	<1	<20	-
	cadmium dissous	µg/l en Cd	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<1	<10	-
	chrome dissous	µg/l en Cr	<LD pour Vale NC	5	-	-	2	<10	-	6	<10	-	10	-	-	5	<10	-	8	10	<10	-
	chrome VI dissous	µg/l en Cr VI	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<5	-	-	<5	<10	-	<5	<10	-	<5	-	-	<5	<10	-	<5	<5	<10	-
	cobalt dissous	µg/l en Co	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<10	-	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<1	<10	-
	étain dissous	µg/l en Sn	<LD pour Vale NC	1	-	-	2	<10	-	<1	<10	-	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<1	<10	-
	nickel dissous	µg/l en Ni	ok	9	-	-	9	10	11%	11	10	9%	11	-	-	10	10	0%	14	15	20	43%
	plomb dissous	µg/l en Pb	valeurs Hytec et Vale < LQ ou LD	<2	-	-	<2	<10	-	<2	<10	-	<1	-	-	<1	<10	-	<1	<1	<10	-
Nombre de comparaisons sur valeurs "fiabiles" total :				50	4		4			5			3			3			5			
Nombre de comparaisons sur valeurs "fiabiles" avec écart relatif ≥ 20% (en rouge) total :				11	1		0			1			1			1			2			
Nombre de comparaisons sur valeurs non "fiabiles" total :				71	3		6			7			3			7			8			
Nombre de comparaisons sur valeurs non "fiabiles" avec écart relatif ≥ 20% (en rouge) total :				18	0		2			1			1			3			2			

* unité non précisée par Vale NC : NO3 en mg/l en N ou NO3, PO4 en mg/l en P ou PO4, SO4 en mg/l en S

En gras, les paramètres présentant des écarts significatifs (≥ 50%) par rapport à la rivière de référence

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (≥ 20%) entre

la Vale NC et les valeurs mesurées ; écart relatif calculé mais un des paramètres n'est pas sur le dissous ou dates de prélèvement d

Il ressort du Tableau 25 que le nombre de paramètres, pour lesquels la comparaison est possible, est limité pour les raisons suivantes :

- pour une vingtaine de paramètres, l'écart entre la limite de détection (Vale NC) et la limite de quantification (CDE) est trop important et la majorité des valeurs mesurées par Hytec et Vale NC sont en-dessous de ces limites (voir Tableau 26),
- l'unité diffère pour les hydrocarbures (mg/l pour Hytec) et mg/kg pour Vale NC,
- l'unité n'a pas été confirmée par Vale NC pour la conductivité, les nitrates NO₃, l'ammoniac NH₃, les phosphates PO₄ et les sulfates SO₄,
- l'eau analysée par Vale NC a été filtrée avant analyse (information non confirmée par Vale NC) alors que pour certains paramètres analysés par Hytec, l'analyse a été réalisée sur eau brute conformément aux recommandations formulées par Lascombe (2011).

Les résultats d'analyse ont été extraits par Vale NC de leur base de données au format excel et l'information qui y figure n'est pas toujours explicite que ce soit pour les unités ou la forme analysée ou encore l'explication des codes utilisés pour décrire la méthode d'analyse. **Il est rappelé que la transmission de résultats d'analyse devrait idéalement être accompagnée des bulletins d'analyse plus complets et explicites que le fichier excel, en particulier pour les laboratoires sous-traitants.**

Tableau 26 : Limites de quantification pour les analyses de Hytec et de Vale NC

Paramètre	Limite de quantification des analyses réalisées par Vale NC	Limite de quantification des analyses de Hytec (CDE)
Aluminium (mg/l)	<0,1	<0,001 ou <0,004
Arsenic (µg/l)	< 50 ou <20	<1
Cadmium (µg/l)	<10	<1
Calcium (mg/l)	<1	<0,5
Chrome (µg/l)	<10	<4
Chrome VI (µg/l)	<10	<5
Cobalt (µg/l)	<10	<1
Etain	<10	<1
Cuivre (µg/l)	<0,01	<0,005
Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l)	<10	<3 ou <5
fer (mg/l)	<0,1	<0,004
Hydrocarbures totaux (µg/l)	<10	<0,05
manganèse (mg/l)	<0,01	<0,001
matières en suspension (MES) (mg/l)	<5	<1 ou <2
Phosphates (mg/l)	<0,2	<0,1
Plomb (µg/l)	<10	<1 ou <2
Titre alcalinométrie (°F)	<2	<0,1
Zinc (µg/l)	<0,1	<0,01

Il ne reste que 7 paramètres pour lesquels la comparaison a pu être effectuée *stricto sensu* :

- 4 paramètres mesurés *in situ* : oxygène dissous (mg/l), pH (sauf 2 valeurs Hytec analysées *a posteriori*), température, turbidité ;
- silicium dissous Si, nickel dissous Ni, nitrates NO₃ (sauf 2 valeurs Hytec analysés sur total et non prises en compte dans la comparaison qui suit).

Dans la mesure où ces paramètres n'ont pas été analysés pour toutes les stations, il en résulte entre 3 et 5 comparaisons par station, soit un total de 50 comparaisons dont 11 présentent un écart relatif de plus de 20%. **Trois paramètres présentent des écarts importants pour l'eau analysée respectivement par Hytec (CDE) et Vale NC dont deux pour la majorité des observations : il s'agit de la turbidité (5 valeurs sur un total de 6 comparaisons) dont les écarts importants ont déjà été mentionnés dans la comparaison des mesures *in situ* et les nitrates (4 valeurs sur un total de 6 comparaisons).** Pour le silicium, seulement 2 valeurs sur un total de 9 comparaisons présentent des écarts qui restent faible de l'ordre de 50%.

Il est difficile de conclure en comparant un si petit nombre d'observations.

Pour les 10 paramètres écartés pour les raisons invoquées précédemment, la comparaison des valeurs obtenues lorsqu'elles sont disponibles et au-dessus des limites de quantification et de détection conduit aux résultats suivants (cellules en bleu) : un total de 71 comparaisons dont 18 présentent un écart relatif de plus de 20%. Les paramètres concernés sont soulignés avec entre parenthèses le nombre de comparaisons avec un écart supérieur à 20% sur le nombre total de comparaisons :

- paramètres mesurés *in situ* : conductivité (1/12), il est vraisemblable que la conductivité ait été mesurée par Vale NC à 25°C comme pour Hytec compte tenu du faible écart entre les valeurs mesurées ; pH (2/2) du fait de la mesure faite *a posteriori* au laboratoire d'analyse par la CDE (Hytec) ;
- paramètres analysés *a priori* sur le dissous par Vale NC et sur le total pour Hytec : chlorures Cl (0/12), sodium Na (0/9), sulfates SO₄ (6/12), titre alcalimétrique complet TAC (3/3), magnésium Mg (0/9), potassium K (4/9), nitrates NO₃ (2/2), soufre S (0/1). **L'écart pour les sulfates et les nitrates peut s'expliquer si l'unité du résultat diffère (non confirmé par Vale NC).**

La figure suivante représente les graphes des mesures effectuées par Vale NC et Hytec pour les 3 stations Creek Baie Nord 6-T, Kwè 1-E et Trou Bleu 3-C et pour les paramètres pour lesquels l'écart relatif est supérieur à 20% pour la majorité des observations : turbidité, nitrates NO₃, sulfates dissous SO₄ et TAC.

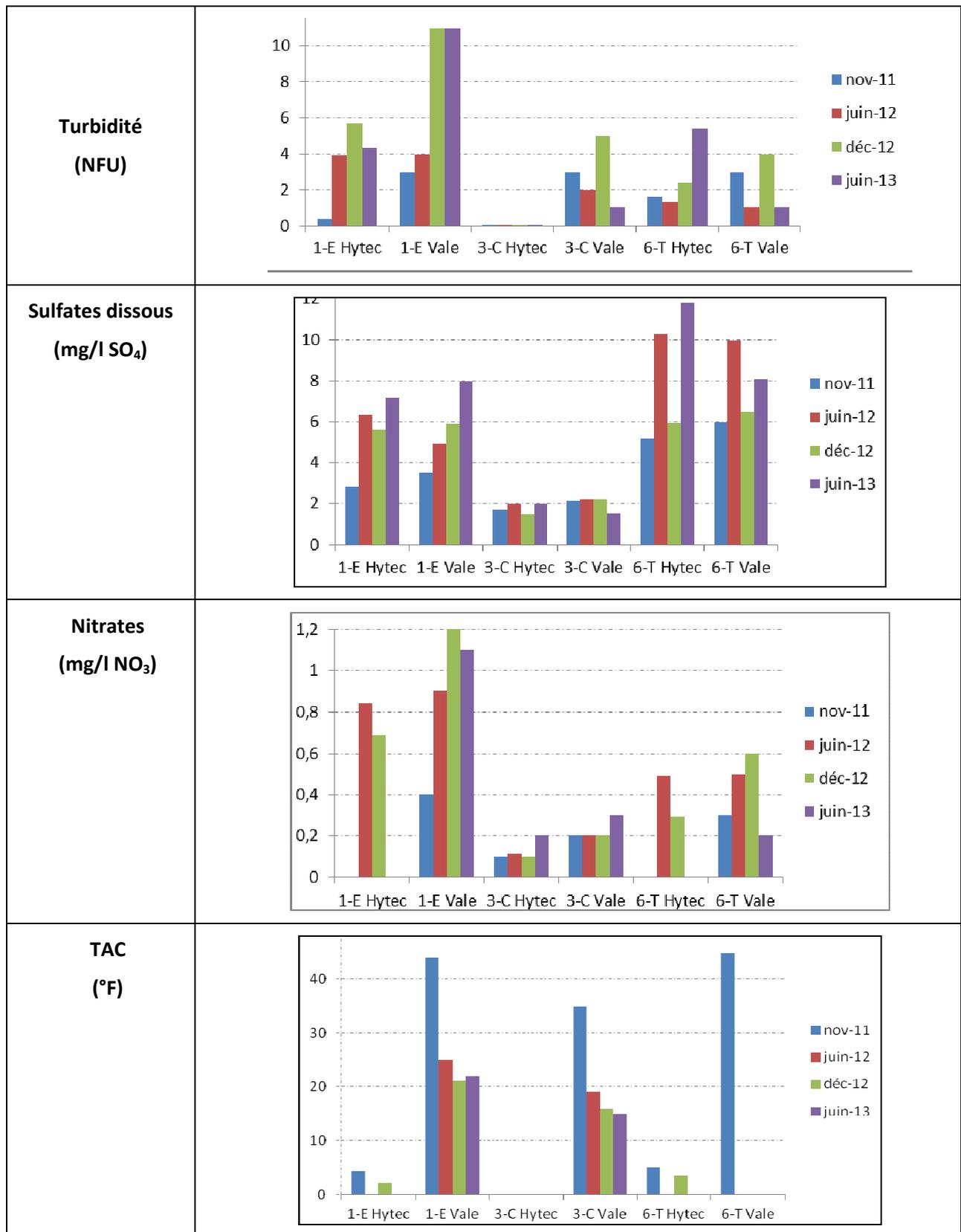


Figure 6 : Paramètres présentant des écarts relatifs supérieurs à 20% entre les mesures effectuées par Hytec (CDE) et Vale NC aux stations Creek Baie Nord 6-T, Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C

En conclusion, sur 35 paramètres analysés sur l'eau prélevée par Hytec et Vale NC à fréquences variables, la comparaison n'a pu être faite que sur 15 paramètres.

Onze paramètres analysés par Vale NC ont, pour la majorité des mesures (70 pour un total de 121), des valeurs proches de celles analysées par Hytec (CDE) (moins de 20% d'écart relatif). Il s'agit de :

- paramètres *in situ* : conductivité, oxygène dissous (mg/l), pH, température de l'eau ;
- paramètres physico-chimiques : chlorures Cl, sodium Na, magnésium Mg, potassium K, silicium Si ;
- substances indésirables : soufre S ;
- substances toxiques : nickel dissous Ni.

Par contre, des écarts sont observés sur plus de la moitié des analyses (plus de 20% d'écart relatif) pour 4 paramètres : la turbidité, du fait du choix d'une gamme étalon inadaptée par Vale NC, les valeurs mesurées par Vale NC sont généralement supérieures ; **les nitrates** (écarts variables mais pour ce paramètre le contrôle qualité réalisé a montré des écarts de mesure significatifs sur les échantillons duplicata) ; **les sulfates dissous** (écarts acceptables, *i.e.* moins de 30% en écart relatif, pour la majorité des mesures) et **le titre alcalimétrique complet (TAC)** (valeurs mesurées par Vale NC supérieures environ d'un facteur 10). **Pour les paramètres nitrates et sulfates dissous, l'unité non confirmée par Vale NC pourrait expliquer ces écarts.** Par contre, pour le titre alcalimétrique complet calculé à partir des concentrations en ions carbonates CO_3^{2-} et hydrogénocarbonates HCO_3^- , les mesures effectuées par Vale NC sont environ 10 fois supérieures à celles calculées par Hytec (CDE). **Les ions hydrogénocarbonates HCO_3^- étant largement majoritaires dans les eaux de rivières, une erreur de mesure sur leur concentration pourrait être à l'origine des écarts observés sur le TAC. Les valeurs mesurées pour cet ion ne figurent pas sur les résultats d'analyse transmis par Vale NC.**

Pour les analyses physico-chimiques réalisées par Vale NC, les limites de quantification sont à réajuster pour de nombreux paramètres, celles actuellement utilisées n'étant pas assez précises. Une proposition sera effectuée en fin du rapport (cf recommandations).

N.B. : Il est intéressant de noter que bien que les mesures à la station Creek Baie Nord 6-T aient été effectuées à un jour d'écart en juin 2013, les valeurs mesurées restent comparables à celles de Vale NC pour une majorité de paramètres et lorsque des écarts sont observés pour certains paramètres, ils le sont également sur d'autres stations ou périodes.

Par ailleurs, aucun évènement pluvieux remarquable n'a été signalé le jour des prélèvements par Hytec en juin 2013 ce qui peut expliquer que la comparaison entre les résultats obtenus par Hytec et Vale NC soient si proches.

IV.1.8. Caractérisation chimique des eaux (données Hytec)

IV.1.8.a. Valeurs mesurées in situ par Hytec

Les eaux de rivière sont faiblement à moyennement minéralisées avec une conductivité comprise entre 68 (Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 en décembre 2012) et 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Creek Baie Nord 6-T en novembre 2011), caractéristique des rivières sur substrat ultramafique. En période de pluie (décembre 2012), les conductivités sont légèrement plus faibles (entre 60 et 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

L'oxygénation des eaux est bonne avec des valeurs proches de la saturation (100%), favorisée par la présence de cascades ou de zones de radier, ou d'une pente moyenne dans les stations étudiées.

Le pH est légèrement basique et compris entre 6,9 (Trou Bleu 3-C en décembre 2012) et 8,1 (Creek Baie Nord 6-T de novembre 2011). Il est compris entre 6,3 et 6,6 pour les mesures qui ont été réalisées le soir du 04/06/2013 en laboratoire. **Ces mesures ne sont pas à considérer.**

La température des eaux se situe entre 22 et 27°C en étiage et est plus fraîche en moyennes eaux (juin 2012), entre 19 et 22°C.

La turbidité reste faible (<10 NTU) sur l'ensemble des stations quelque soit la saison, confortée par l'observation d'une eau claire à légèrement trouble avec le fond visible. Malgré la présence de pluie avant ou pendant les prélèvements, bien que peu intense, aucune coloration rouge des eaux n'a été observée dans les cours d'eau étudiés. Pour chaque campagne, c'est à la station Trou Bleu 3-C que les valeurs minimales sont mesurées (<0,01 NTU en étiage et 0,1 NTU en moyennes eaux). Ce sont les stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E où l'eau était légèrement turbide que les valeurs de turbidité ont été maximales lors de chaque campagne de mesure, comprises entre 1,59 NTU (Creek Baie Nord 6-T en novembre 2011) et 5,74 NTU (station 1-E en période de pluie décembre 2012).

IV.1.8.b. Caractérisation chimique des eaux au moyen du diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations représentatifs d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique (triangle de gauche) et le faciès anionique (triangle de droite) et d'un losange représentant le faciès chimique global. Les côtés des triangles témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs considérés par rapport à la teneur totale de ces ions.

Les eaux analysées sont faiblement minéralisées et présentent toutes un faciès similaire, de type bicarbonaté, calcique et magnésien. Ces ions restent toutefois présents en quantité faible hormis le magnésium, ce qui reste une caractéristique des eaux des rivières néo-calédoniennes (Mary, 1999). On observe peu d'écart entre les différentes saisons.

Les valeurs de pH des stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C mesurées *a posteriori* au laboratoire pour la campagne de juin 2013 ont été considérées pour l'élaboration du diagramme de Piper.

La Figure 7 page suivante présente le diagramme de Piper pour chaque campagne de terrain et permet de visualiser l'évolution spatiale des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) pour chaque campagne.

Les *duplicata* qui sont parfaitement superposés pour les deux premières campagnes, marquent une différence à l'étiage 2012-2013, plus marquée pour la campagne de juin 2013 du fait notamment des écarts relevés sur les paramètres magnésium (4,4 et 7,5 mg/l) et hydrogénocarbonates (13,5 et 26,3 mg/l en HCO_3) à la station Kwë 1-E (contrôle qualité sur *duplicata*). Pour cette dernière station, on relève également une contamination du blanc de terrain lequel contient 7,5 mg/l en hydrogénocarbonates. Les valeurs obtenues pour le blanc et le *duplicata* remettent en cause les mesures pour les paramètres magnésium et hydrogénocarbonates effectuées pour la campagne de juin 2013. **Le diagramme de Piper de la campagne de juin 2013 est à interpréter avec prudence.**

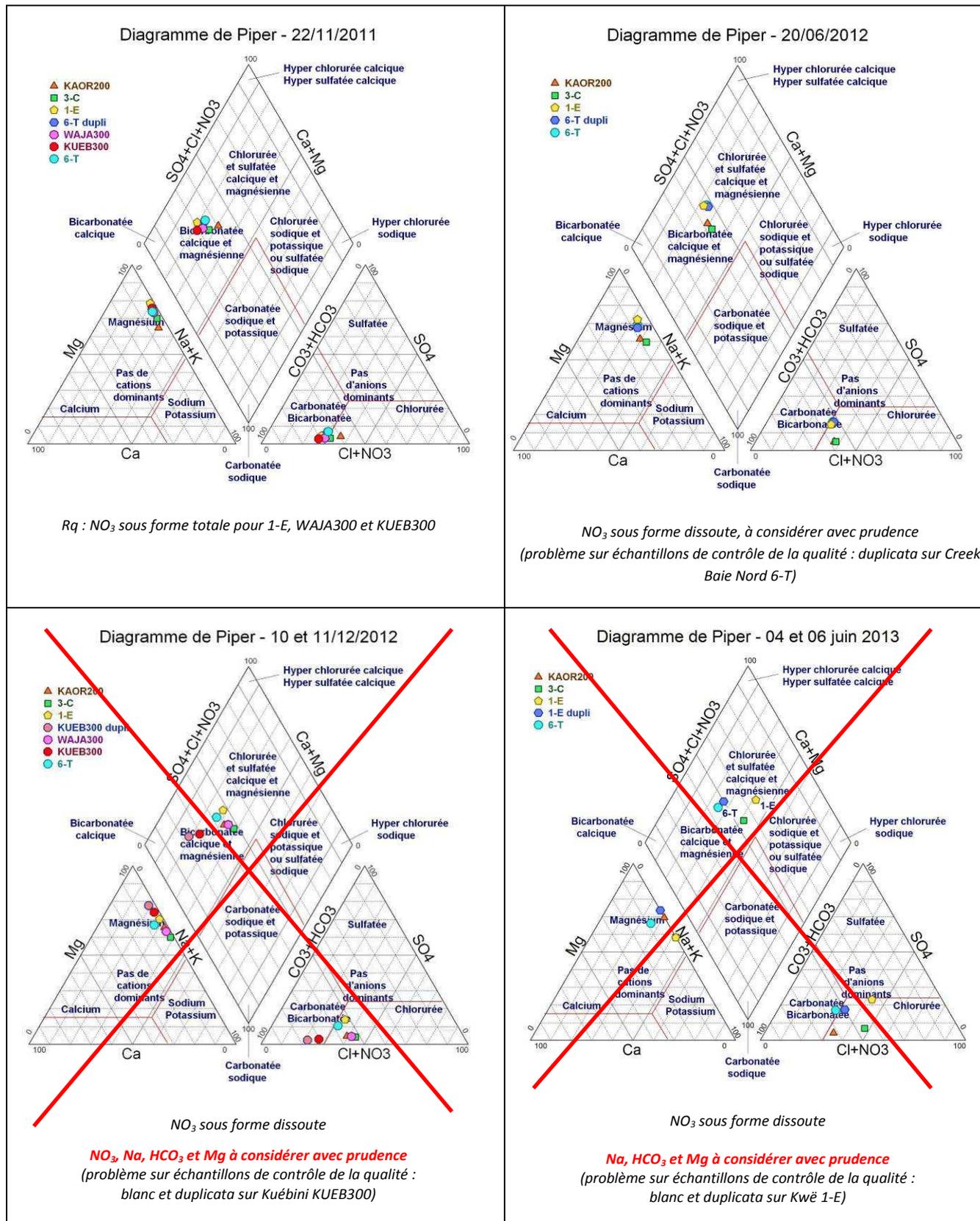


Figure 7 : Mise en évidence de l'évolution spatiale des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) à chaque campagne de prélèvement par les diagrammes de Piper (équilibre ionique) (source : laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon)

Ainsi, on constate :

- pour la campagne d'étiage de novembre 2011 une certaine homogénéité de la teneur en ions majeurs de l'ensemble des 6 stations avec la station KAOR200 légèrement à l'écart,
- pour la campagne de moyennes eaux de juin 2012, deux groupes distincts, celui des stations de référence (Trou Bleu 3-C et Kaoris KAOR200) et celui des stations sous influence du projet minier et industriel (Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E) contenant relativement plus de sulfates dissous SO_4 , et plus d'ions sodium Na et/ou potassium K,
- pour la campagne de décembre 2012, la station Kuébini KUEB300 est éloignée de son duplicata et les résultats obtenus sur le blanc conduisent à ne pas considérer le diagramme de Piper pour cette campagne. En effet, l'incertitude associée aux observations sont significatives pour un nombre élevé de paramètres : nitrates NO_3 , sodium Na, hydrogénocarbonates HCO_3 et magnésium Mg,
- pour la campagne de moyennes eaux de juin 2013, la station Kwë 1-E est éloignée de son duplicata et les résultats obtenus sur le blanc conduisent à ne pas considérer le diagramme de Piper pour cette campagne. En effet, l'incertitude associée aux observations sont significatives pour un nombre élevé de paramètres : sodium Na, hydrogénocarbonates HCO_3 et magnésium Mg.

Il semble qu'en période de débits plus soutenus, les stations tendent à se différencier sur le plan physico-chimique (teneur en ions majeurs). En particulier les stations sous influence du projet (Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E) se distinguent des stations de référence par une proportion d'ions sulfates dissous et d'ions sodium et/ou potassium plus importante. Les analyses statistiques¹⁰ réalisées aboutissent à la même conclusion.

La Figure 8 présente le diagramme de Piper pour chaque station et permet de visualiser l'évolution temporelle des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) de la station considérée. Les observations de décembre 2012 et de juin 2013 sont à considérer avec prudence du fait des écarts importants obtenus sur les échantillons de contrôle de la qualité : duplicata à la station Kuébini KUEB300 (décembre 2012) et Kwë 1-E (juin 2013) et blancs de terrain. La distance entre les deux points pour ces stations donne l'incertitude à prendre en compte pour les autres stations en décembre 2012 et juin 2013 respectivement.

¹⁰ Voir rapport de phase 2 relatif à l'exploitation des données recueillies en vue de l'élaboration d'un état de référence de la qualité des cours d'eau

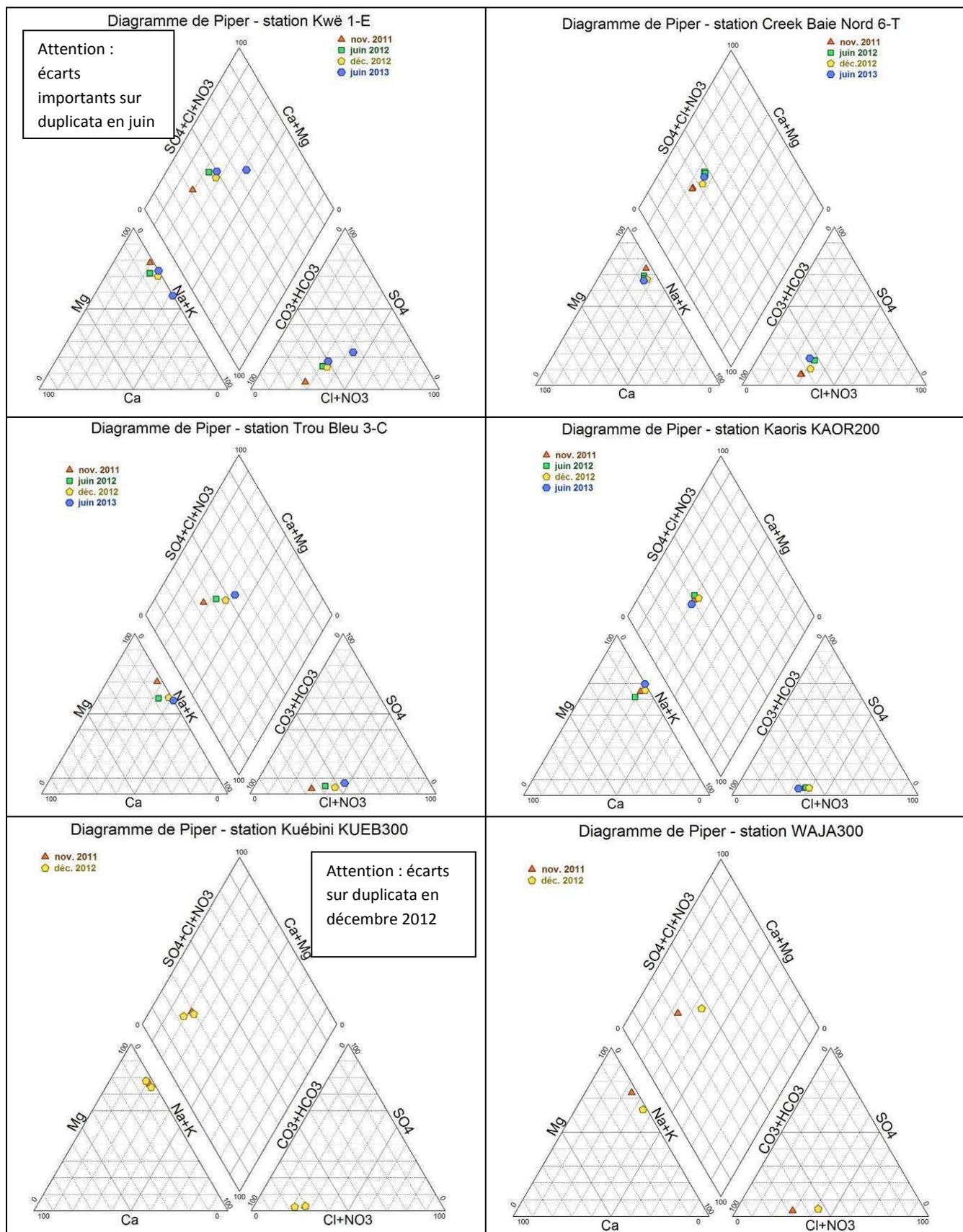


Figure 8 : Mise en évidence de l'évolution temporelle des caractéristiques chimiques de l'eau (ions majeurs) aux stations de suivi par les diagrammes de Piper (équilibre ionique)

(source : laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon)

Les stations Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 ont été échantillonnées uniquement en étiage, on ne dispose que de deux observations pour chacune d'elle avec de plus des écarts significatifs suite au contrôle de qualité effectué à la station Kuébini KUEB300 pour la campagne de décembre 2012.

Les stations qui présentent le moins de variabilité temporelle au regard de la teneur relative en ions majeurs de leurs eaux sont les stations Kaoris KAOR200 et Kuébini KUEB300.

La station Wajana WAJA300, comme la station Trou Bleu 3-C, montre des caractéristiques évolutives de la teneur relative en ions majeurs de leurs eaux entre l'étiage de novembre 2011 et les autres campagnes de prélèvement : en période de débits plus soutenus, on observe une augmentation de la teneur relative en ions chlorures et /ou nitrates par rapport aux ions hydrogénocarbonates et sulfates dont la proportion diminue. Par exemple, sur Trou Bleu 3-C, ce sont les ions hydrogénocarbonates qui passent de 42,6 mg/l en HCO_3 en novembre 2011 à 17,1 mg/l en HCO_3 en juin 2013, période où le débit a été maximal par rapport aux trois autres campagnes sur ce cours d'eau. La concentration des autres ions a peu varié sur la même période.

On observe le même phénomène pour les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T sous influence du projet minier et industriel, avec une teneur relative en ions sulfates dissous élevée mais constante en période de débit soutenu (entre 5,6 et 7,2 mg/l en SO_4 et entre 9,8 et 11,8 mg/l en SO_4 respectivement). En étiage, les teneurs étant plus faibles (novembre 2011) avec 2,8 et 5 mg/l en SO_4 respectivement.

IV.1.9. Présence de substances toxiques et indésirables

Le tableau page suivante reprend les valeurs de PNEC proposées par l'INERIS pour les paramètres analysés de la liste complète et les compare aux limites de quantification des méthodes d'analyse mises en œuvre par la CDE lors de la dernière campagne de juin 2013.

Tableau 27 (page suivante) : Comparaison des limites de quantification de la CDE pour la campagne de juin 2013 aux valeurs de PNEC (INERIS) de quelques paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unités de mesure	Arrêté du 11 janvier 2007 : eaux brutes destinées à l'AEP			I N E R I S - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques			CDE pour Hytec (juin 2013)	
		Limites de qualité des eaux brutes*	A1**		date fiche	Info	PNEC***	Méthode d'analyse	Limite de quantification (LQ)
			G	I					
aluminium	mg/l en Al				17/01/2005	forme des complexes en pH acides ou basiques, jamais Al seul	60	NF EN ISO 17294-2	0,004
ammoniac	mg/l en NH ₃				10/05/2012	en équilibre avec NH ₄ ⁺ dans l'eau	0,074	SPECTROM. D'ABS. MOLEC./NESSLER	0,01
civre	mg/l en Cu	1	0,02	0,05	11/03/2005	en majorité sous forme particulaire (déposé, adsorbé, etc)	0,0016	NF ISO 17294-2	0,005
manganèse	mg/l en Mn		0,05		06/07/2012	dans l'eau essentiellement sous forme Mn CO ₃ peu soluble	0,015	NF ISO 17294-2	0,001
nitrites	mg/l en NO ₂				29/09/2011	dans l'eau, NO ₂ donne de l'acide nitrique HNO ₃	absence de résultat d'essai d'écotoxicité	NF EN ISO 10304-1	0,01
phénols	µg/l en C ₆ H ₅ C	100		1	25/05/2005	ne s'accumule pas a priori dans les sédiments	7,7	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5
platine	µg/l en Pt				07/06/2005	-	0,07 (donnée provisoire)	NF EN ISO 17294-2	1
arsenic	µg/l en As	100		10	07/04/2010	solubilité variable, dans sédiment avec possible relargage	4,4	NF ISO 17294-2	1
antimoine	µg/l en Sb				25/04/2007	peu présent dans l'eau, essentiellement associé à des particules	9,3 (susceptible d'être revue)	NF ISO 17294-2	2
cadmium	µg/l en Cd	5	1	5	29/09/2011	relativement mobile sous forme de cations hydratés ou de complexes organiques ou inorganiques	0,21 (fonction de la dureté, susceptible d'être revue)	NF ISO 17294-2	1
chrome VI	µg/l en Cr VI				16/02/2005	chrome VI très soluble contrairement au Cr III	4,1	NF EN ISO 18412	5
cyanures libres	µg/l en CN	50		50	29/09/2011	essentiellement HCN en équilibre avec ions cyanures CN ⁻ dans l'eau (à pH<8, 93% de CN ⁻)	0,114	SPECTROM. D'ABS. MOLEC.	5
cobalt	µg/l en Co				24/04/2006	insoluble dans l'eau, adsorbé par les sédiments ou complexé	0,5	NF ISO 17294-2	1
mercure	µg/l en Hg	1	0,5	1	20/09/2010	composés organiques solubles, variable pour les composés inorganiques	0,24 effets directs (0,01 pour empoisonnement secondaire)	NF ISO 17294-2	0,05
nickel	µg/l en Ni				27/07/2006	dans l'eau, présent comme ion hexahydraté [Ni(H ₂ O) ₆] ²⁺	0,5	NF ISO 17294-2	2
plomb	µg/l en Pb	50		10	03/02/2003	composés inorganiques (PbS, PbCO ₃ , PbSO ₄) peu solubles, composés halogénés (chlorure, bromure, acétates) plus solubles	5	NF ISO 17294-2	1
sélénium	µg/l	10		10	29/09/2011	dans l'eau, en général sous forme d'oxyanions (SeO ₃ ⁻ , SeO ₄ ²⁻ , Se ₂ O ₅ ²⁻ ...)	0,88	NF ISO 17294-2	2
benzène	µg/l				21/03/2006	très volatil et relativement soluble, mobile dans les sédiments	80	NF EN ISO 11423-1	0,2

PNEC nécessitant de revoir les LQ du paramètre analysé

* Annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007

** Annexe III de l'arrêté du 11 janvier 2007 (G : valeurs guides, I : valeurs impératives)

*** PNEC concentration sans effet pour l'environnement (proposition INERIS)

IV.1.9.a. Métaux

Pour la campagne de novembre 2011, l'analyse des métaux a été réalisée sur l'eau non filtrée alors qu'elle avait été demandée à la CDE sur eau filtrée. Une analyse des métaux dissous a donc été réalisée *a posteriori* (plusieurs semaines après) pour tous les échantillons d'eau pour lesquels des métaux avaient été détectés au-dessus des limites de quantification. Pour les résultats des métaux totaux en-dessous des limites de quantification, la valeur sur le dissous est nécessairement inférieure et donc également sous la limite de quantification, il n'a donc pas été nécessaire de refaire l'analyse. C'est l'eau prélevée en novembre 2011 et conservée par le laboratoire d'analyses qui a permis de réaliser ces analyses tardives. Les résultats obtenus sont toutefois à interpréter avec prudence dans la mesure où les délais entre le prélèvement et l'analyse n'auront pas été respectés (norme ISO 5667).

Ainsi, **le fer, le chrome et le nickel** sont présents sur l'ensemble des stations :

- **le fer en quantité importante, notamment à l'étiage de novembre 2011** sur KAOR200 avec 86 µg/l de fer dissous, alors que pour les autres campagnes les teneurs sont comprises entre 1 et 10 µg/l en juin 2012, 19 et 34 µg/l en décembre 2012, 20 et 38 µg/l en juin 2013 ;
- **le chrome et le nickel** en quantité équivalente que ce soit à l'étiage ou en moyennes eaux (teneurs en chrome généralement comprises entre 1 et 10 µg/l et en nickel entre 4 et 16 µg/l).

La présence de ces composés peut être expliquée par le fond géochimique des roches, constitué en majorité de formations ultramafiques ou d'alluvions anciennes latéritiques issues de ces formations (voir carte géologique Figure 3 page 5).

Le chrome VI reste en dessous des limites de quantification (5 µg/l) pour tous les prélèvements et, quelque soit la saison. Par contre, cette limite est supérieure à la PNEC (concentration sans effet prévisible pour l'environnement) de 4,1 µg/l proposée par l'INERIS pour le chrome VI (voir Tableau 27). **Il est recommandé lors des prochaines campagnes d'analyse de descendre cette limite à 4 µg/l ou moins.**

Le nickel est au-dessus des limites de quantification (1 µg/l) pour tous les prélèvements et quelque soit la saison, avec une concentration comprise entre 4 et 16 µg/l. Par contre, cette limite est supérieure à la PNEC (concentration sans effet prévisible pour l'environnement) de 0,5 µg/l proposée par l'INERIS pour le nickel (voir Tableau 27). **Il n'est pas utile compte tenu des concentrations naturellement présentes dans les eaux drainant des roches ultramafiques de descendre cette limite au-dessous de 1 µg/l.**

IV.1.9.b. Cyanures

Dans l'environnement naturel, les plantes, les algues, les champignons, les bactéries ainsi que les arthropodes (insectes, arachnides, crustacés) contiennent des glycosides cyanogéniques produisant des cyanures, notamment du cyanure d'hydrogène. La décomposition des plantes constitue également une source naturelle de cyanure d'hydrogène.

Les gaz d'échappement des automobiles constituent la principale source anthropique de contamination de l'environnement par les cyanures. D'autres émissions provenant des industries chimiques (engrais, caoutchouc synthétique), des industries métallurgiques (fer, acier, extraction de l'or et de l'argent, galvanoplastie), des raffineries de pétrole, des incinérateurs d'ordures ménagères, de la combustion de polyuréthanes, d'acrylonitriles, de polyamides, de bois et de papier, lors d'incendies, ou provenant de la fumée de cigarette ou de traitements par fumigation, contribuent également à la contamination de l'environnement par les cyanures.

Les cyanures sont présents dans les eaux essentiellement sous la forme HCN. A des pH inférieurs à 8, ce qui est le cas des rivières étudiées, la forme cyanure libre est retrouvée à plus de 93 %.

On constate que les cyanures sont présents au-dessus des limites de quantification (5 µg/l) à **l'été 2011 (novembre)** pour les stations Kaoris KAOR200 et Kuébini KUEB300 (5 µg/l) et pour la station Trou Bleu 3-C avec 10 µg/l. Les mesures sur la station Creek Baie Nord 6-T et son duplicata donnent la même valeur : < 5 µg/l pour la campagne d'été et confortent donc la teneur obtenue sur Trou Bleu 3-C pour cette campagne.

En juin 2012, la teneur en cyanures libres est de 6 µg/l et < 5 µg/l sur Creek Baie Nord 6-T et son duplicata respectivement alors qu'elle est < 5 µg/l sur Trou Bleu 3-C et sur les autres stations. Des résultats comparables ont été mesurés en juin 2013. **Il faudra suivre ce paramètre lors des prochaines campagnes d'analyse pour toutes les stations.**

La concentration en cyanures libres sans effet prévisible pour le compartiment aquatique (PNEC) proposée par l'Ineris pour l'eau douce (voir Tableau 27) est de 0,114 µg/l. **Cette concentration est en-dessous des valeurs limites de quantification des méthodes d'analyses du laboratoire de la CDE (5 µg/l) qu'il conviendrait de descendre à 0,1 µg/l lors des prochaines campagnes.**

IV.1.9.c. Autres substances toxiques ou indésirables

On constate que toutes les autres substances analysées sont présentes en quantité inférieure aux limites de quantification hormis :

- **les fluorures dissous** : 0,057 mg/l sur KAOR200 le 20/06/2012 et $\leq 0,01$ $\mu\text{g/l}$ pour toutes les autres campagnes et les autres stations,
- **le mercure dissous** : 1,5 $\mu\text{g/l}$ sur KAOR200 ; 1,10 $\mu\text{g/l}$ sur 6-T ; 0,4 $\mu\text{g/l}$ sur 3-C et 0,3 $\mu\text{g/l}$ sur 1-E le 11/12/2012 alors que les analyses faites le 10/12/2012 sur les autres stations y compris le blanc sont inférieures à la limite de quantification 0,05 $\mu\text{g/l}$, et de même pour les autres campagnes d'analyse,
- **l'étain dissous** : les valeurs mesurées le 11/12/2012 pour ce paramètre sont supérieures à la limite de quantification (1 $\mu\text{g/l}$) avec des teneurs de 2 $\mu\text{g/l}$ pour Trou Bleu 3-C et Kaoris KAOR200 et de 1 $\mu\text{g/l}$ pour Creek Baie Nord 6-T,
- **le titane** en novembre 2011 sur Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E avec une concentration respectivement de 3 et 2 $\mu\text{g/l}$,
- **le soufre sous forme de sulfates dissous SO_4** est présent sur toutes les stations et les campagnes avec des concentrations comprises entre 1,2 et 11,8 mg/l, les teneurs les plus importantes étant observées à Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E,
- **le molybdène** à 8 $\mu\text{g/l}$ sur 1-E en juin 2013,
- **le manganèse** à 0,006 mg/l en novembre 2011 sur Kaoris KAOR200.

Les nitrates et les nitrites sont traités dans le paragraphe suivant se rapportant aux matières organiques.

L'ensemble de ces paramètres sera à surveiller lors des prochaines campagnes et plus particulièrement en période de pluie. L'analyse du soufre étant d'une part, sous-traitée en métropole et, d'autre part, donnant des résultats proportionnels à ceux obtenus par l'analyse des sulfates dissous, on supprimera le paramètre soufre de la liste des paramètres à analyser sur l'eau et l'analyse des sulfates dissous réalisée localement sera maintenue dans cette même liste.

La concentration en mercure sans effet prévisible pour le compartiment aquatique (PNEC) proposée par l'Ineris pour l'eau douce (voir Tableau 27) est de 0,24 $\mu\text{g/l}$ pour les effets directs et 0,01 $\mu\text{g/l}$ pour l'empoisonnement secondaire. Cette dernière valeur de concentration est en-dessous des valeurs limites de quantification des méthodes d'analyses du laboratoire de la CDE (0,05 $\mu\text{g/l}$), ce qui limite l'évaluation de la toxicité de ce composé, pour les poissons, les algues et les invertébrés, pour un effet direct et non pas sur le long terme dans l'eau douce.

IV.1.10. Présence de matières organiques

IV.1.10.a. Carbone organique (COT, DBO₅, DCO)

Les teneurs en carbone organique mesurées au moyen de la **demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO₅) et du carbone organique total (COT) sont faibles** dans toutes les stations d'étude (inférieures ou égales à 3 mg/l pour la DBO₅ filtrée et à 10 mg/l pour la DCO filtrée), ce qui indique des eaux peu chargées en matières organiques. Les valeurs les plus élevées (DCO filtrée comprise entre 4 et 9 mg/l) ont été observées en décembre 2012, après les pluies qui ont précédé les prélèvements, mais aussi en juin 2012, avec 6 mg/l en O₂ à la station Kaoris KAOR200 et 7 mg/l en O₂ à la station Creek Baie Nord 6-T.

IV.1.10.b. Matières azotées et phosphorées

Les **nitrites** sont omniprésents sur Kwë 1-E : 0,3 mg/l en NO₃ en novembre 2011, 0,84 mg/l en NO₃ en juin 2012, 0,69 mg/l en NO₃ en décembre 2012 et 1 mg/l en NO₃ en juin 2013. On les retrouve également de façon plus sporadique sur les stations Kaoris KAOR200 en juin 2012, Creek Baie Nord 6-T en juin et décembre 2012 et juin 2013, Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 en novembre 2011 et décembre 2012.

Les teneurs en **nitrites NO₂ et en ammonium NH₄ dissous** sont généralement inférieures à la limite de quantification (0,01 mg/l pour les NO₂ et NH₄ dissous respectivement), sauf sur Kaoris KAOR200 où l'on mesure 0,05 mg/l en NO₂ dissous en juin 2012. De même, sur Creek Baie Nord 6-T, une teneur de 0,02 mg/l de NH₄ dissous a été mesurée en juin 2013.

De même, les concentrations en phosphore P et en phosphates PO₄ sont inférieures à la limite de quantification pour toutes les stations d'étude et à chaque campagne (<0,1 mg/l en P et PO₄ respectivement), sauf sur 6-T où l'on mesure 0,331 mg/l en PO₄ en juin 2012 alors qu'il n'est pas détecté sur le duplicata de la même station. **Cette valeur de 0,331 mg/l en PO₄ peut donc être écartée.**

La concentration en ammoniac NH₃ sans effet prévisible pour le compartiment aquatique (PNEC) proposée par l'Ineris pour l'eau douce (voir Tableau 27) est de 0,074 mg/l en NH₃. Cette concentration est au-dessus des valeurs limites de quantification des méthodes d'analyse du laboratoire de la CDE (0,01 mg/l) **ce qui permet une bonne appréciation de la toxicité de ce composé à long terme dans l'eau douce.** Les résultats obtenus sont de plus en-dessous de la limite de quantification et donc du PNEC. Par conséquent, si cette tendance se confirme sur les autres campagnes de prélèvement, l'ammoniac ne poserait pas de problème de toxicité pour les poissons, les algues et les invertébrés. Les autres formes de

l'azote pouvant poser des problèmes de toxicité (NO₂ et NO₃) n'ont pas été évaluées par l'INERIS.

IV.1.11. Paramètres concernant les micropolluants organiques

Pour les stations où des analyses en **PCB (polychlorobiphényles)**, **BTEX (Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques)**, **COV (composés organiques halogénés volatils)**, **HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)**, **AOX (composés organiques halogénés adsorbables)**, phénols, hydrocarbures totaux ont été réalisées (liste complète sur Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E uniquement), les concentrations mesurées restent inférieures aux limites de quantification pour les quatre campagnes sauf pour les AOX et les COV.

Les AOX ont été mesurés sur 6-T à 0,023 mg/l en juin 2012 et 0,010 mg/l en décembre 2012 (soit la valeur de la limite de quantification) ; sur Kaoris KAOR200 avec 0,015 mg/l en juin 2013, sur Kwë 1-E à 0,013 mg/l en juin 2012 et à 0,058 mg/l en juin 2013 mais en-dessous de la limite de détection à 0,010 mg/l pour le duplicata. **Il serait intéressant de rajouter ce paramètre sur la liste réduite des prochaines campagnes d'analyse afin de connaître sa teneur sur les stations de référence, voire sur un blanc de terrain.**

Les COV sont décelés en faible concentration sur Kwë 1-E en décembre 2012 avec 0,5 µg/l de chloroforme et 1 µg/l de tétrachloroéthylène et tétrachlorure de carbone.

IV.1.12. Paramètres microbiologiques (*E. coli*, entérocoques, coliformes totaux)

Ces paramètres n'ont été mesurés qu'à l'étiage. Seule la station Wajana WAJA300 présente des teneurs en germes relativement élevées (644 germes/100 ml pour *E. coli*), témoignant d'une contamination fécale. Lors des prélèvements, des baigneurs étaient présents dans la retenue et le site est régulièrement fréquenté pour la baignade. Les autres stations présentent de faibles concentrations en micro-organismes, quelque soit la saison.

IV.1.13. Autres paramètres

On note, que la concentration en silicium dissous à la base du squelette des diatomées, est relativement similaire d'un cours d'eau à l'autre et globalement faible (entre 3 et 8 mg/l).

L'aluminium dissous est omniprésent en faible concentration sur toutes les stations (entre 0,001 et 0,050 mg/l) et pour toutes les campagnes. En juin 2012, des teneurs importantes sont mesurées notamment à la station Creek Baie Nord 6-T (0,441 mg/l) mais le duplicata réalisé à cette station a une concentration beaucoup plus faible de 0,020 mg/l. L'écart entre

l'échantillon de terrain et son duplicata est beaucoup trop important pour exploiter les mesures d'aluminium dissous pour la campagne de juin 2012.

Les teneurs en pigments chlorophylliens, inférieures à 1,8 µg/l, **classent les eaux étudiées en milieu ultraoligotrophe** (Barbe *et al.*, 2003). Ceci est cohérent avec la faible teneur en nutriments (matières organiques, phosphates) dans les eaux des rivières étudiées et les faibles teneurs en ions majeurs de façon plus générale.

La station Creek Baie Nord 6-T présente pour toutes les campagnes d'échantillonnage des teneurs importantes en ions **hydrogénocarbonates HCO₃**, entre 40,9 et 59,6 mg/l HCO₃.

IV.1.14. Comparaison de la qualité des eaux des stations sous influence du projet industriel et minier de Vale NC avec les stations choisies comme stations de référence sur la base des paramètres analysés sur l'eau par Hytec

Ce premier exercice permet de comparer la qualité des stations de rivière soumises à des pollutions (point de catégorie 1) avec leur station de référence pressentie (catégorie 3) en tenant compte des résultats obtenus sur les échantillons de contrôle de la qualité. Une analyse plus poussée des résultats obtenus est effectuée dans le rapport de phase 2 relatif à l'état de référence.

IV.1.14.a. Comparaison de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la station Creek Baie Nord 6-T et de sa station de référence Kaoris KAOR200

➤ **En novembre 2011 (étiage)**

On constate peu d'écart entre Kaoris KAOR200 et Creek Baie Nord 6-T hormis en ce qui concerne (**en gras, les écarts significatifs**) :

- l'aluminium dissous mais les écarts restent négligeables compte tenu qu'ils sont proches de la limite de quantification de 0,001 mg/l (0,002 mg/l sur Creek Baie Nord 6-T, y compris pour le duplicata contre 0,003 mg/l à Kaoris KAOR200)
- **les cations et anions** (carbonates CO₃, hydrogénocarbonates HCO₃, magnésium Mg, potassium K, chlorures Cl) 1,5 à 2 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T, **sulfates dissous** 3 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T (5 mg/l environ sur Creek Baie Nord 6-T contre 1,7 mg/l à Kaoris KAOR200) ;
- le silicium (total et dissous) 1,5 fois plus concentrée sur Creek Baie Nord 6-T ;
- **le fer total, le nickel total et le chrome total** 2 fois plus concentré à la station de référence Kaoris KAOR200 (fer total à 0,099 mg/l contre 0,060 mg/l, nickel total à 15 µg/l contre 8 à 9 µg/l et chrome total à 19 µg/l contre 8 µg/l pour Creek Baie

Nord 6-T), les prochaines campagnes permettront de confirmer ou non cette tendance ;

- **le manganèse** avec 0,006 mg/l à la station de référence Kaoris KAOR200 n'a pas été détecté sur Creek Baie Nord 6-T (limite de quantification à 0,001 mg/l) ;
- **les pigments chlorophylliens** 15 à 20 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T.

N.B. : l'aluminium total n'est pas pris en considération compte tenu des écarts sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **En juin 2012 (moyennes eaux)**

On constate peu d'écart entre Kaoris KAOR200 et Creek Baie Nord 6-T hormis en ce qui concerne **(en gras, les écarts significatifs)** :

- **les cations et anions** (hydrogénocarbonates HCO_3 , magnésium Mg, potassium K, chlorures Cl) également 1,5 à 2 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T, **sulfates dissous** 5 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T (10,3/9,8 mg/l environ sur Creek Baie Nord 6-T) ;
- **le fer, le nickel et le chrome** ne sont plus analysés que sur le **dissous** avec des teneurs équivalentes entre Kaoris KAOR200 et Creek Baie Nord 6-T ;
- **les fluorures dissous** non détectés sur Creek Baie Nord 6-T (limite de quantification à 0,01 mg/l en F) et avec 0,06 mg/l sur Kaoris KAOR200 ;
- **les nitrites** non détectés de Creek Baie Nord 6-T et avec 0,05 mg/l en NO_2 sur Kaoris KAOR200; les nitrites sont des composés instables présents lorsque le milieu est réducteur et présente une toxicité pour les organismes aquatiques. **Il est à surveiller sur ce cours d'eau lors des prochaines campagnes ;**
- **les pigments chlorophylliens** 15 à 20 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T.

N.B. : l'aluminium dissous et le fer dissous ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **En décembre 2012 (débits importants)**

On constate peu d'écart entre Kaoris KAOR200 et Creek Baie Nord 6-T hormis en ce qui concerne **(en gras, les écarts significatifs)** :

- **une conductivité** plus élevée sur Creek Baie Nord 6-T (119 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C contre 77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Kaoris KAOR200), mais qui reste dans les valeurs habituellement admises pour ce type de cours d'eau sur substrat ultramafique ;
- **une charge sédimentaire** plus importante sur Creek Baie Nord 6-T avec une teneur en **matières en suspension (MES)** de 8 mg/l et égale à la limite de

- quantification (1 mg/l) à Kaoris KAOR200 et une turbidité plus importante sur Creek Baie Nord 6-T (2,37 NFU) et de 0,5 NFU à Kaoris KAOR200 ;
- les cations et anions (calcium Ca, sulfates dissous SO₄, magnésium Mg, potassium K, carbonates CO₃ et hydrogénocarbonates HCO₃) environ 2 à 4 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T ;
 - le nickel dissous environ 1,5 fois plus concentré à la station de référence Kaoris KAOR200 (nickel dissous à 13 µg/l contre 9 µg/l respectivement), voire non détecté pour l'étain dissous à 2 µg/l sur Creek Baie Nord 6-T (limite de quantification à 1 µg/l) ;
 - **la présence de mercure dissous (substance toxique)** avec 1,5 µg/l à la station de référence Kaoris KAOR200 et 1,10 µg/l à la station Creek Baie Nord 6-T, à confirmer lors des prochaines campagnes pour les deux stations.

N.B. : la DCO filtrée, le calcium et le fer dissous ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ En juin 2013

On constate peu d'écart entre Kaoris KAOR200 et Creek Baie Nord 6-T hormis en ce qui concerne **(en gras, les écarts significatifs)** :

- une conductivité plus élevée sur Creek Baie Nord 6-T (151 µS/cm à 25°C sur Creek Baie Nord 6-T contre 79 µS/cm à Kaoris KAOR200), mais qui reste dans les valeurs habituellement admises pour ce type de cours d'eau sur substrat ultramafique ;
- **une charge sédimentaire** plus importante sur Creek Baie Nord 6-T avec une turbidité plus importante sur Creek Baie Nord 6-T (5,38 NFU) et de 0,24 NFU à Kaoris KAOR200 ;
- le silicium (total et dissous) 1,5 fois plus concentré sur Creek Baie Nord 6-T ;
- les cations et anions (calcium Ca, sulfates dissous SO₄, carbonates CaCO₃, chlorures Cl) environ 1,5 à 8 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T, voire non détectés sur Kaoris KAOR200 (ammonium NH₄ dissous et nitrates NO₃ sous forme totale et dissoute) ;
- **le soufre**, en corrélation avec les sulfates dissous, 8 fois plus concentré sur Creek Baie Nord 6-T ;
- le manganèse Mn non détecté sur Kaoris KAOR200 (limite de quantification de 0,001 mg/l) présent sur Creek Baie Nord 6-T avec 0,004 mg/l ;
- le nickel dissous environ 1,5 fois plus concentré à la station de référence Kaoris KAOR200 (16 µg/l contre 11 µg/l pour Creek Baie Nord 6-T) alors que pour le fer dissous les teneurs sont équivalentes ;
- le mercure dissous n'est détecté ni sur Kaoris KAOR200, ni sur Creek Baie Nord 6-T ;
- **les pigments chlorophylliens** 50 fois plus concentrés sur Creek Baie Nord 6-T.

N.B. : les composés organiques halogénés, le sodium, les hydrogénocarbonates, le magnésium et le potassium ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **Synthèse de la comparaison de la qualité des eaux entre Creek Baie Nord 6-T et sa station de référence Kaoris KAOR200 pour les 4 campagnes d'échantillonnage :**

On retrouve une qualité globalement équivalente pour la plupart des paramètres analysés avec une teneur plus importante sur Creek Baie Nord 6-T pour la charge organique et sédimentaire et quelques ions majeurs, en particulier les sulfates dissous ainsi que les pigments chlorophylliens :

* charge sédimentaire : turbidité entre 2,37 et 5,38 NFU pour Creek Baie Nord 6-T en décembre 2012 et en juin 2013 ; matières en suspension MES : 8 mg/l pour Creek Baie Nord 6-T en juin 2013 ;

* ions majeurs (calcium Ca, chlorures Cl, sulfates dissous SO_4 , hydrogénocarbonates HCO_3 , magnésium Mg, potassium K) quelque soit la saison (sauf pour le calcium présent en quantité équivalente sur les deux stations en novembre 2011), corrélée à une conductivité également plus élevée (comprise entre 119 et 155 $\mu S/cm$ à 25°C pour Creek Baie Nord 6-T) ;

* nitrates NO_3 dissous (0,4 mg/l en NO_3) et ammonium NH_4 dissous (0,02 mg/l en NH_4) en juin 2013 pour Creek Baie Nord 6-T, non détectés sur Kaoris KAOR200 ;

* pigments chlorophylliens (entre 0,05 et 2,50 $\mu g/l$ pour la chlorophylle a pour Creek Baie Nord 6-T);

* composés organiques halogénés présents à l'état de trace (limite de quantification de 0,01 mg/l en AOX) pour Creek Baie Nord 6-T en décembre 2012 (non détectés en juin 2013 sur Creek Baie Nord 6-T, ni sur Kaoris KAOR200).

A contrario, la station Kaoris KAOR200 présente des teneurs plus importantes que sur Creek Baie Nord 6-T pour certains métaux associés au fond géochimique des roches :

* nickel Ni dissous (15 $\mu g/l$), chrome Cr (19 $\mu g/l$) et fer Fe (0,099 mg/l) en novembre 2011, nickel Ni dissous (13 $\mu g/l$) en décembre 2012 et en juin 2013 (16 $\mu g/l$) sur Kaoris KAOR200 ;

mais aussi pour :

* étain dissous (2 $\mu g/l$) présent sur Kaoris KAOR200 en décembre 2012, non détecté sur Creek Baie Nord 6-T ;

* fluorures dissous (0,057 mg/l) et nitrites (0,05 mg/l en NO₂) sur Kaoris KAOR200 en juin 2012 (non détectés sur Creek Baie Nord 6-T).

Le manganèse est présent sur Kaoris KAOR200 en novembre 2011 (0,006 mg/l total et 0,001 mg/l dissous), non détecté sur Creek Baie Nord 6-T, et inversement présent sur Creek Baie Nord 6-T en juin 2013 (0,004 mg/l en dissous), non détecté sur Kaoris KAOR200.

Du mercure dissous (substance toxique) a été trouvé en décembre 2012 aux deux stations (1,5 µg/l à Kaoris KAOR200 et 1,1 µg/l à Creek Baie Nord 6-T), non détecté en juin 2013 sur ces mêmes stations.

IV.1.14.b. Comparaison de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux entre la station Kwë 1-E et sa station de référence Trou Bleu 3-C

➤ **En novembre 2011 (étiage)**

On constate peu d'écart entre Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E hormis pour **(en gras, les écarts significatifs)** :

- une eau légèrement plus turbide sur Kwë 1-E (0,4 NFU), et moins de 0,01 NFU sur Trou Bleu 3-C ;
- les cations et anions, avec le potassium K deux fois plus concentré sur Kwë 1-E (0,2 mg/l) contre 0,1 mg/l à Trou Bleu 3-C **et les sulfates dissous** environ deux fois plus concentrés sur Kwë 1-E (2,8 mg/l en SO₄) ;
- les carbonates (0,3 mg/l en CaCO₃) et les nitrates à 0,3 mg/l en NO₃ sur Kwë 1-E, non détectés sur Trou Bleu 3-C (limite de quantification à 0,1 mg/l en CaCO₃ et NO₃ respectivement) ;
- le silicium légèrement plus concentré sur Kwë 1-E, que ce soit sous forme dissoute ou totale ;
- le chrome environ deux fois plus concentré sur Kwë 1-E, que ce soit sous forme dissoute ou totale (10 µg/l sur Kwë 1-E contre 6 µg /l sur Trou Bleu 3-C pour la forme totale) ;
- **la présence de cyanures (substance toxique) à confirmer sur la station de référence** Trou Bleu 3-C avec **10 µg/l en CN**, non détectés sur Kwë 1-E (limite de quantification à 5 µg/l) ;
- les pigments chlorophylliens (chlorophylle a) 3 fois plus concentrés sur Kwë 1-E mais teneurs faibles (0,09 µg/l).

N.B. : l'aluminium n'est pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **En juin 2012 (moyennes eaux)**

On constate peu d'écart entre Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E hormis pour **(en gras, les écarts significatifs)** :

- une eau plus turbide et plus colorée sur Kwë 1-E (3,93 NFU et 4 mg/l sur l'échelle Pt/Co), 0,1 NFU et 1 mg/l sur l'échelle Pt/Co pour Trou Bleu 3-C ;
- une charge organique (demande biochimique en oxygène sur 5 jours DBO₅) faible mais plus importante sur Kwë 1-E avec 3 mg/l en O₂ (1 mg/l en O₂ sur Trou Bleu 3-C) ;
- **les sulfates dissous** 3 fois plus concentrés sur Kwë 1-E avec 6,4 mg/l en SO₄ (2,0 mg/l en SO₄ sur Trou Bleu 3-C),
- les pigments chlorophylliens (chlorophylle a) 2 fois plus concentrés sur Kwë 1-E mais teneurs faibles (0,09 µg/l).

N.B. : l'aluminium (total et dissous), les nitrates et le silicium ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **En décembre 2012 (débits importants)**

On constate peu d'écart entre Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E hormis pour **(en gras, les écarts significatifs)** :

- une turbidité plus importante sur Kwë 1-E avec 5,74 NFU pour 0,1 NFU sur Trou Bleu 3-C corrélée à une teneur en matières en suspension MES également plus importante, respectivement 7 et 1 mg/l,
- l'eau par contre est plus colorée sur Trou Bleu 3-C (5 mg/l sur l'échelle Pt/Co), pour 2 mg/l sur l'échelle Pt/Co sur Kwë 1-E ;
- **les sulfates dissous** 4 fois plus concentrés sur Kwë 1-E avec 5,63 mg/l en SO₄ (1,48 mg/l en SO₄ sur Trou Bleu 3-C),
- le chrome dissous 3 fois plus concentrés sur Kwë 1-E (6 µg/l), l'écart reste négligeable compte tenu de la valeur de la limite de quantification à 1 µg/l ;
- le manganèse avec 0,003 mg/l et les fluorures dissous avec 0,011 mg/l sur Kwë 1-E n'ont pas été détectés à la station de référence Trou Bleu 3-C (limite de quantification de 0,001 mg/l et 0,01 mg/l respectivement) ;
- l'étain dissous à 2 µg/l sur Trou Bleu 3-C n'a pas été détecté sur Kwë 1-E (limite de quantification à 1 µg/l) ;
- **la présence anormale de mercure dissous (substance toxique) à confirmer sur les deux stations** (0,30 µg/l sur Kwë 1-E et 0,4 µg/l sur Trou Bleu 3-C) ;

- **les pigments chlorophylliens** avec la chlorophylle a 1,5 fois plus concentrée sur Trou Bleu 3-C mais teneurs faibles (1,582 µg/l) et la phéophytine a environ 10 fois plus concentrée sur Trou Bleu 3-C mais teneurs faibles (0,650 µg/l).

N.B. : la DCO filtrée, l'azote total et les nitrates ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **En juin 2013**

La comparaison est effectuée avec le duplicata de Kwë 1-E : Kwë 1-E dupli (voir § IV.1.8.b. sur la comparaison chimique des eaux au moyen du diagramme de Piper). On constate peu d'écart entre Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E dupli hormis pour (**en gras, les écarts significatifs**) :

- une **turbidité** plus importante sur Kwë 1-E avec 4,35 NFU et moins de 0,01 NFU sur Trou Bleu 3-C ;
- le **silicium** 1,5 à 2 fois plus concentré sur Kwë 1-E, que ce soit sous forme dissoute ou totale ;
- **les sulfates dissous** 3,5 fois plus concentrés sur Kwë 1-E avec 7,2 mg/l en SO₄ (2,0 mg/l en SO₄ sur Trou Bleu 3-C),
- le **fer dissous** 2 fois plus concentré sur Kwë 1-E avec 0,038 mg/l (0,020 mg/l sur Trou Bleu 3-C) ;
- le **manganèse** avec 0,003 mg/l sur Kwë 1-E est présent à la station de référence Trou Bleu 3-C à la limite de quantification de 0,001 mg/l ;
- les nitrates avec 1,0 mg/l en NO₃ sur Kwë 1-E n'ont pas été détectés à la station de référence Trou Bleu 3-C (limite de quantification de 0,2 mg/l) ;
- **le soufre**, en corrélation avec les sulfates dissous, 3,5 fois plus concentré sur Kwë 1-E ;
- le **nickel dissous** environ 1,5 fois plus concentré sur Kwë 1-E (15 µg/l contre 10 µg/l pour la station de référence Trou Bleu 3-C).

N.B. : les ions hydrogénocarbonates, potassium et calcium, le chrome dissous et les composés organiques halogénés ne sont pas pris en considération compte tenu des écarts importants sur les échantillons de contrôle de la qualité.

➤ **Synthèse de la comparaison de la qualité des eaux entre Kwë 1-E et sa station de référence Trou Bleu 3-C pour les 4 campagnes d'échantillonnage :**

On retrouve une qualité globalement équivalente entre Kwë 1-E et sa station de référence Trou Bleu 3-C pour la plupart des paramètres analysés avec une turbidité ainsi qu'une teneur en ions majeurs, plus particulièrement en sulfates dissous, plus importantes sur Kwë 1-E. Ainsi, pour ces deux cours d'eau les fourchettes de valeurs obtenues pour les paramètres suivants sont :

* la turbidité pour toutes les campagnes (entre 0,4 et 5,74 NFU) et matières en suspension MES (7 mg/l) en décembre 2012 (pluie) ;

* les sulfates dissous pour toutes les campagnes (entre 2,8 et 7,2 mg/l), plus particulièrement hors étiage et le soufre, analysé uniquement en juin 2013, en corrélation avec les sulfates dissous ;

* le silicium légèrement plus concentré sur Kwë 1-E, que ce soit sous forme dissoute ou totale (entre 4 et 14 mg/l sous forme totale), en novembre 2011 et juin 2013 ;

* les nitrates sur Kwë 1-E en novembre 2011 (teneurs faibles) et juin 2013 (1,0 mg/l en NO₃), légère charge organique (DBO₅) en juin 2012 (3 mg/l en O₂) ;

* des pigments chlorophylliens en novembre 2011 et juin 2012 (teneurs faibles variant peu avec les saisons comprises entre 0,054 et 0,09 µg/l pour la chlorophylle a) ;

* des métaux associés au fond géochimique : le chrome en novembre 2011 et décembre 2012 (chrome total entre 6 et 10 µg/l sur Kwë 1-E), le fer dissous (0,038 mg/l) et le nickel dissous (15 µg/l) en juin 2013 ;

* du manganèse (0,003 mg/l sur Kwë 1-E) en décembre 2012 et juin 2013.

Des fluorures dissous (0,011 mg/l) ont été mesurés sur Kwë 1-E en décembre 2012, non détectés à la station de référence Trou Bleu 3-C (limite de quantification de 0,01 mg/l).

A contrario, la station Trou Bleu 3-C a une eau plus colorée (5 mg/l sur l'échelle Pt/Co) en décembre 2012 que Kwë 1-E. Des cyanures (10 µg/l en CN) ont été trouvés en novembre 2011 et de l'étain dissous (2 µg/l) en décembre 2012 (absents de Kwë 1-E).

Du mercure dissous (substance toxique) a été trouvé en décembre 2012 aux deux stations (0,30 µg/l sur Kwë 1-E et 0,4 µg/l sur Trou Bleu 3-C), non détecté en juin 2013.

IV.1.15. Principales caractéristiques physico-chimiques des stations suivies (qualité de l'eau)

L'exploitation des résultats d'analyse physico-chimiques et bactériologiques réalisées par Hytec montre de façon générale :

- des **eaux ultra-oligotrophes** compte tenu de la faible teneur en pigments chlorophylliens, en cohérence avec la faible teneur en nutriments (matières organiques, phosphates) et les faibles teneurs en ions majeurs de façon plus générale ;
- **des eaux faiblement minéralisées** et qui présentent toutes un faciès similaire, de type bicarbonaté, calcique et magnésien. Ces ions restent toutefois présents en quantité faible hormis le magnésium, ce qui reste une caractéristique des eaux des rivières néo-calédoniennes expliquée par le fond géologique (Mary, 1999) ;
- la présence de certains **métaux vraisemblablement associée au fond géochimique** (même substrat géologique sur l'ensemble des stations) : **fer dissous** en concentration variant entre 1 et 86 µg/l (maximale sur Kaoris KAOR200 en novembre 2011), et des concentrations relativement stables en **chrome dissous** sous forme de CrIII (entre 1 et 10 µg/l) (absence de Cr VI) et **nickel dissous** (entre 4 et 16 µg/l) pour toutes les autres stations de suivi ;
- des teneurs en **ammonium NH₄ et nitrites NO₂ inférieures à la limite de quantification** (0,01 mg/l pour les NO₂ et NH₄ dissous respectivement), sauf sur Kaoris KAOR200 où l'on a mesuré 0,05 mg/l en NO₂ dissous en juin 2012 ;
- la **présence quasi permanente de nitrates sur Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T** (entre 0,2 et 1 mg/l en NO₃), plus sporadique sur les stations de référence Kaoris KAOR200, Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 ; de plus, suite aux résultats obtenus sur les échantillons de contrôle de qualité, notamment pour les campagnes de juin et décembre 2012, **une incertitude de 0,1 mg/l en NO₃ est à prendre en compte pour les mesures de NO₃ dissous ;**
- la présence ponctuelle de substances indésirables ou toxiques : **manganèse** en faible quantité sur Kwë 1-E, Creek Baie Nord 6-T et Kaoris KAOR200, **fluorures dissous** sur Kwë 1-E et Kaoris KAOR200, **composés organiques halogénés** sur Creek Baie Nord 6-T, **cyanures libres** sur Trou Bleu 3-C, nitrites sur Kaoris KAOR200, **étain dissous** sur Trou Bleu 3-C, Kaoris KAOR200 et Wajana WAJA300,
- la présence de **mercure dissous** (toxique) pour les stations Kaoris KAOR200, Creek Baie Nord 6-T, Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E échantillonnées le 11 décembre 2012 (les échantillons de contrôle de qualité réalisés la veille ne contiennent pas de mercure dissous),
- la présence de **cyanures libres** sur les stations de référence Trou Bleu 3-C (10 µg/l) mais aussi Kaoris KAOR200 et Kuébini KUEB300 (limite de quantification de 5 µg/l) en novembre 2011,
- l'absence de **phosphates**, facteur limitant dans les phénomènes d'eutrophisation en cas d'apport de matières organiques (le peu de phosphates présents sera consommé avant les nitrates pour la croissance des plantes),
- l'absence de **pesticides** en décembre 2012 et juin 2013 dans l'eau de rivière de la station Creek Baie Nord 6-T,

- l'absence de **PCB (polychlorobiphényles)**, **BTEX (Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques)**, **HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)** sur les stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E où ces composés ont été recherchés (liste complète de paramètres physico-chimiques).

IV.1.15.a. Particularités de la qualité des eaux des stations impactées (catégorie 1)

Les analyses effectuées sur l'eau de rivière confirment que **les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T se distinguent des stations de référence par :**

- une turbidité et une teneur en ions majeurs (chlorures et hydrogénocarbonates sur Creek Baie Nord 6-T, magnésium) et plus particulièrement en sulfates dissous, corrélée à une conductivité plus importantes pour toutes les campagnes,
- la présence de nitrates et de pigments chlorophylliens en faible quantité mais plus importantes que dans les stations de référence.

* **Creek Baie Nord 6-T** : cette station se distingue des autres stations par des eaux moyennement minéralisées (conductivité comprise entre 120 et 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$, supérieure aux autres stations) et des teneurs en ions majeurs (magnésium, potassium, sodium, chlorures), silicium, chlorophylle a ($> 0,7 \mu\text{g}/\text{l}$) et sulfates dissous (entre 5 et 11,8 mg/l en SO_4) relativement élevées par rapport aux autres stations suivies, notamment les stations de référence, mais aussi des teneurs en nitrates comprises entre 0,3 et 0,6 mg/l qui semblent augmenter en période de débits plus soutenus au même titre que les sulfates dissous. Les autres caractéristiques observées sont :

- des eaux légèrement turbides (fond visible, pas d'eaux rouges) (turbidité comprise entre 1,33 et 5,38 NTU).
- la présence quasi permanente de nitrates : 0,49 / 0,39 mg/l en NO_3 en juin 2012, 0,29 mg/l en NO_3 en décembre 2012 et 0,4 mg/l en NO_3 en juin 2013.
- pour toutes les campagnes d'échantillonnage, des teneurs importantes en ions hydrogénocarbonates HCO_3 (entre 40,9 et 59,6 mg/l HCO_3).
- la présence de substances toxiques et/ou indésirables : mercure dissous (1,1 $\mu\text{g}/\text{l}$) en décembre 2012, traces d'étain dissous (1 $\mu\text{g}/\text{l}$) en décembre 2012 et de titane (3 $\mu\text{g}/\text{l}$) en novembre 2011.
- la présence de micropolluants organiques : AOX (composés organiques halogénés adsorbables) à 0,023 mg/l en juin 2012 et 0,010 mg/l en décembre 2012 (limite de quantification à 0,01 mg/l).

* **Kwë 1-E** : eau légèrement turbide (turbidité comprise entre 0,4 et 5,74 NTU) (fond visible, pas d'eaux rouges) et moyennement minéralisées (conductivité de 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'étiage et de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ environ en moyennes eaux) ; teneurs en ions majeurs (magnésium, potassium) relativement élevées par rapport aux autres stations suivies, notamment les stations de référence ; teneurs en sulfates dissous importantes hors étiage 2011 ($> 5,63 \text{ mg/l}$ en SO_4) qui semblent augmenter en période de débits plus soutenus ; concentrations en chlorophylle a relativement faibles (comprises entre 0,05 et 0,09 $\mu\text{g/l}$) ; teneurs en nitrates comprises entre 0,4 et 1,2 mg/l qui semblent augmenter avec le débit. Les autres caractéristiques sont :

- la présence permanente de nitrates : 0,3 mg/l en NO_3 en novembre 2011, 0,84 mg/l en NO_3 en juin 2012, 0,69 mg/l en NO_3 en décembre 2012 et 1 mg/l en NO_3 en juin 2013.
- la présence de substances toxiques et/ou indésirables : mercure dissous (0,3 $\mu\text{g/l}$) en décembre 2012, molybdène dissous (8 $\mu\text{g/l}$) en juin 2013, traces de titane (2 $\mu\text{g/l}$) en novembre 2011.
- la présence de micropolluants organiques : COV (composés organiques halogénés volatils), en décembre 2012 avec 0,5 $\mu\text{g/l}$ de chloroforme et 1 $\mu\text{g/l}$ de tétrachloroéthylène et tétrachlorure de carbone ; AOX (composés organiques halogénés adsorbables) à 0,013 mg/l en juin 2012 et à 0,058 mg/l en juin 2013 mais en-dessous de la limite de détection à 0,01 mg/l pour le duplicata (limite de quantification à 0,01 mg/l).

IV.1.15.b. Particularités de la qualité des eaux des stations de référence (catégorie 3)

* **Kaoris KAOR200** : faible conductivité en moyennes eaux (70 à 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$), plus forte à l'étiage (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ environ) ; faibles teneurs en ions majeurs, évoluant peu dans le temps, et en chlorophylle a ($< 0,05 \mu\text{g/l}$). Eaux limpides (turbidité $< 1 \text{ NTU}$) ; teneurs en sulfates dissous inférieures à 2 mg/l en SO_4 et en nitrates inférieures à 0,2 mg/l en général (sauf en juin 2012 avec 0,63 mg/l de NO_3). On note :

- la présence de fer sous forme dissoute en quantité importante à l'étiage de novembre 2011 avec 86 $\mu\text{g/l}$, mais plus faible pour les autres campagnes de prélèvements (entre 2 et 30 $\mu\text{g/l}$), et de manganèse (0,006 mg/l) en novembre 2011.
- la présence de nitrates : 0,63 mg/l en NO_3 en juin 2012.
- la présence de nitrites NO_2 toxiques pour les organismes aquatiques en juin 2012 : 0,05 mg/l en NO_2 dissous.
- la présence de substances toxiques et/ou indésirables : traces de cyanures (5 $\mu\text{g/l}$) en novembre 2011, fluorures dissous (0,057 mg/l) en juin 2012, mercure dissous (1,5 $\mu\text{g/l}$) et traces d'étain dissous (2 $\mu\text{g/l}$) en décembre 2012.

- la présence de micropolluants organiques : AOX (composés organiques halogénés adsorbables), 0,015 mg/l en juin 2013 (mesure à considérer avec prudence compte tenu de l'écart important sur Kwë 1-E sur le duplicata) (limite de quantification à 0,01 mg/l).

* **Trou Bleu 3-C** : conductivité faible en moyennes eaux (70 à 80 $\mu\text{S/cm}$), moyenne en étiage (100 $\mu\text{S/cm}$ environ) ; faibles teneurs en ions majeurs et en nitrates (<0,2 mg/l en NO_3) qui semblent augmenter en période de débits plus soutenus, en sulfates dissous ($\leq 2,2$ mg/l en SO_4), en chlorophylle a (<0,05 $\mu\text{g/l}$) et en chrome dissous (<5 $\mu\text{g/l}$). Eaux très faiblement turbides (turbidité en général inférieure à 1 NTU). On note la présence de substances toxiques et/ou indésirables (cyanures (10 $\mu\text{g/l}$) en novembre 2011).

* **Wajana WAJA300** : conductivité faible en moyennes eaux (70 à 80 $\mu\text{S/cm}$), plus forte en étiage (100 $\mu\text{S/cm}$ environ) ; faibles teneurs en ions majeurs et en nitrates (<0,2 mg/l en NO_3), en chlorophylle a (<0,05 $\mu\text{g/l}$), en sulfates dissous (<2 mg/l en SO_4). Eaux limpides (turbidité en général inférieure à 1 NTU). On note la présence de substances toxiques et/ou indésirables : traces d'étain dissous (2 $\mu\text{g/l}$) en décembre 2012.

De plus, une pollution bactériologique (644 *E. coli*/100ml) a été mesurée en novembre 2011 (présence de baigneurs) associée à une teneur en nitrates plus élevée (0,4 mg/l en NO_3). Les nitrates étaient également présents en décembre 2012 (0,17 mg/l en NO_3) et antérieurement. Un contrôle physico-chimique et bactériologique des eaux effectué par la Davar en 2011 et 2012 à la cote 155 m où est prévu la construction d'un nouveau captage pour remplacer l'ancien captage situé à la cote 50 m a donné les valeurs suivantes : 0,4 mg/l en NO_3 le 23/11/2011 et 0,5 mg/l en NO_3 le 02/10/2012. **L'origine de ces nitrates est difficile à appréhender sur ce bassin versant dépourvu d'activité. La pollution bactériologique semble par contre limitée à la zone de baignade et n'affecte pas la qualité des eaux en amont** (0 et <4 UFC/100 ml en *E. coli* et 17 et <1 UFC/100 ml en entérocoques en novembre 2011 et octobre 2012 respectivement).

* **Kuébini KUEB300** : conductivité faible en moyennes eaux (70 à 80 $\mu\text{S/cm}$), plus importante en étiage (100 $\mu\text{S/cm}$ environ) ; faibles teneurs en ions majeurs, évoluant peu avec le temps, en chlorophylle a (<0,05 $\mu\text{g/l}$), en nitrates (< 0,2 mg/l) et en sulfates dissous (<2 mg/l). Eaux limpides (turbidité inférieure en général à 1 NTU). On note de plus :

- la présence de substances toxiques et/ou indésirables : traces de cyanures (5 $\mu\text{g/l}$) en novembre 2011.
- la présence de nitrates : 0,2 mg/l en NO_3 en novembre 2011 et 0,11 mg/l en NO_3 en décembre 2012.

Les deux bassins versants de Wajana et Kuébini dont la ressource est destinée à l'alimentation en eau potable des populations du sud de la commune de Yaté présentent un enjeu important pour ces populations et doivent faire l'objet de mesures de protection passives et actives. Ainsi, le captage de Wajana situé en amont du point de prélèvement et de baignade est déjà protégé par des périmètres de protection des eaux (PPE) (voir Figure 2) et la tranchée drainante de Kuébini en cours de construction fait actuellement l'objet de mesures de protection (PPE).

IV.1.15.c. Recommandations pour le suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface

Cette synthèse montre la nécessité d'ajouter à la liste réduite certains paramètres et en particulier des micropolluants organiques et certaines substances toxiques ou indésirables lors des prochaines campagnes de mesure, avec un contrôle en duplicata pour :

- les cyanures libres et le mercure dissous,
- les fluorures dissous, l'étain, le manganèse et les nitrites,
- les composés organiques halogénés.

Le soufre, analysé en métropole, suit les mêmes variations que les sulfates dissous et il n'est donc pas nécessaire de poursuivre son analyse.

Il est de plus recommandé de fixer les limites de quantification pour le platine (0,05 µg/l), le cadmium (0,1 µg/l), le chrome VI (1 µg/l), les cyanures libres (0,1 µg/l), le cobalt (0,1 µg/l), le mercure (0,1 µg/l) et le sélénium (0,5 µg/l). Ces limites correspondent aux concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) pour le compartiment aquatique proposées par l'INERIS. La réalisation de duplicata en échantillon de contrôle de qualité a permis de mettre en évidence des écarts importants de mesure (plus du double) sur 4 paramètres (fer dissous, silicium, aluminium total, phosphates). **Il est vivement recommandé de continuer à réaliser ce contrôle sur les prochaines campagnes d'analyse.**

IV.2. Qualité physico-chimique des sédiments

Les résultats d'analyse de sédiments de Hytec et de Vale NC sont présentés pages suivantes dans le Tableau 28 pour les deux campagnes réalisées en double aveugle à l'étiage (prélèvement du 22/11/2011 et du 11/12/2012) ainsi que pour les campagnes de moyennes eaux, au cours desquelles seulement Vale NC a réalisé des prélèvements et des analyses sur sédiments.

Ce tableau met en évidence :

- en rouge, les écarts significatifs ($\geq 20\%$) de valeurs entre les résultats obtenus par Hytec (CDE) et Vale NC (Lab'Eau) ;
- en gras, les écarts significatifs ($\geq 50\%$) de valeurs entre les résultats obtenus par Hytec pour les deux campagnes d'analyse (22/11/2011 et 11/12/2012) ;
- cellules coloriées en rose des valeurs de paramètre anormalement élevées, à contrôler lors des prochaines campagnes dont un pesticide et des micro-polluants organiques qui ne sont pas analysés par Vale NC.

Tableau 28 (pages suivantes) : Résultats d'analyses des sédiments prélevés le 22/11/2011, le 17/06/2012, le 11/12/2012 et le 12/01/2013 (physico-chimie) par Hytec et Vale NC

Résultats d'analyse des sédiments de rivière prélevés en 2011-2013 sur le Creek Baie Nord, station 6-T par Hytec et Vale NC

Familles paramètres	Paramètres	Unité	CBN 6-T du 22/11/2011 à 17h00 Echantillon n°2011SE001 abef Bulletin CDE n°1105415				6-T du 22/11/2011 à 14h Echantillon n°2011/11/E0180 Bulletin Lab'eau 2012/02/R0009				6-T du 17/06/2012 à 14h56 Echantillon n°2012/06/E0464 Bulletin Lab'eau 2012/09/R0857				CBN 6-T du 11/12/2012 à 12h00 Echantillon n°2012SE001 acef Bulletin CDE n°1206183				Station 6-T Ecart relatif campagnes Hytec année 1 (22/11/2011) / année 2 (11/12/2012) (%)	Remarques pour les deux campagnes Hytec étiage 2011 et étiage 2012 (LQ : limite de quantification)***	6-T du 11/12/2012 à ? Echantillon n°2012/12/E0273 Bulletin Lab'eau ? (fichier xls)			6-T du 12/01/2013 à 14h32 Echantillon n°2013/01/E0734 Bulletin Lab'eau 2013/03/R0077			Remarques pour les 4 campagnes de Vale 1 en étiage 2011, 1 en juin 2012 et 2 en étiage 2012/2013 (LQ : limite de quantification)***	Température réception des échantillons > 10°C et délai > 24h									
			Préleveur : Hytec (C. Flouhr) Flacottage CDE (verre et polyéthylène) Réception échantillon : 23/11/2011 à 08h45 (1,4°C) Analyse sous-traitée au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°1-1488) en métropole Fin d'analyse : 22/03/2012				Préleveur : Vale NC Flacottage Lab'eau Réception échantillon : 25/11/2011 à 09h55 (18°C) Fin d'analyse : 01/02/2012				Préleveur : Vale NC Flacottage Lab'eau Réception échantillon : 27/06/2012 à 09h30 (14,1°C) Fin d'analyse : 07/09/2012				Préleveur : Hytec (C. Flouhr) - site à environ 100 m en amont de celui de novembre 2011 Flacottage CDE (verre et polyéthylène) Réception échantillon : 11/12/2012 à 19h45 (4,6°C) Analyse sous-traitée au laboratoire Eurofins IPL Est (Accréditation N°1-1488) en métropole Fin d'analyse : 06/03/2013						Préleveur : Vale NC Flacottage Lab'eau Réception échantillon : 18/12/2012 à ? (16°C) Fin d'analyse : 11/03/2013			Préleveur : Vale NC Flacottage Lab'eau Réception échantillon : 22/01/2013 à 10h00 (température ambiante) Fin d'analyse : 11/03/2013													
			Norme analyse	LQ**	Résultat sur la fraction < 2 mm		Norme analyse	LQ**	Résultat (1)	Ecart relatif entre CDE et Lab'eau (%)	Norme analyse	LQ**	Résultat (1)		Norme analyse	Unité si différente	LQ**	Résultat sur la fraction < 2 mm				Norme analyse	LQ**	Résultat (1)	Ecart relatif entre CDE et Lab'eau (%)	Norme analyse			LQ**	Résultat (1)							
paramètres mesurés in situ sur l'eau interstitielle du sédiment	pH/Eh	variable			pH 7,23 Eh = 24 mV (pH 8,1 Temp. 26,2°C sur eau de rivière)											Non mesurée sur eau interstitielle car échantillon trop compact (pH 7,22 Eh = - 11 mV Temp. 25,2°C sur eau de rivière)																					
	Température	°C			26,4																																
matières sèches et organiques	matières organiques	% de MS	NFU44-160 (fraction organique)	0,1	11,3									XP P 94-047 (matières organiques)	0,1	10,3	9%	méthodes d'analyse différente entre les 2 campagnes Hytec																			
	COT (1)	g C/kg MS	NF ISO 14235	0,1	3,3									NF ISO 10694	0,01	5,84	77%	méthodes d'analyse et LQ différentes																			
	matière sèche (%)	%	NF ISO 12880	0,1	81,0	NF EN 12880	0,1	75,8	6%	NF EN 12880	0,1	83,8	NF ISO 12880	0,1	88,7	10%	-							NF EN 12880	0,1	79,1								3 analyses/4			
granulométrie	granulométrie > 2 mm	%	NF ISO 11464	0,1	41,1	NF ISO 11464	0,1	2,7	93%							non analysé																		1 seule analyse/4			
	argile < 2 µm	g/kg MS 2011	NF X 31-107	5	<5	NF X 31-107	5	8,8	<LQ pour CDE	NF X 31-107	5	36	granulométrie laser	%	0,01	4,71																					
	limons fins 2-20 µm	g/kg MS 2011	NF X 31-107	0,1	6,5	NF X 31-107	5	42	546%	NF X 31-107	5	48	granulométrie laser	%	0,01	8,01																					
	limons grossiers 20-50 µm	g/kg MS 2011	NF X 31-107	5	<5	NF X 31-107	5	53	<LQ pour CDE	NF X 31-107	5	11	granulométrie laser	%	0,01	3,55																					
	sables fins 50-200 µm	g/kg MS 2011	NF X 31-107	1	59	NF X 31-107	5	254	331%	NF X 31-107	5	57	granulométrie laser	%	0,01	8,59																					
	sables grossiers 200-2000 µm	g/kg MS 2011	NF X 31-107	1	931	NF X 31-107	5	644	31%	NF X 31-107	5	847	granulométrie laser	%	0,01	75,14																					
micropolluants minéraux	Aluminium	mg Al/kg MS	NF EN 11885	1	99 000										1	24 700	75%																				
	Antimoine	mg/kg MS	NF EN 11885	0,5	<0,5										1,0	<1,0	<LQ pour les 2	LQ différentes																			
	Arsenic	mg/kg MS	NF EN 11885	5	<5										0,1	11,1	<LQ an 1	LQ différentes																			
	Argent	mg/kg MS	NF EN 11885	0,5	<0,5										5	<5	<LQ pour les 2	LQ différentes																			
	Baryum	mg/kg MS	NF EN 11885	0,1	6,3										0,1	10,3	63%																				
	Bore	mg/kg MS	XPT 90041	25	<25											5,7	LQ an 1 trop forte	méthodes d'analyse et LQ différentes																			
	Cadmium	mg Cd/kg MS	NF EN 11885	0,5	<0,5	NF EN ISO 11885	0,50	<0,50	<LQ pour les 2	analyse complète	25	<25	NF EN 11885		0,4	<0,4	<LQ pour les 2	LQ différentes	analyse complète	25	<25	<LQ pour les 2 mais LQ différente	analyse complète	25	<25										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011		
	Cobalt	mg Co/kg MS	NF EN 11885	1	370	NF EN ISO 11885	0,50	310	16%	analyse complète	0,1	450	NF EN 11885		1	<1	<LQ an 2	-	analyse complète	0,1	448	<LQ pour CDE	analyse complète	0,1	450										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011		
	Chrome	mg Cr/kg MS	NF EN 11885	1	8 900	NF EN ISO 11885	0,50	7 200	19%	analyse complète	3	33 663	NF EN 11885		1	14 900	67%		analyse complète	3	55 168	270%	analyse complète	3	62 831										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011		
	Chrome VI	mg Cr/kg MS				NF T 90-043	0,050	<0,050					NF T 90-043	0,05	<1,00								NF T 90-043	0,050	<1,00										résultats inférieurs à une valeur différente = 20 x LQ		
	Cuivre	mg Cu/kg MS	NF EN 11885	1	14	NF EN ISO 11885	0,5	13	7%	analyse complète	10	19	NF EN 11885		0,1	22,0	57%	LQ différentes	analyse complète	10	20	9%	analyse complète	10	24										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011		
	Etain	mg/kg MS	NF EN 11885	2,5	<2,5										5	<5	<LQ pour les 2	LQ différentes																			
	Fer	mg Fe/kg MS	NF EN 11885	1	310 000										1	399 000	29%																				
	Fluorures	mg/kg MS													20	<20																					
	Manganèse	mg Mn/kg MS	NF EN 11885	1	3 800	NF EN ISO 11885	0,5	3 300	13%	analyse complète	1	3 590	NF EN 11885		1	2 620	31%		analyse complète	1	3 483	33%	analyse complète	1	3 444											méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011	
	Mercure	mg Hg/kg MS	NF EN 1483	0,05	<0,05											0,01	0,17	<LQ an 1	méthodes d'analyse et LQ différentes																		
	Molybdène	mg/kg MS	NF EN 11885	0,1	1,4											0,01	1,41	1%	LQ différentes																		
	Nickel	mg Ni/kg MS	NF EN 11885	1	2 700	NF EN ISO 11885	0,5	2 100	22%	analyse complète	3	2 188	NF EN 11885		1	2 830	5%		analyse complète	3	4 933	74%	analyse complète	3	3 188											méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011	
	Plomb	mg Pb/kg MS	NF EN 11885	1	48	NF EN ISO 11885	5	12	75%	analyse complète	50	<50	NF EN 11885		0,1	16,0	67%	LQ différentes	analyse complète	50	<50	<LQ pour Lab'eau	analyse complète	50	<50										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011		
	Sélénium	mg Se/kg MS	NF EN 11885	2,5	<2,5										10	<10	<LQ pour les 2	LQ différentes																			
Zinc	mg Zn/kg MS	NF EN 11885	1	200	NF EN ISO 11885	1	140	30%	analyse complète	50	218	NF EN 11885		1	186	7%		analyse complète	50	333	79%	analyse complète	50	354										méthodes d'analyse et LQ différentes/nov 2011			
micropolluants organiques	PCB**	µg/kg MS	XPX 33012	10 pour tous	<10 pour tous									XPX 33012	10 pour tous	<10 pour tous	<LQ pour les 2																				
	HAP (17 composés suivants)																<LQ an 1	LQ différentes																			
	acénaphtylène	mg/kg MS	XP X33012	0,5	<0,5										0,012	<0,012																					
	acénaphtène	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	anthracène	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	benzo (a) anthracène	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	benzo (k) fluoranthène	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	benzo (g,h,i) perylène	mg/kg MS	XP X33012	0,25	<0,25										0,012	<0,012																					
	benzo (a) pyrène (2)	mg/kg MS	XP X33012	0,05	<0,05										0,012	<0,012																					
	chrysène	mg/kg MS	XP X33012	0,05																																	

Résultats d'analyse des sédiments de rivière prélevés en 2011-2013 sur le Creek Baie Nord, station 6-T par Hytec et Vale NC

Famille_paramètre	Paramètres	Unité	CBN 6-T du 22/11/2011 à 17h00 Echantillon n°2011SE001 abef Bulletin CDE n°1105415			6-T du 22/11/2011 à 14h Echantillon n°2011/11/E0180 Bulletin Lab'eau 2012/02/R0009			Comparaison résultats Vale/Hytec du 22/11/2011	6-T du 17/06/2012 à 14h56 Echantillon n°2012/06/E0464 Bulletin Lab'eau 2012/09/R0857			CBN 6-T du 11/12/2012 à 12h00 Echantillon n°2012SED001 acef Bulletin CDE n°1206183			Station 6-T Ecart relatif campagnes Hytec étage année 1 (22/11/2011) / année 2 (11/12/2012) (%)	Remarques pour les deux campagnes Hytec étage 2011 et étage 2012 (LQ : limite de quantification)***	6-T du 11/12/2012 à ? Echantillon n°2012/12/E0273 Bulletin Lab'eau ? (fichier xls)			Comparaison résultats Vale/Hytec du 11/12/2012	6-T du 12/01/2013 à 14h32 Echantillon n°2013/01/E0734 Bulletin Lab'eau 2013/03/R0077			Remarques pour les 4 campagnes de Vale 1 en étage 2011, 1 en juin 2012 et 2 en étage 2012/2013 (LQ : limite de quantification)***	Température réception des échantillons > 10°C et délai > 24h		
			Norme analyse	LQ**	Résultat sur la fraction < 2 mm	Norme analyse	LQ**	Résultat (1)		Norme analyse	LQ**	Résultat (1)	Norme analyse	Unité si différente	LQ**			Résultat sur la fraction < 2 mm	Norme analyse	LQ**		Résultat (1)	Ecart relatif entre CDE et Labeau (%)	Norme analyse			LQ**	Résultat (1)
autres	calcium	mg Ca/kg MS	NF EN 11885	1	140								NF EN 11885	1	798	470%	-											
	chlorures	mg/kg MS	CIA	1	20								NF EN ISO 15682	0,1	40	101%	méthodes d'analyse et LQ différentes											
	magnésium	mg/kg MS	NF EN 11885	1	3 100								NF EN 11885	1	860	72%	-											
	potassium	mg K/kg MS	CIA	1	1 700								NF EN 11885	0,1	51,0	97%	méthodes d'analyse et LQ différentes											
	sodium	mg/kg MS	CIA	non précisée	1 600								NF EN 11885	0,1	46,7	97%	méthodes d'analyse et LQ différentes											
	soufre	mg/kg MS											NF EN 11885	1	410		-											
	sulfates SO42-	mg/kg MS	CIA	1	23								NF T 90-040	1	122	430%	méthodes d'analyse différentes											
	cyanures	mg/kg MS	NF EN ISO 14403	0,1	<0,1								NF EN ISO 14403	0,5	<0,5	< LQ pour les 2	LQ différentes											
	Tellure	mg/kg MS	NF EN 11885	25	<25								NF EN ISO 17294-2	10	<10	< LQ pour les 2	méthodes d'analyse et LQ différentes											
	Thallium	mg/kg MS	NF EN 11885	0,1	4,6								NF EN 11885	5	<5	<LQ an 2	LQ différentes											
Titane	mg/kg MS	NF EN 11885	1	370								NF EN 11885	1	556	50%	-												
Vanadium	mg/kg MS	NF EN 11885	1	140								NF EN 11885	1	180	29%	-												
pesticides	liste DAVAR (cf pj)	mg/kg MS	variable (NF EN ISO 11264, Dérivation/HPLC/FLUO, LCMS-MS ET/OU GCMSMS, SPE/HPLC/MSMS, HS-GC-MS OU/ET UV)	selon molécules	< LQ pour toutes les molécules							variable (NF EN ISO 11369, LL/CPG/GC/MS, HS-GC-MS OU/ET UV)	selon molécules	< LQ pour toutes les molécules sauf dichlorvos = LQ = 0,075 mg/kg de MS	< LQ an 1	méthodes d'analyse et LQ différentes												

* BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta et para-Xylènes.

** 7 principaux PCB : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

*** les divergences entre paramètres, méthodes d'analyse et limites de quantification (LQ) viennent principalement du fait que les échantillons ont été traités par deux laboratoires différents

(1) Les résultats de granulométrie pour les échantillons de Vale NC du 22/11/2011 sont exprimés sur la terre fine sèche à 2 mm, sans décarbonatation préalable.

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (> 20%) entre les valeurs de l'échantillon de Vale NC et celui d'Hytec

à contrôler lors des prochaines campagnes

valeurs avec plus de 50% d'écart relatif entre les prélèvements d'Hytec du 22/11/2011 et ceux du 11/12/2012

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

Résultats d'analyse des sédiments de rivière prélevés en 2011-2013 sur le Creek Baie Nord, station 6-T par Hytec et Vale NC

Famille_paramètre	Paramètres	Unité	CBN 6-T du 22/11/2011 à 17h00 Echantillon n°2011SED001 abef Bulletin CDE n°1105415			6-T du 22/11/2011 à 14h Echantillon n°2011/11/E0180 Bulletin Lab'eau 2012/02/R0009			Comparaison résultats Vale/Hytec du 22/11/2011	6-T du 17/06/2012 à 14h56 Echantillon n°2012/06/E0464 Bulletin Lab'eau 2012/09/R0857			CBN 6-T du 11/12/2012 à 12h00 Echantillon n°2012SED001 acef Bulletin CDE n°1206183			Station 6-T Ecart relatif campagnes Hytec étage année 1 (22/11/2011) / année 2 (11/12/2012) (%)	Remarques pour les deux campagnes Hytec étage 2011 et étage 2012 (LQ : limite de quantification)**	6-T du 11/12/2012 à ? Echantillon n°2012/12/E0273 Bulletin Lab'eau ? (fichier xls)			Comparaison résultats Vale/Hytec du 11/12/2012	6-T du 12/01/2013 à 14h32 Echantillon n°2013/01/E0734 Bulletin Lab'eau 2013/03/R0077			Remarques pour les 4 campagnes de Vale 1 en étage 2011, 1 en juin 2012 et 2 en étage 2012/2013 (LQ : limite de quantification)***	Température réception des échantillons > 10°C et délai > 24h
			Norme analyse	LQ***	Résultat sur la fraction < 2 mm	Norme analyse	LQ***	Résultat (1)		Norme analyse	LQ***	Résultat (1)	Norme analyse	Unité si différente	LQ***			Résultat sur la fraction < 2 mm	Norme analyse	LQ***		Résultat (1)	Ecart relatif entre CDE et Labeau (%)	Norme analyse		
pesticides (Davar, 2010)	2,4 - D	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,05	<0,05						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse différentes				méthodes d'analyse différentes					
	4,4' - DDT	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes				méthodes d'analyse et LQ différentes					
	ABAMECTIN	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes				méthodes d'analyse et LQ différentes					
	ALDRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes				méthodes d'analyse et LQ différentes					
	ALPHA-CYPERMETHRINE	mg/kg de MS			non analysé									non analysé			-					-				
	AMETRYNE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,045	<0,045			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	AMINOTRIAZOLE	mg/kg de MS	DERIVATION/HPLC/FLUC	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,1	<0,1			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	AMITRAZE	mg/kg de MS			non analysé						LL/CPG/GC/MS		0,15	<0,15			-					-				
	AMPA	mg/kg de MS	DERIVATION/HPLC /MSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,1	<0,1			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	ATRAZINE	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	AZOXYSTROBINE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	BRODIFACOUM	mg/kg de MS			non analysé						NF EN ISO 11369		0,4	<0,4			-					-				
	CARBENDAZIME	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	CARBETAMIDE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	CARBOFURAN	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	CHLOROPYRIPHOS	mg/kg de MS			voir ci-après						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			-					-				
	CHLOROPYRIPHOS ETHYL	mg/kg de MS	EPA8270B (ASE GC-MSMS)	0,010	<0,010												-					-				
	CHLOROTHALONIL	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,1	<0,1						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	CYFLUTRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,03	<0,03			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	CYPERMETHRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,040	<0,040						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DAZOMET	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,06	<0,06			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DELTAMETHRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,1	<0,1						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DICHLORVOS	mg/kg de MS	EPA8270B (ASE GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,075	0,075	<LQ à l'étage		méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DICOFOL	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DIELDRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,020	<0,020						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DIFENOCONAZOLE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	DIQUAT	mg/kg de MS	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1									non analysé		-						-				
	DIURON	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	ENDOSULFAN Alpha	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,040	<0,040						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	ENDOSULFAN Bêta	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,020	<0,020						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	EPTC	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010									non analysé		-						-				
	FORMETANATE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010									non analysé		-						-				
	FOSETYL ALUMINIUM	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010									non analysé		-						-				
	GLYPHOSATE	mg/kg de MS	DERIVATION/HPLC /MSMS	0,0010	<0,0010						NF EN ISO 11369		0,1	<0,1			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	HCH GAMMA (lindane)	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	HEPTACHLORE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	IOXYNIL	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,040	<0,040						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	IPRODIONE	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,2	<0,2						LL/CPG/GC/MS		0,03	<0,03			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	ISOPROTURON	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	LAMBDA-CYHALOTHRINE	mg/kg de MS	EPA8270B (GC-MSMS)	0,020	<0,020						LL/CPG/GC/MS		0,03	<0,03			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	LINURON	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	MALATHION	mg/kg de MS	EPA8270B (ASE GC-MSMS)	0,020	<0,020						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
	MANCOZEBE	mg/kg de MS	HC-GC-MS ET/OU UV	0,025	<0,025						HC-GC-MS ET/OU UV		0,5	<0,5			LQ différentes					LQ différentes				
	MEFENOXAM	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes				
METHALDEHYDE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						HC-GC-MS ET/OU UV		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
METHOMYL	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
METRIBUZINE	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
NONYLPHENOL POLYETHOXYLE	mg/kg de MS			non analysé									non analysé		-						-					
Détergents non ioniques (2 composés suivants)													voir ci-dessous													
Nonyl-phénol-diéthoxylate	mg/kg de MS									dérivation/GC/MS		0,02	<0,02			-					-					
Nonyl-phénol-monoéthoxylate	mg/kg de MS									dérivation/GC/MS		0,02	<0,02			-					-					
OXADIAZON	mg/kg de MS	EPA8270B (ASE GC-MSMS)	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
PARAQUAT	mg/kg de MS	SPE/HPLC/MSMS	0,1	<0,1									non analysé		-						-					
PENDIMETHALINE	mg/kg de MS	NF EN ISO 11264	0,0080	<0,0080						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
PHOSALONE	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,03	<0,03			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
PICLORAME	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,1	<0,1			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
SPINOSAD	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
TETRADIFON	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,015	<0,015			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
THIOPHANATE-METHYL	mg/kg de MS	LCMS-MS ET/OU GCMSMS	0,010	<0,010						NF EN ISO 11369		0,05	<0,05			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					
TRIADIMEFON	mg/kg de MS	EPA8270B (ASE GC-MSMS)	0,010	<0,010						LL/CPG/GC/MS		0,06	<0,06			méthodes d'analyse et LQ différentes					méthodes d'analyse et LQ différentes					

*** les divergences entre paramètres, méthodes d'analyse et limites de quantification (LQ) viennent principalement du fait que les échantillons ont été traités par deux laboratoires différents

En rouge, les valeurs de paramètres pour lesquels on observe un écart significatif (> 20%) entre les valeurs de l'échantillon de Vale NC et celui d'Hytec à contrôler lors des prochaines campagnes

méthode d'analyse et/ou limite de quantification (LQ) différente par rapport à la dernière campagne

IV.2.1. Modalités de transport, de conservation des échantillons de sédiments et délais d'analyse (Hytec et Vale NC)

IV.2.1.a. Analyses de sédiments réalisées pour le compte de l'OEIL par Hytec

Le laboratoire de la CDE a sous-traité la totalité des analyses de sédiments en métropole (laboratoire Eurofins IPL Est - Accréditation N°1-1488).

Les bulletins d'analyse de la CDE ne précisent ni les dates de début d'analyse pour les paramètres sous-traités, ni les conditions dans lesquels les échantillons sont arrivés au laboratoire sous-traitant (état des flacons et maintien de la chaîne du froid). Il n'est donc pas possible de vérifier le respect des délais préconisés par la norme NF EN 25667 (ISO 5667-12) entre le prélèvement et l'analyse. Les bulletins d'analyse du laboratoire sous-traitant devraient idéalement être joints avec ceux de la CDE, ce qui n'a pas été le cas.

IV.2.1.b. Analyses de sédiments réalisées par Vale NC

Toutes les analyses de sédiments ont été sous-traitées par le laboratoire de Vale NC au laboratoire Lab'Eau de Nouméa. Les données relatives aux heures de livraison des échantillons au laboratoire Lab'Eau et de début/fin d'analyse, ainsi que les conditions de réception de ces échantillons (température des glaciaires) sont précisées sur les bulletins d'analyse. Seul ne figure pas le type de flaconnage utilisé. Compte tenu de la nature des paramètres analysés par Vale NC, un flaconnage en polyéthylène suffit.

IV.2.2. Comparaison des méthodes d'analyse, unités et limites de quantification entre les 2 opérateurs

Le Tableau 27 page 122 fait apparaître les méthodes d'analyse et les limites de quantification fournies par les laboratoires d'analyse et qui figurent sur les bulletins d'analyse.

Les résultats sont présentés dans la même unité pour faciliter leur comparaison sauf pour la granulométrie exprimée en g/kg de matières sèches pour l'analyse CDE du 22/11/2011 ainsi que pour toutes les analyses de Vale NC, et en % pour l'analyse CDE du 11/12/2012.

IV.2.2.a. Méthodes d'analyse des sédiments et limites de quantification des analyses réalisées par Hytec (CDE)

On constate que les normes utilisées par le laboratoire sous-traitant de la CDE diffèrent entre la campagne de novembre 2011 et celle de décembre 2012 (1 an d'intervalle) pour une majorité de paramètres y compris les pesticides (cases surlignées en orange), sans qu'il soit donné d'explication. De la même façon, les limites de quantification sont différentes entre ces deux campagnes d'analyse pour un nombre de paramètres encore plus important, soit plus élevées, soit plus basses.

IV.2.2.b. Méthodes d'analyse des sédiments et limites de quantification des analyses réalisées par Vale NC (Lab'Eau)

Pour rappel, un total de 11 paramètres a été analysé par Vale NC, dont la granulométrie, pour les 4 campagnes de prélèvement considérées. Tous ces paramètres font partie des paramètres analysés par Hytec (CDE). Toutes les analyses de métaux sont sous-traitées par Lab'Eau à la Dimenc.

Pour les campagnes de juin 2012, décembre 2012 et janvier 2013, hormis la granulométrie et l'analyse du chrome hexavalent Cr VI, les analyses de sédiments effectuées par Vale NC ne font référence à aucune méthode normalisée : la méthode utilisée pour l'analyse des métaux figure sur les bulletins sous le terme « analyse complète ». Les limites de quantification n'ont pas changé pour ces trois campagnes d'analyse. Elles diffèrent par contre de celles de la campagne de novembre 2011 pour 8 paramètres sur les 11 analysés (granulométrie comprise).

En ce qui concerne les analyses de sédiments réalisées par Vale NC, nous recommandons que ce terme « analyse complète » soit précisé dans le rendu des résultats.

IV.2.2.c. Comparaison des limites de quantification entre Hytec (CDE) et Vale NC (Lab'Eau)

On constate que les limites de quantification (LQ) des méthodes d'analyse utilisées par Vale NC sont jusqu'à 500 fois supérieures aux limites de quantification des normes du laboratoire sous-traitant de la CDE. Seul le cobalt est analysé avec une LQ de 0,1 mg/kg par Vale NC et de 1 mg/kg par CDE pour des teneurs plus importantes (plusieurs centaines de mg/kg de matières sèches).

IV.2.3. Comparaison des résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sur les sédiments par Hytec et Vale NC

La comparaison a porté sur les 9 paramètres physico-chimiques analysés en commun, granulométrie non comprise. Seules les campagnes de novembre 2011 et décembre 2012 ont fait l'objet de prélèvements en double aveugle. Pour Vale NC et Hytec, les analyses sont réalisées sur la fraction de granulométrie inférieure à 2mm ce qui permet de comparer les résultats.

IV.2.3.a. Granulométrie

Pour la campagne de novembre 2011, on constate que les sédiments analysés par Hytec sont essentiellement constitués de sables grossiers alors que pour ceux analysés par Vale NC, la granulométrie est plus variée avec davantage de sables fins et de limons grossiers. La composition des sédiments varie de manière importante d'une campagne à l'autre : par exemple pour les sables grossiers, la teneur en g/kg de matières sèches (MS) passe pour Vale NC de 644 en novembre 2011, à 847 en juin 2012, 225 en décembre 2012 et 478 en janvier 2013. Elle varie également pour Hytec d'une campagne à l'autre puisqu'elle est de 931 g/kg de MS soit 93,1% en novembre 2011 et de 75,14% en décembre 2012.

IV.2.3.b. Comparaison des paramètres physico-chimiques analysés en novembre 2011 par Vale NC (Lab'Eau) et Hytec (CDE)

Pour les paramètres physico-chimiques, malgré une granulométrie différente, sur 9 paramètres analysés en commun, seulement 3 paramètres présentent des écarts relatifs significatifs ($\geq 20\%$). Les valeurs correspondantes sont représentées en gras rouge dans le Tableau 28 page 142 :

- 22% pour le nickel avec 2700 mg/kg de MS pour Hytec et 2100 mg/kg de MS pour Vale NC,
- 75% pour le plomb avec 48 mg/kg de MS pour Hytec et 12 mg/kg de MS pour Vale NC,
- 30% pour le zinc avec 200 mg/kg de MS pour Hytec et 140 mg/kg de MS pour Vale NC.

IV.2.3.c. Comparaison des paramètres physico-chimiques analysés en décembre 2012 par Vale NC (Lab'Eau) et Hytec (CDE)

Sur 8 paramètres physico-chimiques analysés en commun, 4 paramètres présentent des écarts relatifs significatifs ($\geq 20\%$). Les valeurs correspondantes sont représentées en gras et en rouge dans le Tableau 28 page 142 :

- 270% pour le chrome avec 14900 mg/kg de MS pour Hytec et 55168 mg/kg de MS pour Vale NC,
- 33% pour le manganèse avec 2620 mg/kg de MS pour Hytec et 3483 mg/kg de MS pour Vale NC,
- 74% pour le nickel avec 2830 mg/kg de MS pour Hytec et 4933 mg/kg de MS pour Vale NC,
- 79% pour le zinc avec 186 mg/kg de MS pour Hytec et 333 mg/kg de MS pour Vale NC.

L'analyse du plomb donne un résultat inférieur à la limite de quantification (LQ) pour Vale NC (50 mg/kg de MS) qui ne permet pas de comparaison avec la valeur obtenue par Hytec de 16 mg/kg de MS. Il en est de même pour les trois dernières campagnes d'analyse de Vale NC, la limite de quantification (LQ) étant de 50 mg/kg de MS, tous les résultats sont inférieurs à cette LQ.

Il serait nécessaire pour une meilleure précision des résultats de fixer la limite de quantification du plomb à 10 mg/kg de MS ou moins, pour les analyses faites par Vale NC.

IV.2.3.d. Evolution des paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments par Hytec (CDE) entre novembre 2011 et décembre 2012

Sur 41 paramètres analysés en commun en novembre 2011 et décembre 2012, 13 paramètres présentent des écarts relatifs significatifs ($\geq 50\%$). Les valeurs correspondantes sont représentées en gras dans le Tableau 28 page 142 :

- 77% pour le carbone organique total COT avec 3,3 g C/kg de MS en novembre 2011 et 5,84 g C/kg de MS en décembre 2012,
- 75% pour l'aluminium avec 99000 mg/kg de MS en novembre 2011 et 24700 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 63% pour le baryum avec 6,3 mg/kg de MS en novembre 2011 et 10,3 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 67% pour le chrome avec 8900 mg/kg de MS en novembre 2011 et 14900 mg/kg de MS en décembre 2012,

- 57% pour le cuivre avec 14 mg/kg de MS en novembre 2011 et 22 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 67% pour le plomb avec 48 mg/kg de MS en novembre 2011 et 16 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 470% pour le calcium avec 140 mg/kg de MS en novembre 2011 et 798 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 101% pour les chlorures avec 20 mg/kg de MS en novembre 2011 et 40 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 72% pour le magnésium avec 3100 mg/kg de MS en novembre 2011 et 860 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 97% pour le potassium avec 1700 mg/kg de MS en novembre 2011 et 51,0 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 97% pour le sodium avec 1600 mg/kg de MS en novembre 2011 et 46,7 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 430% pour les sulfates dissous avec 23 mg/kg de MS en novembre 2011 et 122 mg/kg de MS en décembre 2012,
- 50% pour le titane avec 370 mg/kg de MS en novembre 2011 et 556 mg/kg de MS en décembre 2012.

IV.2.4. Qualité physico-chimique des sédiments à la station Creek Baie Nord 6-T

Pour rappel, des analyses dans les sédiments sont réalisées depuis le second semestre 2009 par Vale NC. La présence d'éléments métalliques cobalt Co, chrome Cr, magnésium Mg, nickel Ni, zinc Zn, est signalée de manière régulière. Une augmentation a été constatée pour le magnésium Mg et le silicium Si, liée au chantier de construction, à partir du second semestre 2006, et le manganèse Mn en mai 2009 (Lascombe, 2011).

Le tableau page suivante permet d'effectuer une comparaison des teneurs des différents éléments analysés à la fois dans les eaux et dans les sédiments. On rappelle qu'aucune mesure n'ayant pu être faite sur l'eau intersticielle, il n'y a pas de résultats pour les nitrates, nitrites, phosphates.

Tableau 29 (page suivante) : Comparaison des résultats d'analyses des sédiments prélevés par Hytec le 22/11/2011 et le 11/12/2012 à la station 6-T avec les résultats d'analyses effectuées sur l'eau prélevée le même jour à cette station

COMPARAISON DES TENEURS EN DIVERS ELEMENTS DANS LES SEDIMENTS ET L'EAU A LA STATION 6-T (novembre 2011 et décembre 2012)

Analyses de sédiments de rivière : station 6-T				Analyses d'eau de rivière : station 6-T				Commentaires Hytec			
Famille de paramètres	Paramètres	Unité	CBN 6-T du 22/11/2011 à 17h00 Echantillon n°2011SED001 Bulletin CDE n°1105415	CBN 6-T du 11/12/2012 à 12h00 Echantillon n°2012SED001 Bulletin CDE n°1206183	Paramètres	Unités de mesure	CBN 6T du 22/11/2011 à 17h Echantillon n°2011FW107 Bulletin CDE n°1105414		CBN 6T du 11/12/2012 12h Echantillon n°2012FW107 Bulletin CDE n°1206182		
matières sèches et organiques	matières organiques	% de MS	11,3	10,3	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l	<1 (<1)	(2)	faible teneur en matières organiques et carbonées dans l'eau et les sédiments		
	COT (1)	g C/kg MS	3,3	5,84	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l	<5 (<5)	(8)			
anions et cations	matière sèche (%)	%	81,0	88,7	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C	<0,5 (<0,5)	(<0,5)	ions majeurs dans les sédiments : calcium, magnésium, potassium et sodium; ions majeurs dans les eaux : chlorures, magnésium, sodium et sulfates.		
	calcium	mg Ca/kg MS	140	798	calcium	mg/l en Ca	1	1,41			
	chlorures	mg/kg MS	20	40	chlorures	mg/l	15,7	13,09			
	magnésium	mg/kg MS	3 100	860	magnésium	mg/l en Mg	13,89	9,58			
	potassium	mg K/kg MS	1 700	51,0	potassium	mg/l en K	0,2	0,22			
	sodium	mg/kg MS	1 600	46,7	sodium	mg/l en Na	7,97	7,18			
substances toxiques ou indésirables	sulfates SO42-	mg/kg MS	23	122	sulfates	mg/l en SO4	5,2	5,95	Substances toxiques ou indésirables nombreuses dans les sédiments : - fortes teneurs en fer (> 100 000 mg/kg de MS), - teneurs moyennes en aluminium, chrome, manganèse et nickel (> 1000 mg/kg de MS), - faibles teneurs en titane, vanadium, cobalt (nov. 2011 uniquement), cuivre et zinc (> 100 mg/kg de MS), - traces d'arsenic (déc. 2012 uniquement), baryum, bore, cuivre, mercure (déc. 2012 uniquement), molybdène et plomb. dans l'eau on retrouve des faibles teneurs (< 15 µg/l) en aluminium, chrome (nov. 2011 uniquement) et nickel, de mercure (1,1 µg/l) en déc. uniquement (comme pour les sédiments).		
	cyanures	mg/kg MS	<0,1	<0,5	cyanures libres	µg/l en CN	<5	<5			
	Tellure	mg/kg MS	<25	<10	tellure	µg/l en Te	<1	<1			
	Thallium	mg/kg MS	4,6	<5	thallium	µg/l en Tl	<1	<1			
	Titane	mg/kg MS	370	556	titane (1)	µg/l en Ti	3	<1			
	Vanadium	mg/kg MS	140	180	vanadium	µg/l en V	<5	<5			
	Aluminium	mg Al/kg MS	99 000	24 700	aluminium (Al dissous)	µg/l en Al	0,013 (0,002)	(0,001)			
	Antimoine	mg/kg MS	<0,5	<1,0	antimoine (Sb dissous)	µg/l en Sb	<2 (<2)	(<2)			
	Arsenic	mg/kg MS	<5	11,1	arsenic (As dissous)	µg/l en As	<1 (<1)	(<1)			
	Argent	mg/kg MS	<0,5	<5	argent (Ag dissous)	µg/l en Ag	<1 (<1)	(<1)			
	Baryum	mg/kg MS	6,3	10,3	baryum (Ba dissous)	mg/l en Ba	<0,002 (<0,002)	(<0,002)			
	Bore	mg/kg MS	<25	5,7	bore (Bo dissous)	mg/l en B	<0,001 (<0,001)	(<0,001)			
	Cadmium	mg Cd/kg MS	<0,5	<0,4	cadmium (Cd dissous)	µg/l en Cd	<1 (<1)	(<1)			
	Cobalt	mg Co/kg MS	370	<1	cobalt (Co dissous)	µg/l en Co	<1 (<1)	(<1)			
	Chrome	mg Cr/kg MS	8 900	14 900	chrome (Cr dissous)	µg/l en Cr	8 (7)	(5)			
	Chrome VI	mg Cr/kg MS			chrome VI (Cr VI dissous)	µg/l en Cr VI	<5 (<5)	(<5)			
	Cuivre	mg Cu/kg MS	14	22,0	cuivre (Cu dissous)	mg/l en Cu	<0,001 (<0,001)	(<0,001)			
	Etain	mg/kg MS	<2,5	<5	étain (étain dissous)	µg/l en Sn	<1 (<1)	(1)			
	Fer	mg Fe/kg MS	310 000	399 000	fer (Fe dissous)	mg/l en Fe	0,060 (0,022)	(0,019)			
	Fluorures	mg/kg MS		<20	fluorures (F dissous)	mg/l en F	<0,01 (<0,01)	(<0,01)			
	Manganèse	mg Mn/kg MS	3 800	2 620	manganèse (Mn dissous)	mg/l en Mn	<0,001 (<0,001)	(<0,001)			
	Mercur	mg Hg/kg MS	<0,05	0,17	mercure (Hg dissous)	µg/l en Hg	<0,05 (<0,05)	(1,1)			
	Molybdène	mg/kg MS	1,4	1,41	molybdène (Mo dissous)	µg/l en Mo	<2 (<2)	(<2)			
	Nickel	mg Ni/kg MS	2 700	2 830	nickel (Ni dissous)	µg/l en Ni	9 (8)	(9)			
	Plomb	mg Pb/kg MS	48	16,0	plomb (Pb dissous)	µg/l en Pb	<2 (<2)	(<2)			
	Sélénium	mg Se/kg MS	<2,5	<10	sélénium (sélénium dissous)	µg/l	<2 (<2)	(<2)			
	Zinc	mg Zn/kg MS	200	186	zinc (Zn dissous)	mg/l en Zn	<0,01 (<0,01)	(<0,01)			
micropolluants organiques	PCB**	µg/kg MS	<10 pour tous	<10 pour tous	PCB** (1)	µg/l	<0,01 pour PCB 101, 118, 138,153,180,28,52	<0,001 ou 0,005 ou 0,1 selon substances	PCB : aucun des composés analysés n'a été détecté		
	HAP (composés suivants)				HAP (composés suivants)						
	acénaphthylène	mg/kg MS	<0,5	<0,012	acénaphthylène	µg/l	<0,01	<0,01	HAP : deux composés halogénés présents à l'état de traces dans les sédiments en décembre 2012 uniquement (naphthalène 0,022 mg/kg de MS et phénanthrène 0,021 mg/kg de MS) - rien dans les eaux.		
	acénaphthène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	acénaphthène	µg/l	<0,005	<0,01			
	anthracène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	anthracène	µg/l	<0,005	<0,01			
	benzo (a) anthracène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	benzo (a) anthracène	µg/l	<0,005	<0,01			
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	mg/kg MS	<0,05	<0,012	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l	<0,005	<0,01			
	benzo (g,h,i) perylène	mg/kg MS	<0,25	<0,012	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l	<0,005	<0,01			
	benzo (k) fluoranthène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l	<0,005	<0,01			
	benzo (a) pyrène (2)	mg/kg MS	<0,05	<0,012	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l	<0,005	<0,01			
	chrysène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	chrysène	µg/l	<0,005	<0,01			
	dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg MS	<0,25	<0,012	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	<0,005	<0,01			
	fluoranthène (2)	mg/kg MS	<0,05	<0,012	fluoranthène	µg/l	<0,005	<0,01			
	fluorène	mg/kg MS	<0,25	<0,012	fluorène	µg/l	<0,005	<0,01			
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène	mg/kg MS	<0,25	<0,012	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l	<0,005	<0,01			
	naphthalène	mg/kg MS	<0,2	0,022	naphthalène	µg/l	<0,005	<0,01			
	phénanthrène	mg/kg MS	<0,25	0,021	phénanthrène	µg/l	<0,005	<0,01			
	pyrène	mg/kg MS	<0,05	<0,012	pyrène	µg/l	<0,005	<0,01			
	BTEX (5 composés suivants)				BTEX (5 composés suivants)						BTEX : aucun des composés analysés n'a été détecté
	benzène	mg/kg MS	<0,005	<0,05	benzène	µg/l	<0,2	<0,2			
	toluène	mg/kg MS	<0,005	<0,05	toluène	µg/l	<0,5	<0,5			
	éthyl benzène	mg/kg MS	<0,005	<0,05	éthyl-benzène	µg/l	<0,2	<0,2			
	ortho-xylène	mg/kg MS	<0,005	<0,05	ortho-xylène	µg/l	<0,2	<0,2	COV : aucun des composés analysés n'a été détecté		
	méta+para-xylène	mg/kg MS	<0,01	<0,05	méta+para-xylène	µg/l	<0,4	<0,2			
	COV (composés organiques halogénés volatils suivants)		voir ci-dessous	voir ci-dessous	COV (composés organiques halogénés volatils suivants)					AOX : en faible quantité dans les sédiments en novembre 2011 et décembre 2012 (36 et 46 mg/kg de MS respectivement) - à l'état de traces dans les eaux en décembre 2012 seulement (non décelé en novembre 2011).	
	tétrachloroéthylène	mg/kg MS	<0,002	<0,05	tétrachloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5			
	tétrachlorure de carbone	mg/kg MS	<0,004	<0,05	tétrachlorure de carbone	µg/l	<0,5	<1			
	trichloroéthylène	mg/kg MS	<0,004	<0,05	trichloroéthylène	µg/l	<1,0	<0,5			
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	<0,004	<0,05	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	<0,5	<0,5				
AOX (composés organiques halogénés adsorbables)	mg/kg MS		36	46	Composés organiques halogénés	mg/l en AOX	<0,01	0,01			
indice phénol	mg/kg MS		<0,5	<0,5	Phénols	µg/l en C6H5C	<5	<5	Phénols : aucun des composés analysés n'a été détecté		
pesticides (Davar, 2010)	2,4 - D	mg/kg de MS	<0,05	<0,05	2,4 - D	µg/l	<0,2	<0,02	Pesticides : présence de dichlorvos (0,075 mg/kg de MS) en faible quantité dans les sédiments en décembre 2012 (non décelé en novembre 2011) - rien dans les eaux.		
	4,4' - DDT	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	4,4' - DDT	µg/l	<0,5	<0,01			
	ABAMECTIN	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	ABAMECTIN	µg/l	<0,5	<0,1			
	ALDRINE	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	ALDRINE	µg/l	<0,5	<0,01			
	ALPHA-CYPERMETHRINE	mg/kg de MS	non analysé	non analysé	ALPHA-CYPERMETHRINE	µg/l	<0,5	<0,08			
	AMETRYNE	mg/kg de MS	<0,010	<0,045	AMETRYNE	µg/l	<0,5	<0,05			
	AMINOTRIAZOLE	mg/kg de MS	<0,010	<0,1	AMINOTRIAZOLE	µg/l	<0,5	<0,1			
	AMITRAZE	mg/kg de MS	non analysé	<0,15	AMITRAZE	µg/l	<0,5	<0,05			
	AMPA	mg/kg de MS	<0,010	<0,1	AMPA	µg/l	<0,5	<0,1			
	ATRAZINE	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	ATRAZINE	µg/l	<0,5	<0,03			
	AZOXYSTROBINE	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	AZOXYSTROBINE	µg/l	<0,5	<0,02			
	BRODIFACOU	mg/kg de MS	non analysé	<0,4	BRODIFACOU	µg/l	<0,5	<0,1			
	CARBENDAZIME	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	CARBENDAZIME	µg/l	<0,5	<0,03			
	CARBETAMIDE	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	CARBETAMIDE	µg/l	<0,5	<0,05			
	CARBOFURAN	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	CARBOFURAN	µg/l	<0,5	<0,015			
	CHLOROPYRIPHOS	mg/kg de MS	voir ci-après	<0,015	CHLOROPYRIPHOS	µg/l		voir ci-dessous			
	CHLOROPYRIPHOS ETHYL	mg/kg de MS	<0,010		CHLOROPYRIPHOS ETHYL	µg/l		<0,02			
	CHLOROTHALONIL	mg/kg de MS	<0,1	<0,015	CHLOROTHALONIL	µg/l		<0,1			
	CYFLUTRINE	mg/kg de MS	<0,010	<0,03	CYFLUTRINE	µg/l		<0,05			
	CYPERMETHRINE	mg/kg de MS	<0,040	<0,015	CYPERMETHRINE	µg/l		<0,08			
	DAZOMET	mg/kg de MS	<0,010	<0,06	DAZOMET	µg/l		<0,1			
	DELTAMETHRINE	mg/kg de MS	<0,1	<0,015	DELTAMETHRINE	µg/l		<0,08			
	DICHLORVOS	mg/kg de MS	<0,010	0,075	DICHLORVOS	µg/l		<0,025			
	DICOFOL	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	DICOFOL	µg/l		<0,05			
	DIELDRINE	mg/kg de MS	<0,020	<0,015	DIELDRINE	µg/l		<0,01			
	DIFENOCONAZOLE	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	DIFENOCONAZOLE	µg/l		<0,1			
	DIQUAT	mg/kg de MS	<0,1	non analysé	DIQUAT	µg/l		<0,1			
	DIURON	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	DIURON	µg/l		<0,02			
	ENDOSULFAN Alpha	mg/kg de MS	<0,040	<0,015	ENDOSULFAN Alpha	µg/l		<0,01			
	ENDOSULFAN Bêta	mg/kg de MS	<0,020	<0,015	ENDOSULFAN Bêta	µg/l		<0,02			
	EPTC	mg/kg de MS	<0,010	non analysé	EPTC	µg/l		<0,05			
	FORMETANATE	mg/kg de MS	<0,010	non analysé	FORMETANATE	µg/l		<0,05			
	FOSETYL ALUMINIUM	mg/kg de MS	<0,010	non analysé	FOSETYL ALUMINIUM	µg/l		<0,1			
	GLYPHOSATE	mg/kg de MS	<0,0010	<0,1	GLYPHOSATE	µg/l		<0,1			
	HCH GAMMA (lindane)	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	HCH GAMMA (lindane)	µg/l		<0,001			
	HEPTACHLORE	mg/kg de MS	<0,010	<0,015	HEPTACHLORE	µg/l		<0,005			
	IOXNYL	mg/kg de MS	<0,040	<0,05	IOXNYL	µg/l		<0,02			
	IPRODIONE	mg/kg de MS	<0,2	<0,03	IPRODIONE	µg/l		<0,05			
	ISOPROTURON	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	ISOPROTURON	µg/l		<0,02			
	LAMBDA-CYHALOTHRINE	mg/kg de MS	<0,020	<0,03	LAMBDA-CYHALOTHRINE	µg/l		<0,04			
	LINURON	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	LINURON	µg/l		<0,02			
	MALATHION	mg/kg de MS	<0,020	<0,015	MALATHION	µg/l		<0,025			
	MANCOZEBE	mg/kg de MS	<0,025	<0,5	MANCOZEBE	µg/l		<2,0			
	MEFENOXAM	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	MEFENOXAM	µg/l		<0,05			
	METHALDEHYDE	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	METHALDEHYDE	µg/l		<2,0			
	METHOMYL	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	METHOMYL	µg/l		<0,05			
	METRIBUZINE	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	METRIBUZINE	µg/l		<0,05			
	NONYLPHENOL POLYETHOXYLE	mg/kg de MS	non analysé	non analysé	NONYLPHENOL POLYETHOXYLE	µg/l		non analysé			
	Détergents non ioniques (2 composés suivants)				Détergents non ioniques (3 composés suivants)						
	Nonyl-phénol-diéthoxylate	mg/kg de MS		<0,02	4-Nonyl-phénol-diéthoxylate	µg/l		<0,1			
	Nonyl-phénol-monoéthoxylate	mg/kg de MS		<0,02	4-Nonyl-phénol-éthoxylate	µg/l		<0,1			
OXADIAZON	mg/kg de MS	<0,010	<0,05	OXADIAZON	µg/l		<0,1				
PARAQUAT	mg/kg de MS	<0,1	non analysé	PARAQUAT	µg/l		<0,1				
PENDIMETHALINE	mg/kg de MS	<0,0080	<0,05	PENDIMETHALINE	µg/l		<0,05				
PHOSALONE	mg/kg de MS	<0,010	<0,03	PHOSALONE	µg/l		<0,04				
PICLORAME	mg/kg de MS	<0,010	<0,1								

On relève, sur la base des analyses de sédiments réalisées par Hytec à l'étiage, sur deux années consécutives (novembre 2011 et décembre 2012) (voir Tableau 29 page précédente) :

- une variation importante de la teneur en **ions majeurs** d'une année sur l'autre : augmentation de la teneur en **calcium, sulfates dissous (et soufre), chlorures** et baisse significative de la teneur en **sodium et potassium** entre novembre 2011 et décembre 2012 ;
- une teneur importante en **métaux associés au fond géochimique des roches** déjà mis en évidence dans l'eau : **chrome, fer, nickel** pour les deux campagnes ;
- la présence de **matières organiques (dont du carbone organique total COT)** pour les deux campagnes ;
- la présence **d'éléments métalliques** : **aluminium** (99000 et 24700 mg/kg de MS), **baryum** (6,3 et 10,3 mg/kg de MS), **cuivre** (14 et 22 mg/kg de MS), **manganèse** (3800 et 2620 mg/kg de MS), **molybdène** (1,4 et 1,41 mg/kg de MS), **plomb** (48 et 16 mg/kg de MS), **zinc** (200 et 186 mg/kg de MS), pour les deux campagnes, respectivement pour novembre 2011 et décembre 2012, **cobalt** (370 mg/kg de MS) en novembre 2011 et **bore** (5,7 mg/kg de MS) en décembre 2012. La majorité de ces composés sont peu solubles dans l'eau et ont tendance à s'accumuler dans les sédiments (le Tableau 29 page précédente montre effectivement que la majorité de ces composés ne sont pas retrouvés dans l'eau ou en très faible teneur) ;
- la présence de **substances toxiques** en décembre 2012 : **arsenic** (11,1 mg/kg de MS) et **mercure** (0,17 mg/kg de MS) ;
- la présence de **micropolluants organiques** en décembre 2012 : **HAP avec la présence de phénanthrène** (0,022 mg/kg de MS) et **pyrène** (0,021 mg/kg de MS), **composés organiques halogénés adsorbables (AOX)** pour les deux campagnes (36 et 46 mg/kg de MS) ;
- la présence de **titane** (370 et 556 mg/kg de MS) et de **vanadium** (140 et 180 mg/kg de MS) pour les deux campagnes ;
- la présence d'un **pesticide** en décembre 2012, **le dichlorvos** à la limite de quantification (LQ = 0,075 mg/kg de MS) en décembre 2012 parmi la liste des 56 molécules analysées. Ce composé n'a pas été décelé en novembre 2011 malgré une LQ plus faible de 0,010 mg/kg de MS.

C'est principalement sur les échantillons de décembre 2012 qu'on constate la présence de polluants de nature diverse. Cette période était marquée par des pluies régulières pouvant être abondantes localement, notamment à la station Kwë 1-E, le débit étant particulièrement important, rendant difficile l'accès au cours d'eau pour les prélèvements de faune benthique. *A contrario*, sur le Creek Baie Nord, aucune augmentation significative du débit n'a été notée le jour des prélèvements par rapport aux campagnes précédentes.

IV.2.5. Recommandations pour le prélèvement et l'analyse physico-chimique des sédiments

En l'absence de référence de qualité pour les sédiments, il est difficile d'interpréter les résultats obtenus précédemment.

Il est conseillé de poursuivre ce contrôle sur les deux cours d'eau sous influence du projet minier et industriel aux stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E en ajoutant une station de référence. La liste des paramètres à analyser resterait la même que celle établie par Hytec dans le cadre de la présente étude en ajoutant dans la mesure du possible l'analyse des nitrates et des phosphates au niveau de l'eau interstitielle. **Il serait nécessaire également de revoir à la baisse la limite de quantification du plomb pour les analyses réalisées par Vale NC (≤ 10 mg/kg de MS).**

La saison d'échantillonnage doit correspondre à la fin de l'étiage soit novembre-décembre, en évitant de prélever après une augmentation du débit qui remet en suspension les dépôts récents. L'épaisseur du prélèvement correspond aux 2-3 premiers centimètres depuis la surface. Il est conseillé de réaliser un prélèvement à partir de 3 sous-échantillons (1 sur chaque berge et 1 au milieu du cours d'eau) afin de tenir compte de l'hétérogénéité des sédiments.

Une vigilance particulière doit être apportée au moment du prélèvement pour ne pas contaminer les échantillons avec l'utilisation :

- de flacons en verre fumé pour les polluants organiques et d'une spatule en acier inoxydable rincée à l'eau distillée,
- de flacons en polyéthylène pour les métaux et d'une spatule en plastique rincée à l'eau distillée.

Les échantillons doivent être conservés à l'abri de la lumière et transportés au frais jusqu'au laboratoire.

IV.3. Phytoplancton et phytobenthos

Les *annexes 11.1 à 11.4* regroupent les données terrain relatives à la collecte du phytobenthos, du phytoplancton et des diatomées. *L'annexe 11-1* contient en plus les résultats d'analyse du phytobenthos de la première campagne de terrain de novembre 2011.

IV.3.1. Résultats concernant le phytoplancton

Nous n'avons pas d'information sur le phytoplancton des rivières étudiées (densité, espèces présentes, évolution temporelle, etc) dans la mesure où les analyses qui aurait du être réalisées gracieusement par l'IRSTEA n'ont pas pu être réalisées compte tenu de leur plan de charge.

Nous avons constaté que le matériel récupéré sur les filets de petite maille (10 et 20 µm), correspondant aux campagnes de juin et décembre 2012 et juin 2013, était nettement plus concentré que celui obtenu avec une maille de 60 µm, sans pour autant atteindre le colmatage.

L'analyse de ces échantillons, si elle doit être réalisée ultérieurement, devra l'être en priorité sur les échantillons concentrés des trois dernières campagnes de terrain afin de confirmer, d'une part, la présence de phytoplancton dans ces eaux pour lesquelles les teneurs en pigments chlorophylliens sont faibles (eaux ultraoligotrophes), mais aussi, d'autre part, d'évaluer la richesse taxonomique en phytoplancton.

Des bureaux d'étude ont été approchés pour réaliser ces analyses sur les conseils de Christophe LAPLACE-TREYTURE, hydrobiologiste et algologue à l'IRSTEA de Bordeaux (Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux, Equipe CARMA Contaminants Anthropiques et Réponses des Milieux Aquatiques). Le budget supplémentaire nécessaire à la réalisation de ces analyses n'ayant pas été prévu sur 2013, les analyses correspondantes n'ont pas pu être réalisées et les résultats ne sont par conséquent pas joints au présent rapport. En cas de commande ultérieure, un addendum sera réalisé pour leur interprétation et juger de l'opportunité de coupler ces prélèvements à d'autres prélèvements (eau, benthos ou diatomées).

IV.3.2. Résultats pour le phytobenthos

IV.3.2.a. Observations de terrain

Les algues macrophytiques observées lors de la mission sont soit des **algues vertes filamenteuses** dépassant rarement 2 cm de longueur ou des **algues en amas ou en films** couvrant des substrats divers, principalement de couleur brune et en partie colmatées par les latérites.

Les observations menées sur le terrain lors de la campagne d'échantillonnage ont montré la présence de quelques rares hydrophytes, uniquement sur la rivière Trou Bleu, dont plusieurs

spécimens vraisemblablement du genre *Utricularia*. Aucune hélophyte ni de bryophyte n'a été observée sur les stations échantillonnées.

La détermination des macro-algues de la première campagne de novembre 2011 a pu être réalisée par Christophe LAPLACE-TREYTURE (IRSTEA, Bordeaux) (voir *annexe 11.1*). D'autres organismes ont été contactés pour analyser les échantillons de phytobenthos collectés au cours des autres campagnes de terrain, ainsi que pour les échantillons de phytoplancton mais ces coûts supplémentaires n'ayant pas été intégrés dans le budget initial de l'étude, les analyses n'ont pas été commandées. Elles pourront faire l'objet d'une commande ultérieure.

IV.3.2.b. Description du phytobenthos échantillonné le 22 novembre 2011

Les quelques spécimens d'algues prélevés se répartissent en 4 classes :

- Cyanophyceae,
- Zygnématophyceae,
- Bacillariophyceae,
- Chlorophyceae.

En l'absence d'un avis d'expert, il est difficile de relier les espèces identifiées avec les photos faites sur site, tous les prélèvements d'une même station ayant été mélangés dans un même tube. Cependant, nous pouvons dire (erreur possible entre le nom de l'espèce et la description du prélèvement et de son environnement) que :

- l'algue verte filamenteuse observée **uniquement** sur la station Creek Baie Nord 6-T, en zone de courant faible sur fond de sable, *Spirogyra sp.* de la famille des Zygnematacées, est **vraisemblablement liée à la présence de nitrates** dans le cours d'eau (abondance ++ soit 25 à 50% de recouvrement du substrat à la station) ;
- l'algue marron encroûtante, observée uniquement à la station Kwë 1-E, *Microspora sp.* de la famille des Microsporacées, recouvrait la totalité des blocs de péridotite formant le substrat en zone de courant rapide (abondance +++ soit plus de 50% de recouvrement du substrat) ;
- l'algue bleu-verte filamenteuse *Rivularia sp.* de la famille des Rivulariacées est une cyanobactérie. Elle était présente dans les 3 stations Kaoris KAOR200, Trou Bleu 3-C et Kuébini KUEB300 où elle formait des petites boules sur le substrat (abondance R à +, c'est-à-dire moins de 25% de recouvrement du substrat) ;
- l'algue de couleur marron/kaki filamenteuse *Scytonema sp.* de la famille des Scytonematacées est une cyanobactérie. Elle était présente sur les 2 stations Trou Bleu 3-C et Kuébini KUEB300 où elle formait de longs filaments sur les blocs à l'interface eau/air (abondance +++ et +, c'est-à-dire plus de 50% de recouvrement du substrat sur Trou Bleu 3-C et entre 5 et 25% sur Kuébini KUEB300) ;

- l'algue *Gomphonema sp.*, diatomée de la famille des Naviculacées, était présente sur les 3 stations Kaoris KAOR200, Trou Bleu 3-C et Kuébini KUEB300 (voir aussi le § IV.4. page 161 sur les diatomées) ;
- l'algue verte filamenteuse *Mougeotia sp.* de la famille des Zygnematacées était présente uniquement dans les 2 stations Trou Bleu 3-C et Kuébini KUEB300 où elle recouvrait quelques blocs, en zone de courant moyen, d'un mince tapis vert clair (abondance R sur Trou Bleu 3-C et TR : moins de 3 observations sur Kuébini KUEB300) ;
- l'algue verte filamenteuse *Zygnema sp.* de la famille des Zygnematacées était présente sur les 2 stations Trou Bleu 3-C et Kuébini KUEB300 où elle formait de petites touffes vertes sur le substrat (blocs) en zone de courant rapide (abondance TR : moins de 3 observations) ;
- l'algue de couleur marron filamenteuse *Petalonema sp.* est une cyanobactérie. Elle était uniquement présente dans la station Kuébini KUEB300 où elle recouvrait le substrat (blocs) d'une couche épaisse (abondance +++, c'est-à-dire plus de 50% de recouvrement du substrat).

Les photographies des algues figurent en *annexe 5.1* pour la première campagne de novembre 2011 et en *annexes 5.2 à 5.4* pour les autres campagnes.

IV.4. Diatomées

Les *annexes 11.1 à 11.4* regroupent les données terrain relatives à la collecte du phytobenthos, du phytoplancton et des diatomées.

IV.4.1. Aspects taxinomiques

Les principales publications disponibles sur les algues et diatomées présentes dans les cours d'eau néo-calédoniens proviennent des collectes effectuées par le professeur Starmühlner, lors de l'expédition du Muséum de Vienne organisée en Nouvelle-Calédonie en 1965 (Starmühlner, 1968). Les ouvrages sont cités dans la bibliographie en fin de rapport. La position précise des stations prospectées en 1965 n'est pas connue (absence de coordonnées ou de carte). Il existe cependant un certain nombre de stations sur les cours d'eau échantillonnés dans la présente étude, qui permettront de disposer d'un historique pour un traitement ultérieur de cette donnée qui n'est pas prévu dans le cadre strict de ce rapport.

Suite aux prospections de 1965, les scientifiques ont montré qu'il existait des espèces plus ou moins abondantes d'algues et de diatomées dans les eaux courantes néo-calédoniennes, dont certaines sont nouvelles et décrites pour la première fois avec en particulier certaines espèces qui ne sont présentes que sur un seul cours d'eau (micro-endémisme).

Plus précisément, les diatomées de Nouvelle-Calédonie ont fait l'objet de publications relativement nombreuses : Manguin (1962), Maillard (1978), Moser *et al.* (1995 ; 1998 et 1999). De nombreuses espèces dont la description était invalide ont été décrites à nouveau avec des changements taxinomiques parfois difficiles à suivre (cf Kociolek & De Reviere, 1996 ; Krammer, 1997-2003 ; Lange-Bertalot, 1994, 1999 ; Vanhoutte *et al.*, 2004). La plupart des auteurs s'accordent sur une particularité propre à la microflore néo-calédonienne, à savoir la proportion élevée de formes endémiques au moins équivalente à celle observée pour les îles Galapagos et beaucoup plus élevée que dans les autres systèmes insulaires connus.

En ce qui concerne la présente étude, la distribution des principaux groupes de diatomées (ou familles) (Figure 9) montre une prédominance des Naviculacées avec les genres *Cymbella sensu lato* (*Cymbopleura*, *Encyonema*, *Delicata* et *Cymbella*), *Navicula sensu lato* (*Naviculadicta*, *Eolimna*, *Kobayasiella*), *Caloneis*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Coxia* et *Brachysira*. Les Monoraphidées ou Achnanthes sont également très bien représentées (*Achnantheidium*) mais le genre *Cocconeis* n'a pas été observé dans nos relevés. Les Bacillariées (Epithémiacées) sont surtout abondantes dans la Creek Baie Nord avec

Epithemia. Les Brachyraphidées ou Eunotiales sont peu représentées sur ces 6 stations (cf Figure 9).

Sur les relevés des 4 campagnes, 162 espèces et variétés ont été recensées dont 64 avec une seule occurrence. Les graphes de la Figure 10 page suivante montrent la répartition par campagne des formes cosmopolites¹¹ (une est tératogène¹² sur la station Creek Baie Nord 6-T), tropicales (sub ou pantropicales¹³) et celles qui peuvent être considérées comme endémiques.

¹¹ cosmopolite : se dit d'une espèce animale ou végétale quand elle est présente dans toutes les parties du monde (Larousse.fr).

¹² tératogène : Certaines diatomées colonisent des milieux de très mauvaise qualité. Les perturbations sont parfois telles que des malformations cellulaires peuvent apparaître. Certaines diatomées présentent alors une forme anormale. On parle de diatomées « tératogènes ». (Les diatomées bioindicatrices de la qualité de nos rivières, plaquette de la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre - Service Eau et Biodiversité).

¹³ pantropicale : se dit des plantes qui se localisent dans toute la zone tropicale .../...(Larousse.fr).

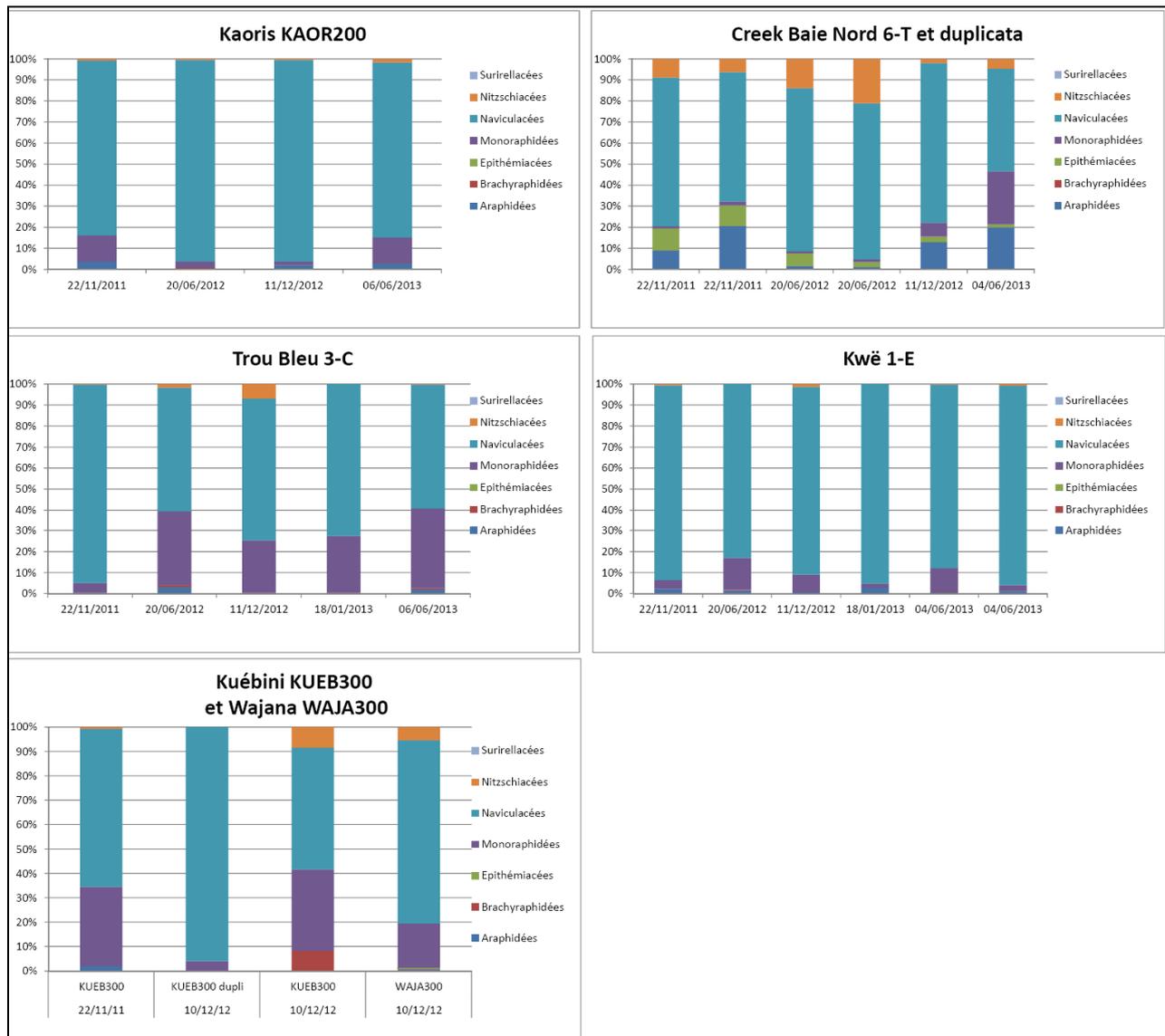


Figure 9 : Distribution des principaux groupes taxinomiques de diatomées de novembre 2011 à juin 2013

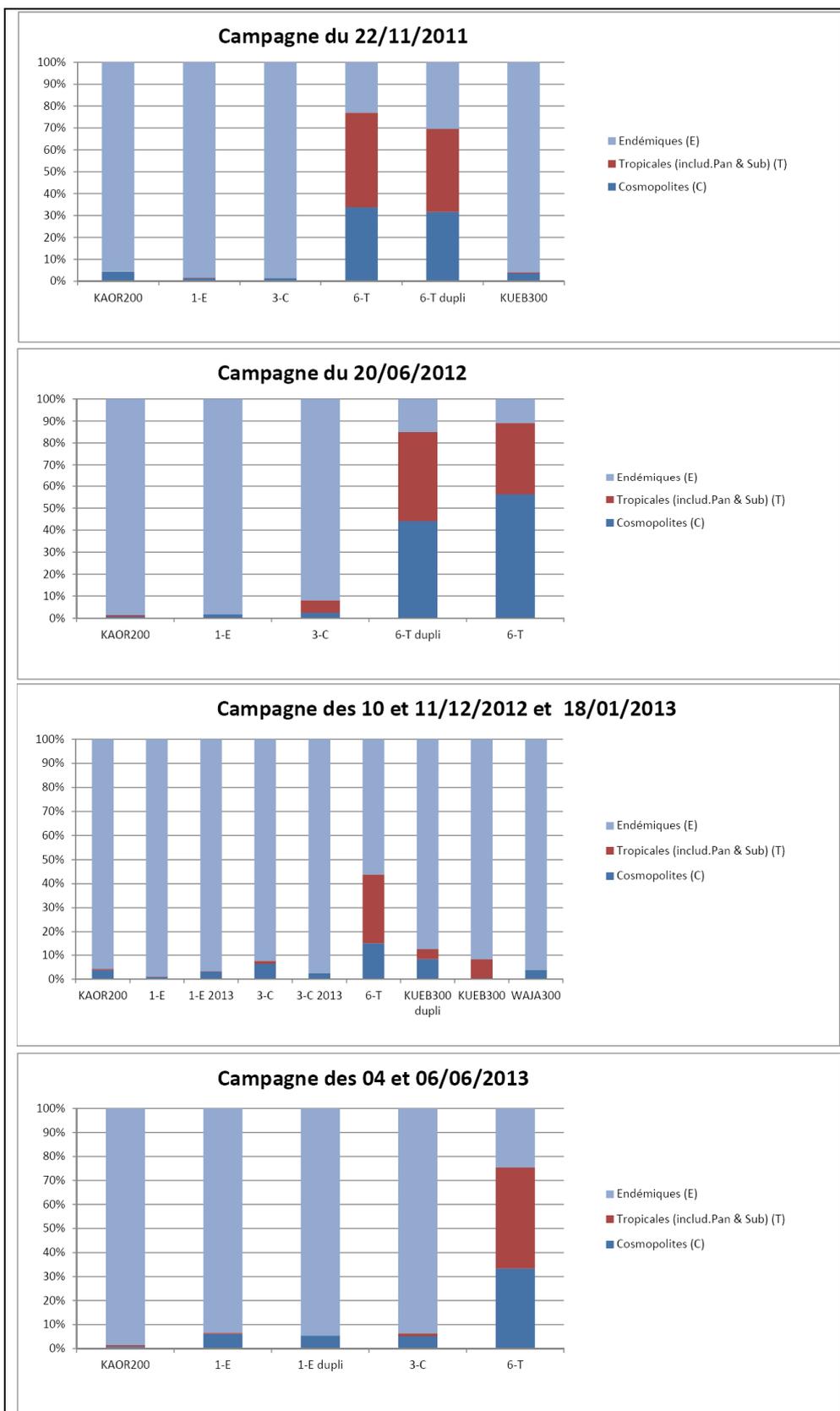


Figure 10 : Statut des diatomées collectées entre novembre 2011 et juin 2013 par campagne et pour chaque station (Kaoris KAOR200, Kwë 1-E, Trou Bleu 3-C, Creek Baie Nord 6-T, Kuébini KUEB300, Wajana WAJA300)

On constate que :

- la répartition des espèces que ce soit en fonction des familles (Figure 9) ou de leur statut (Figure 10) est sensiblement identique pour les stations sur lesquelles des duplicata ont été réalisés ;
- les formes tropicales et cosmopolites dominent les peuplements de la station Creek Baie Nord 6-T ;
- les formes endémiques représentent plus de 80% des peuplements sur toutes les autres stations, y compris sur Kwë 1-E.

Le rapport de phase 2 détaille les résultats obtenus pour les diatomées.

IV.4.2. Contrôle qualité

Les résultats relatifs aux blancs de terrain confirment une possible contamination d'un échantillon à l'autre si on utilise, après rinçage, le même matériel de prélèvement c'est-à-dire la même boîte la même brosse à dent : entre 2 et 3 taxons ont été identifiés pour une abondance comprise entre 2 et 4 individus respectivement (voir liste taxonomique en annexes 14.3 et 14.4).

IV.4.3. Conclusions sur les diatomées

Le rapport de phase 2 présente des résultats complémentaires pour les diatomées, notamment les essais de calcul d'indices au moyen des méthodes existantes en Europe et les potentialités d'utilisation des diatomées en tant qu'indicatrices de la qualité des eaux douces dans le contexte particulier de Vale NC. On retiendra toutefois qu'aucune tendance générale ne peut être tirée des résultats obtenus sur les indices de diversité et la richesse spécifique en diatomées dans le cadre de la présente étude. Seule la station Creek Baie Nord se distingue des autres stations par un peuplement constitué par un pourcentage élevé d'espèces cosmopolites (de 15 à 56%) dont certaines formes tétratogènes, ce qui traduit une perturbation du milieu sur une longue période.

IV.5. La flore des berges ou ripisylve

Le tableau page suivante dresse la liste des espèces allochtones répertoriées dans les six stations étudiées. Au total, 14 espèces ont été recensées au cours des 2 périodes d'échantillonnage (décembre 2011 et 2012) dont 3 espèces classées envahissantes par le code de l'environnement de la province Sud (JONC, 2009).

Seules les stations Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T ont présenté sur les berges des espèces introduites, respectivement 5 et 8 espèces (quelques individus isolés) le 22/12/2011, et 6 et 10 espèces en décembre 2012, soit 2 espèces de plus (surlignées en jaune dans le tableau). En décembre 2012, les **populations des trois espèces envahissantes** (selon le code de l'environnement de la Province Sud) *Cyperus sp*, *Pluchea odorata* et *Polygala paniculata*, **semblent se densifier sur les berges**, mais ne s'étendent pas dans les maquis environnants. Leur présence est vraisemblablement favorisée, au moins pour la station Creek Baie Nord 6-T, par la composition chimique des eaux, en particulier l'enrichissement en nutriments qui favorise l'installation d'espèces introduites qui ne se développent pas (pour le moment) sur les sols pauvres et toxiques ferraliques ferritiques du Grand Sud.

La station Trou Bleu 3-C est fréquentée par les promeneurs (sentier de randonnée) et une ancienne piste traverse la rivière en aval de la station, ce qui pourrait expliquer la présence d'espèces introduites. **Les autres stations sont indemnes d'espèces introduites.**

Toutes les stations présentent un milieu typique rivulaire du Grand Sud dont le cortège autochtone à fort taux d'endémisme est naturel et habituel pour ce type de milieu)

Tableau 30 : Liste des espèces allochtones présentes sur les stations

Famille	Genre espèce	Envahissante Province Sud	1-E		3-C		6-T		KAOR200		KUEB300		WAJA 300		
			Déc. 2011	Déc. 2012											
Compositae	<i>Conyza bonariensis</i>							+	+						
Cyperaceae	<i>Cyperus sp</i>	PS						+	+						
Poaceae	<i>Digitaria aff longiflora</i>				+	+									
Poaceae	<i>Echinochloa colona</i>							+	+						
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>							+	+						
Poaceae	<i>Eragrostis aff spartinoides</i>				+	+									
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i>								+						
Poaceae	<i>Paspalum wettsteinii</i>							1	1						
Poaceae	<i>Paspalum paniculatum</i>				+	+									
Compositae	<i>Pluchea odorata</i>	PS						+	+						
Polygalaceae	<i>Polygala paniculata</i>	PS			+	+	+	+							
Poaceae	<i>Setaria sp</i>					+			+						
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>							1	1						
Poaceae	<i>Stenotaphrum dimidiatum</i>				+	+									
Totaux			/	0	0	5	6	8	10	0	0	0	0	0	0

Les espèces en rouges sont envahissantes d'après le code de l'environnement de la Province Sud (JONC, 2009), les espèces surlignées en jaune n'avaient pas été recensées en novembre 2011.

IV.6. La macrofaune benthique

Les résultats se rapportant à la macrofaune benthique sont présentés dans les tableaux pages suivantes. Ils sont comparés avec ceux d'Aqua Terra. *L'annexe 1* donne les fiches d'accès aux stations. Les photos des stations et des prélèvements effectués par Hytec figurent en *annexe 5*. Les fiches de terrain correspondantes sont en *annexe 6*. Elles ont été éditées au nouveau format de fiche adopté par la Davar conformément aux recommandations de Mary & Archambault (2012). Les bulletins et listes faunistiques des stations figurent en *annexe 12* (Hytec) et en *annexe 13* (Aqua Terra). Les informations collectées sur le terrain et les résultats d'analyse du benthos d'Aqua Terra figurent en *annexe 13*.

IV.6.1. Comparaison des méthodes de prélèvement des macro-invertébrés benthiques mises en œuvre par Hytec et Aqua Terra

Pour rappel, Hytec devait au cours de cette étude assurer un contrôle en double aveugle des prélèvements de benthos réalisés par Aqua Terra. Ce contrôle a été réalisé sur le terrain mais aussi en comparant les paramètres mésologiques relevés respectivement par Hytec et Aqua Terra. Ainsi, Hytec a accompagné sur le terrain l'agent d'Aqua Terra en charge des prélèvements de benthos sur les stations Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E en juin 2013. Il n'y a cependant pas eu de contrôle au laboratoire du tri et de la détermination des taxons mais uniquement comparaison des listes faunistiques obtenues par chaque prestataire.

IV.6.1.a. Recommandations du guide méthodologique Mary et Archambault (2012)

Le nouveau guide méthodologique Mary et Archambault (2012) réalisé en vue de la mise en œuvre des méthodes indiciaires IBNC et IBS ayant été communiqué aux bureaux d'étude en août 2012 par la DAVAR, on ne peut en théorie s'y référer que pour les deux dernières campagnes (décembre 2012/janvier 2013 et juin 2013).

Concernant la méthodologie d'échantillonnage des macro-invertébrés, le groupe « eaux superficielles » réuni en avril 2010 lors de l'atelier de l'OEIL préconisait la mise en application de certaines recommandations très rapidement : inclusion des faciès lénitiques dans le plan d'échantillonnage des invertébrés en rivière, prélèvements plus différenciés et mieux caractérisés sur certains substrats (litières et racines, blocs, algues...) avec mesures de granulométrie et de vitesses de courant. Ces propositions ont par ailleurs été reprises dans le guide Mary & Archambault (2012) transmis à tous les bureaux d'étude en août 2012. Le groupe « eaux superficielles » recommandait également d'assurer par sécurité des échantillonnages par excès quitte, si leur exploitation immédiate n'était pas possible, à les stocker pour un traitement ultérieur. Ainsi, le nombre de prélèvements unitaires permettant

de caractériser la biodiversité d'une station n'étant pas encore défini (travaux actuellement en cours de réalisation), le groupe de travail recommandait d'explorer, dans le cadre de la convention sur la conservation de la biodiversité, tous les habitats représentés dans la station de rivière, y compris les habitats marginaux (faiblement représentés spatialement dans la station). **Cette recommandation n'a pas été mise en œuvre par Aqua Terra.**

IV.6.1.b. Prélèvements sur le terrain : collecte et conditionnement des macro-invertébrés benthiques

✓ **Collecte des macro-invertébrés benthiques**

C'est en juin 2013, sur les stations Trou bleu 3-C et Kwë 1-E qu'un contrôle des prélèvements réalisés par le prestataire d'Aqua Terra a été réalisé par Hytec (C. Flouhr). Le prestataire d'Aqua Terra utilisait encore des fiches de terrain antérieures au guide Mary & Archambault (2012). La fiche du nouveau guide lui a été remise à cette occasion par C. Flouhr avec des explications sur les différences par rapport à l'ancienne fiche. Les prélèvements sur les deux stations contrôlées ont par conséquent été réalisés conformément au nouveau guide, uniquement pour la dernière campagne de juin 2013.

Outre l'aspect méthodologique relatif au choix des substrats à échantillonner, aucun fait notable n'a été relevé. L'agent se déplaçait bien d'aval en amont en explorant un bief représentatif du cours d'eau échantillonné pour la station Trou Bleu 3-C, et certainement insuffisant sur la station Kwë 1-E au regard de sa largeur. V. Vailet (Aqua Terra) a confirmé que le filet utilisé avait une maille de 250 µm. Cependant, les cinq prélèvements unitaires réalisés ont été mélangés sur le terrain, contrairement aux préconisations de Mary & Archambault (2012) qui précisent bien d'individualiser les prélèvements sur le terrain et au laboratoire.

Hytec n'a pas vérifié que chaque prélèvement réalisé par Aqua Terra était bien concentré au fond du filet avant de passer au suivant dans la mesure où les cinq prélèvements unitaires ont été mélangés.

Dans chaque station de rivière, un seul bocal a été conditionné par Aqua Terra, contenant l'ensemble des prélèvements de macrofaune benthique réalisés. Ce protocole d'échantillonnage permet néanmoins de calculer les principaux paramètres caractéristiques de la faune benthique de la station : richesse taxonomique, densité, indices biotiques et de diversité.



Conditionnement des macro-invertébrés :

Après nettoyage de l'échantillon pour le débarrasser des sables et graviers notamment, celui-ci a été transféré dans un bocal en verre (de type bocal à conserves avec joint élastique). L'ajout du conservateur (formaldéhyde) a été réalisé par Aqua Terra au véhicule, soit près d'une demi-heure après le prélèvement pour la station Trou Bleu 3-C et un quart d'heure après pour la station Kwë 1-E. Le guide méthodologique Mary & Archambault (2012) préconise d'ajouter le conservateur sur le terrain, ce qui limite la prédation des macro-invertébrés entre eux et d'utiliser de l'alcool (concentration finale à 70%) car le formaldéhyde est classé comme agent cancérigène.

IV.6.1.c. Comparaison des paramètres mésologiques relevés par Hytec et Aqua Terra lors de la campagne de novembre 2011

A titre de comparaison, le tableau suivant présente les paramètres mésologiques des stations échantillonnées en novembre 2011 par Hytec et par Aqua Terra pour le compte de Vale NC.

Tableau 31 : Paramètres mésologiques des stations échantillonnées en novembre 2011

Nom station		Longueur station (m)	Largeur mini/maxi station (m)	Profondeur mini/maxi (m)	Substrat lit mouillé*	Dépôts latéritiques	Végétation aquatique et algues	% ombrage	Matières organiques
Kwë 1-E	Hytec	65	8-20	0,05-6	80% RM-15% blocs-5% Gr	90%	1% d'algues	0%	Faible (feuilles + tronc)
	Aqua Terra	60	4-12	0,05-2	80% RM/blocs-20% Gr/S	importants	absence	Milieu ouvert	Très faible (branches)
Trou Bleu 3-C	Hytec	25	0,4-6	0,05-0,6	50% RM-40% blocs-5% G/P-2% Gr-3% MO	10%	1% d'algues	40%	Faible (branche)
	Aqua Terra	25	1-4	0-1	90% RM/blocs-10% Gr/S	Substrat propre	absence	Milieu mi-ouvert	Très faible (feuilles)
Creek Baie Nord 6-T	Hytec	65	8-20	0,05-6	80% RM-15% blocs-5% Gr	90%	1% d'algues	0%	Faible (feuilles + tronc)
	Aqua Terra	60	4-12	0,05-2	80% RM/blocs-20% Gr/S	importants	absence	Milieu ouvert	Très faible (branches)

* RM : roche mère, G/P : galets pierre, Gr : graviers, S : sable, MO : débris organiques

Le fait que le guide Mary et Archambault (2012) n'ait pas été mis en œuvre sur les 3 premières campagnes de prélèvement explique que l'appréciation des paramètres

mésologiques diffère d'un prestataire à l'autre. Par exemple, ce ne sont pas les mêmes classes granulométriques qui ont été appréciées sur le terrain : les blocs ont été individualisés de la roche-mère par Hytec alors que les 2 types de substrats ont été regroupés par Aqua Terra. Il en est de même pour les graviers et le sable. Les résultats obtenus restent toutefois similaires au regard des pourcentages calculés après regroupement roche mère/bloc et graviers/sable.

De plus, il reste important d'évaluer précisément le pourcentage de recouvrement du substrat par les fines latéritiques dans la mesure où les stations d'étude sont sous influence d'anciennes mines, de la mine actuelle et/ou de sols nus avec activité de roulage notamment et que l'érosion naturelle participe également aux apports de sédiments fins dans les stations de la zone d'étude.

La longueur des stations échantillonnées est sensiblement la même pour les 2 opérateurs. Par contre, les indications de largeur et de profondeur diffèrent sensiblement pour une même station. L'utilisation d'un décamètre ou d'un laser mètre est conseillée pour vérifier ces données (Hytec et Aqua Terra), ces mesures étant faites actuellement par appréciation visuelle, hormis la longueur de la station mesurée au GPS par Hytec.

Les coordonnées amont et aval des prélèvements devraient figurer systématiquement sur les fiches de terrain. On constate que sur les fiches de terrain d'Aqua Terra, les coordonnées des stations échantillonnées sont identiques d'une saison à l'autre, alors qu'en fonction des conditions hydrologiques, il y a souvent nécessité de décaler légèrement la station vers l'aval ou l'amont.

IV.6.1.d. Conclusions et recommandations concernant la phase de terrain (collecte et conditionnement des échantillons de macro-invertébrés benthiques)

Le guide méthodologique et technique Mary & Archambault (2012) transmis en août 2012 à tous les bureaux d'étude **devrait** être mis en œuvre par tous pour permettre de travailler selon le même protocole et obtenir des résultats comparables. Il en va de la crédibilité de l'outil. **Une formation à l'utilisation du nouveau guide permettrait d'harmoniser auprès de la profession la méthodologie à mettre en œuvre au niveau du terrain, mais aussi du laboratoire.**

En particulier, il convient de noter qu'en ce qui concerne les paramètres mésologiques, les données obtenues par Aqua Terra sont relativement proches de celles d'Hytec. Seules diffèrent les données relatives aux profondeurs et largeurs du bief échantillonné. La réalisation d'une mesure plus précise serait recommandée lors des prochaines interventions à l'aide d'un décimètre ou d'un laser-mètre.

De même, il est recommandé de relever systématiquement les coordonnées aval et amont du bief échantillonné et de les faire figurer sur les fiches de terrain remises avec le rapport.

IV.6.2. Qualité biologique des stations échantillonnées

Les résultats biologiques concernant les prélèvements de macroinvertébrés benthiques figurent en *annexe 12* (Hytec) et en *annexe 13* (Aqua Terra).

IV.6.2.a. Comparaison des paramètres biologiques obtenus par Hytec et par Aqua Terra

Les prélèvements de faune benthique réalisés par Aqua Terra se sont limités aux 5 prélèvements préconisés pour le calcul des indices biotiques. La comparaison des résultats obtenus (listes faunistiques, paramètres caractéristiques des peuplements et indices) est donc réalisée **sur la base des 5 prélèvements** retenus par chaque prestataire.

Sur deux stations échantillonnées en juin 2012, Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E, les 8 prélèvements ont été mélangés sur le terrain car le temps imparti n'a pas permis de les séparer. Le calcul des résultats sur la base de 5 prélèvements n'est donc pas faisable.

Les valeurs obtenues pour l'indice biosédimentaire (IBS), l'indice biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC) et les autres métriques calculées à partir des listes taxonomiques (abondance faunistique, richesse taxonomique, indice EPT) sont reprises dans les tableaux suivants pour les différentes campagnes de prélèvement.

Tableau 32 : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec et Aqua Terra – base 5 prélèvements

Station	Date	Préleveur	Richesse taxonomique (nb taxons)	abondance (nb d'ind)	Indice EPT	IBNC	Qualité IBNC	IBS	Qualité IBS
Creek Baie Nord 6T	22/11/2011	Hytec	15	1118	4	4,40	Mauvaise	4,64	Mauvaise
		Aquaterra	8	988*	3	5,00	Passable	5,00	Mauvaise
		Différence	7	130	1	-0,60	OUI	-0,36	NON
Creek Baie Nord 6T	20/06/2012	Hytec	-	-	-	-	-	-	-
		Aquaterra	9	334	4	5,33	Mauvaise	5,00	Mauvaise
		Différence	-	-	-	-	-	-	-
Creek Baie Nord 6T	06/06/2013	Hytec	22	1641	5	5,13	Passable	4,82	Mauvaise
		Aquaterra	9	480	3	4,67	Mauvaise	5,17	Passable
		Différence	13	1341	2	0,46	OUI	-0,35	OUI
Kwë 1E	22/11/2011	Hytec	15	347	6	5,30	Passable	4,45	Mauvaise
		Aquaterra	11	203*	5	5,00	Passable	3,86	Très mauvaise
		Différence	4	144	1	0,30	NON	0,59	OUI
Kwë 1E	20/06/2012	Hytec	-	-	-	-	-	-	-
		Aquaterra	3	11	2	6,50**	Bonne	5,50**	Passable
		Différence	-	-	-	-	-	-	-
Kwë 1E	18/01/2013	Hytec	7	34	2	5,00	Passable	4,00	Très mauvaise
		Aquaterra	5	22	2	5,25**	Passable	5,25**	Passable
		Différence	2	12	0	-0,25	NON	-1,25	OUI
Kwë 1E	04/06/2013	Hytec	8	18	3	5,00	Passable	4,14	Très mauvaise
		Aquaterra	3	5	1	5,00**	Passable	3,00**	Très mauvaise
		Différence	5	13	2	0	NON	1,14	NON

Tableau (suite) : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec et Aqua Terra – base 5 prélèvements

Station	Date	Préleveur	Richesse taxonomique (nb taxons)	abondance (nb d'ind)	Indice EPT	IBNC	Qualité IBNC	IBS	Qualité IBS
Trou Bleu 3C	22/11/2011	Hytec	19	172	7	5,60	Bonne	5,29	Passable
		Aquaterra	8	59	3	5,20	Passable	5,75	Passable
		Différence	11	113	4	0,40	OUI	-0,49	NON
Trou Bleu 3C	20/06/2012	Hytec	9	135	2	5,14	Passable	4,33	Mauvaise
		Aquaterra	6	15	2	5,67**	Bonne	4,67**	Mauvaise
		Différence	3	120	0	-0,47	OUI	-0,34	NON
Trou Bleu 3C	18/01/2013	Hytec	12	56	5	5,50	Passable	5,33	Passable
		Aquaterra	9	83	2	5,50	Passable	5,33	Passable
		Différence	3	-27	3	0	NON	0	NON
Trou Bleu 3C	04/06/2013	Hytec	10	64	4	5,13	Passable	5,29	Passable
		Aquaterra	4	11	2	5,50**	Passable	5,33**	Passable
		Différence	6	53	2	0,37	NON	0,04	NON

* Valeurs recalculées par Hytec pour tenir compte des nymphes qui font partie du benthos

** moins de 7 taxons bio-indicateurs

La comparaison des paramètres calculés pour chaque prestataire a pu être faite **pour 9 séries de données**. Elle fait ressortir les points suivants :

- une richesse taxonomique supérieure pour tous les prélèvements réalisés par Hytec par rapport à Aqua Terra, avec un écart compris entre 2 et 13 taxons,
- une abondance des prélèvements réalisés par Hytec très supérieure dans 8 cas sur 9, avec un écart compris entre 12 et 1341 individus,
- des indices EPT faibles dans tous les cas, compris entre 1 et 7 et des écarts pouvant atteindre 4 taxons entre Hytec et Aqua Terra,
- la qualité biologique appréciée au travers de l'indice biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC) qui peut varier jusqu'à 0,60 point en valeur absolue, dans un sens ou dans l'autre, avec un classement des eaux qui diffère en qualité. Par exemple, la station Creek Baie Nord 6-T échantillonnée le 06/06/2013 présente une qualité passable en IBNC avec 5,13 pour Hytec et mauvaise en IBNC avec 4,67 pour Aqua Terra. Ainsi, dans 4 cas sur 9, il y a une différence de qualité biologique (IBNC).
- la qualité biologique appréciée au travers de l'indice biosédimentaire (IBS) qui peut varier jusqu'à 1,25 point en valeur absolue, dans un sens ou dans l'autre avec un classement des eaux qui diffère en qualité. Par exemple, la station Kwë 1-E montre deux classes d'écart avec une qualité très mauvaise en IBS pour Hytec (4,00) le 18/01/2013 et une qualité passable en IBS pour Aqua Terra avec 5,25. Ainsi, dans 3 cas sur 9, il y a une différence de qualité biologique (IBS).

On constate globalement que :

- pour les 3 stations Kwë 1-E, Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T, l'abondance et la richesse taxonomique obtenues par Aqua Terra sont inférieures à celles recueillies par Hytec pour 5 prélèvements unitaires (la différence maximale est de 1341 individus sur Creek Baie Nord 6-T en novembre 2011 avec une abondance totale de 1641 individus chez Hytec et de 480 individus chez Aqua Terra). Cet écart, peut s'expliquer par le nombre supérieur de substrats biogènes¹⁴ échantillonnés par Hytec par rapport à Aqua Terra, conformément aux préconisations du guide Mary & Archaimbault (2012) qui précise de privilégier les habitats marginaux et d'individualiser sur le terrain les racines et supports ligneux (branchages) des substrats de type litière et des algues. La comparaison des habitats échantillonnés est réalisée et commentée dans le rapport de phase 2 ;
- la qualité indiquée ne tient pas compte du nombre de taxons bio-indicateurs chez Aqua Terra qui conclut par exemple une bonne qualité le 20/06/2012 sur Kwë 1-E alors qu'il n'y a que 3 taxons collectés au total. Or, dans le cas d'un faible nombre de

¹⁴ Un substrat **biogène** est un substrat favorable au développement de la vie aquatique.

taxons, la qualité indiquée est à prendre avec précaution et la note doit être interprétée en tenant compte de cette faible richesse taxonomique ;

- le décompte des taxons doit intégrer les nymphes (oubli par Aqua Terra sur Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T du 22/11/2011). **Certes, l'identification des nymphes reste un exercice difficile, mais elles ne sont en aucun cas à omettre, comme tout autre taxon difficile à identifier (insectes éphéméroptères par exemple)**. La validation des taxons difficiles à déterminer est une solution que Hytec a choisie, afin d'avoir des données fiables et cohérentes. Ceci représente un coût supplémentaire alors que la validation d'une partie seulement de la campagne semble un bon compromis, d'autant plus si ce contrôle est mené de manière aléatoire.

IV.6.2.b. Comparaison des paramètres biologiques obtenus par Hytec pour 5 et 8 prélèvements

Les prélèvements de faune benthique réalisés par Hytec ont consisté en 8 prélèvements unitaires qui ont été individualisés sur le terrain (bocal séparé pour chaque prélèvement) et lors de l'analyse. Les paramètres caractéristiques des peuplements et indices ont été calculé **sur la base des 5 prélèvements** retenus par chaque prestataire pour le calcul des indices, mais aussi sur la base des 8 prélèvements.

Sur deux stations échantillonnées en juin 2012, Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E, les 8 prélèvements ont été mélangés sur le terrain car le temps imparti n'a pas permis de les séparer. La comparaison n'est donc pas faisable.

Les valeurs obtenues pour l'indice biosédimentaire (IBS), l'indice biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC) et les autres métriques calculées à partir des listes taxonomiques (abondance faunistique, richesse taxonomique, indice EPT) sont reprises dans les tableaux suivants pour les différentes campagnes de prélèvement.

Tableau 33 : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec – base 5 et 8 prélèvements par station

Station	Date	nombre de prélèvements	Richesse taxonomique (nb taxons)	abondance (nb d'ind)	Indice EPT	IBNC	Qualité IBNC	IBS	Qualité IBS
Creek Baie Nord 6T	22/11/2011	5	15	1118	4	4,40	Mauvaise	4,64	Mauvaise
		8	18	1988	5	4,58	Passable	4,38	Mauvaise
		Différence	3	870	1	0,18	OUI	-0,26	NON
Creek Baie Nord 6T	20/06/2012	5	-	-	-	-	-	-	-
		8	10	721	3	4,50**	Mauvaise	5,50**	Passable
		Différence	-	-	-	-	-	-	-
Creek Baie Nord 6T	11/12/2012	5	19	165	3	4,17	Mauvaise	4,62	Mauvaise
		8	20	175	3	4,31	Mauvaise	4,50	Mauvaise
		Différence	1	10	0	0,14	NON	0,12	NON
Creek Baie Nord 6T	06/06/2013	5	22	1641	5	5,13	Passable	4,82	Mauvaise
		8	23	1751	5	5,25	Passable	4,89	Mauvaise
		Différence	1	110	0	0,12	NON	0,07	NON
Kwë 1E	22/11/2011	5	15	347	6	5,30	Passable	4,45	Mauvaise
		8	16	507	6	5,55	Bonne	4,58	Mauvaise
		Différence	1	160	0	0,25	OUI	0,13	NON
Kwë 1E	20/06/2012	5	-	-	-	-	-	-	-
		8	9	43	3	4,33**	Mauvaise	4,50**	Mauvaise
		Différence	-	-	-	-	-	-	-
Kwë 1E	18/01/2013	5	7	34	2	5,00	Passable	4,00	Très mauvaise
		8	9	49	3	5,17	Passable	4,43	Mauvaise
		Différence	2	15	1	0,17	NON	0,43	NON
Kwë 1E	04/06/2013	5	8	18	3	5,00**	Passable	4,14	Très mauvaise
		8	8	37	3	5,00**	Passable	4,14	Très mauvaise
		Différence	0	19	0	0	NON	0	NON

Tableau (suite) : Comparaison des paramètres biologiques et de la qualité des stations échantillonnées par Hytec – base 5 et 8 prélèvements par station

Station	Date	nombre de prélèvements	Richesse taxonomique (nb taxons)	abondance (nb d'ind)	Indice EPT	IBNC	Qualité IBNC	IBS	Qualité IBS
Kaoris KAOR200	11/12/2012	5	21	179	6	5,43	Passable	5,07	Passable
		8	22	266	6	5,40	Passable	5,07	Passable
		Différence	1	87	0	0	NON	0	NON
Kaoris KAOR200	06/06/2013	5	18	337	7	5,53	Bonne	5,13	Passable
		8	22	391	9	5,67	Bonne	5,33	Passable
		Différence	4	54	2	0,14	NON	0,20	NON
Trou Bleu 3C	22/11/2011	5	19	172	7	5,60	Bonne	5,29	Passable
		8	20	216	7	5,56	Bonne	5,29	Passable
		Différence	1	44	0	-0,04	NON	0	NON
Trou Bleu 3C	20/06/2012	5	9	135	2	5,14	Passable	4,33**	Mauvaise
		8	11	148	3	5,56	Bonne	4,88	Mauvaise
		Différence	2	13	1	0,42	OUI	0,55	NON
Trou Bleu 3-C	18/01/2013	5	12	56	5	5,50	Passable	5,33	Passable
		8	13	73	5	5,33	Passable	5,20	Passable
		Différence	1	17	0	-0,17	NON	-0,13	NON
Trou Bleu 3-C	04/06/2013	5	10	64	4	5,13	Passable	5,29	Passable
		8	15	127	6	5,73	Bonne	5,36	Passable
		Différence	5	63	2	0,60	OUI	0,07	NON

** moins de 7 taxons bio-indicateurs

La comparaison des paramètres calculés pour 5 et 8 prélèvements respectivement a pu être faite pour 12 séries de données. Elle met en exergue les points suivants :

- un écart de richesse taxonomique compris entre 1 et 5 taxons,
- une différence d'abondance comprise entre 13 et 870 individus, ce dernier chiffre représentant 44% de l'effectif total (base 8 prélèvements) de la station Creek Baie Nord 6-T en novembre 2011,
- des indices EPT faibles dans tous les cas, avec moins de 2 taxons d'écart,
- une différence de classe de qualité biologique (IBNC) dans 4 cas sur 12, avec des écarts sur les valeurs d'indice de 0,60 point maximum ce qui reste relativement faible,
- aucune différence de classe de qualité biologique (IBS) (pour 12 comparaisons) malgré des écarts sur les valeurs d'indice pouvant atteindre 0,55 point, ce qui reste relativement faible.

IV.6.2.c. Qualité biologique et composition faunistique (benthos) des stations d'étude sur la base des résultats obtenus par Hytec

Du fait de l'absence caractérisée de rejet organique au niveau des stations Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C, c'est l'indice bio-sédimentaire (IBS) qui est utilisé pour caractériser la qualité biologique des stations échantillonnées. En revanche, pour la station Creek Baie Nord 6-T sous influence de perturbations diverses (organiques et sédimentaires), l'appréciation de la qualité biologique est réalisée au regard des deux indices. Dans les deux cas, les qualités reprises ci-après sont calculées sur la base de 5 prélèvements.

- Station Kwë 1-E : Les conditions mésologiques générales (lit exposé au soleil, température de l'eau élevée, faible quantité de matières organiques, colmatage du substrat par les fines latéritiques, homogénéité des habitats disponibles) sont peu favorables à la vie benthique et expliquent pour partie les mauvaises notes obtenues pour **l'IBS** (note comprise entre 4,00 et 4,45 – **qualité biologique très mauvaise à mauvaise**) et l'indice EPT (valeur maximale de 6 le 22/11/2011). Ces notes confirment le fait que la station est affectée par des pollutions de type sédimentaire. L'IBNC, peu pertinent, classe la station en qualité biologique passable pour les 3 campagnes de novembre 2011, janvier et juin 2013 (bonne qualité biologique sur la base de 8 prélèvements en novembre 2011).

La richesse taxonomique ainsi que l'abondance faunistique restent faibles (de 7 à 15 taxons pour moins de 350 individus pour 5 prélèvements unitaires). Les valeurs maximales sont observées le 22/11/2011 à l'étiage.

La faune benthique est peu diversifiée et est caractéristique des stations perturbées sur péridotites. Elle est dominée pour les trois premières campagnes par les trichoptères

Hydroptilidae (abondances relatives de 44%, 40% et 51% dans l'ordre des campagnes), taxons à faibles scores de sensibilité¹⁵ et par les vers Oligochètes pour la campagne de juin 2013 (28% de l'abondance totale). Les organismes polluo-sensibles (IBS) sont représentés par 1 seul taxon le 22/11/2011 : des trichoptères Helicopsychidae (1 individu), non présent lors des autres campagnes. Les insectes éphéméroptères de la famille des Leptophlebiidae sont représentés par les deux genres cosmopolites *Paraluma* et *Lepeorus* le 22/11/2011, le 18/01/2013 et le 04/06/2013, genres qui ne présentent pas de score de sensibilité élevé au regard de l'IBS ou de l'IBNC. En juin 2012, seul le genre *Lepeorus* était présent.

- **Station Creek Baie Nord 6-T** : Les conditions mésologiques générales (lit exposé au soleil, température de l'eau élevée, faible quantité de matières organiques, colmatage du substrat par les fines latéritiques) sont peu favorables à la vie benthique et expliquent pour partie les mauvaises notes obtenues pour l'IBS (4,62 à 4,82 - **mauvaise qualité biologique**) **confirmant l'état de dégradation de la qualité du milieu par les apports sédimentaires**. Les notes IBNC indiquent également une qualité biologique **passable à mauvaise** (4,17 à 5,13) et confirment les influences à la fois sédimentaire et organique des pollutions subies par cette station.

Les valeurs de l'indice EPT sont faibles (valeur maximale de 5 le 06/06/2013) en cohérence avec les observations sur site (colmatage du substrat par les fines latéritiques) et les notes obtenues pour l'IBS. On observe par ailleurs un développement d'algues vertes filamenteuses sur 5% du substrat à la station en novembre 2011 pouvant être dus à des apports organiques mais les analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau ne montrent pas la présence de matières organiques, ni de nitrates ou de phosphates (N, P ou C) au moment des prélèvements. La mauvaise qualité biologique au regard de l'IBNC confirme que la station subit des pollutions organiques dont l'origine reste à identifier, de même que les observations réalisées par la botaniste (voir § 6.4) qui signale la présence d'espèces plus exigeantes qui ne se développent pas sur les sols pauvres et toxiques ferrallitiques ferritiques du Grand Sud.

La richesse taxonomique bien que moyenne avec 22 taxons pour 1641 individus prélevés dans les 5 prélèvements unitaires le 06/06/2013 est plus faible lors des autres campagnes (15 taxons en novembre 2011 et 19 taxons en décembre 2012).

¹⁵ Les valeurs des scores des taxons se situent entre 1 et 10, les taxons les plus sensibles ayant les scores maxima.

La faune benthique est peu diversifiée et caractéristique des stations perturbées sur périodites. La structure du peuplement benthique change à chaque saison. La faune benthique est dominée par des diptères Simuliidae en novembre 2011, des diptères Chironomidae *Orthocladinae sp.* en juin 2012, des diptères Chironomidae *Tanytarsini* en décembre 2012 et des trichoptères Hydropsychidae en juin 2013, en relation certainement avec le débit. Les organismes polluo-sensibles (IBS) absents des prélèvements pour les 3 premières campagnes de prélèvement sont représentés en juin 2013 par 2 spécimens du diptère Ceratopogonidae Foripomyinae. Les insectes éphéméroptères de la famille des Leptophlebiidae sont représentés par un seul genre, *Paraluma*, cosmopolite et qui ne présente pas de score de sensibilité élevé au regard de l'IBS ou de l'IBNC. Ce taxon était présent pour toutes les campagnes sauf en juin 2012.

N.B. : Les mauvaises notes obtenues en IBNC sont souvent corrélées à des mauvaises notes en IBS comme l'ont montré Mary et Hytec (2007) et inversement. En effet, lorsque le cours d'eau est soumis à diverses atteintes (pollution organique et/ou sédimentaire), les deux indices traduisent une dégradation de la qualité biologique du cours d'eau, sans qu'il soit possible d'identifier avec précision l'origine de la pollution impliquant la baisse de qualité : organique, sédimentaire ou les deux. C'est la raison pour laquelle il est essentiel d'identifier préalablement et dans la mesure du possible la nature des pollutions susceptibles d'impacter le cours d'eau et de travailler avec l'indice correspondant. Dans le cas présent, il semblerait que la station Creek Baie Nord 6-T soit soumise aux deux types de pollution.

- **Station Trou Bleu 3-C** : Malgré des conditions mésologiques générales *a priori* plus favorables à la vie benthique (lit ombragé, température de l'eau plus fraîche, apport régulier de matières organiques d'origine végétale, source de nutriments et de niches écologiques, faible colmatage du substrat par les fines latéritiques) et une plus forte richesse taxonomique en invertébrés dans la station (19 taxons le 22/11/2011), les notes **IBS** obtenues restent médiocres (4,33 à 5,29 - qualité biologique **passable à mauvaise**). Ces notes laissent penser que la station subit des perturbations sédimentaires non négligeables (l'IBNC classe la station en qualité biologique bonne à passable). La présence de la route d'accès au site et à la côte Est en amont du bassin versant, ainsi que quelques habitations, ne suffisent pas à expliquer cette qualité biologique médiocre.

Les valeurs de l'indice EPT sont faibles (valeur maximale de 7 le 22/11/2011) et confirment les résultats obtenus pour l'IBS. Ceci reste surprenant pour cette station retenue comme référence de qualité.

La richesse taxonomique totale bien que moyenne avec 19 taxons pour 172 individus pour 5 prélèvements unitaires le 22/11/2011 chute lors des autres campagnes (9, 12 et 10 taxons respectivement), **en relation avec les débits élevés.**

La faune benthique est peu diversifiée. Elle est dominée pour toutes les campagnes par les Trichoptères Hydroptilidae, taxons à faibles scores de sensibilité. Les organismes polluo-sensibles (IBS) sont représentés par 3 taxons le 22/11/2011 : des trichoptères de la famille des Helicopsychidae (12 individus), des diptères de la famille des Chironomidae du genre *Pseudochironomini* (30 individus) ainsi qu'une éphéméroptère de la famille des Leptophlebiidae du genre *Ounia*. L'insecte trichoptère Helicopsychidae est retrouvé en juin 2012 et 2013, l'éphéméroptère Leptophlebiidae *Ounia sp.* en janvier 2013. Cette famille d'insectes est également représentée par deux genres cosmopolites, *Paraluma*, le 22/11/2011 et *Lepeorus* en janvier et juin 2013, qui ne présentent pas de score de sensibilité élevé au regard de l'IBS ou de l'IBNC.

- **Station Kaoris KAOR200** : Les conditions mésologiques générales (lit exposé au soleil, température de l'eau élevée, faible quantité de matières organiques, colmatage du substrat par les fines latéritiques) sont peu favorables à la vie benthique et expliquent pour partie les notes médiocres obtenues pour l'IBS (note comprise entre 5,07 et 5,13 – qualité biologique **passable**). Ces notes confirment le fait que la station est affectée par des pollutions de type sédimentaire. L'IBNC classe la station en qualité biologique bonne à passable. Ces notes laissent penser que la station subit des perturbations sédimentaires.

La valeur de l'indice EPT est également faible (valeur comprise entre 6 et 7) en cohérence avec les observations sur site (colmatage du substrat par les fines latéritiques) et les notes d'IBS calculées.

La richesse taxonomique est moyenne. Elle est maximale en novembre 2011 avec 21 taxons et 179 individus, pour 5 prélèvements unitaires.

La faune benthique (base 8 prélèvements) est peu diversifiée et caractéristique des stations perturbées sur péridotites. Elle est dominée par les Trichoptères Hydroptilidae (45% de l'abondance totale en décembre 2012 et en juin 2013). Les organismes polluo-sensibles (IBS) sont représentés par un seul taxon en décembre 2012, 2 insectes trichoptère Leptoceridae *Gracilipsodes* et par trois taxons en juin 2013, représentés chacun par un seul individu, l'insecte éphéméroptère Leptophlebiidae *Tenagophila spp.*, l'odonate Synthemistidae *Synthemis spp.* et le trichoptère Helicopsychidae *Helicopsyche spp.*. Les insectes éphéméroptères Leptophlebiidae sont représentés par deux autres genres cosmopolites, *Paraluma* et *Lepeorus*, qui ne présentent pas de score de sensibilité élevé au regard de l'IBS ou de l'IBNC.

Qualité des stations étudiées :

Les stations étudiées présentent une qualité biologique au regard des pollutions sédimentaires (IBS) passable pour la station de référence Kaoris KAOR200, passable à mauvaise pour la station Trou Bleu 3-C, mauvaise pour Creek Baie Nord 6-T, mauvaise à très mauvaise pour Kwë 1-E.

La station Creek Baie Nord 6-T subit également une influence organique avec une qualité biologique au regard de l'IBNC passable à mauvaise. Les saisons ne semblent pas intervenir dans les valeurs d'indice obtenues comme prévu par N. Mary, lors de l'élaboration de ces outils.

Composition des peuplements benthiques :

Toutes les stations étudiées présentent des populations peu diversifiées, dominées par deux ou trois taxons et peu de taxons polluo-sensibles y ont été collectés.

A la station Creek Baie Nord 6-T, les richesses taxonomiques restent moyennes (entre 15 et 22 taxons) pour des abondances inférieures à 1200 individus à la même période (base 5 prélèvements unitaires). La station Kwë 1-E présente les richesses taxonomiques les plus faibles (entre 7 et 15 taxons) avec des abondances également faibles (inférieures à 347 individus, sur la base 5 prélèvements unitaires).

La station de référence Kaoris KAOR200 a des richesses taxonomiques comprises entre 18 et 21 taxons, comparables à celles de Creek Baie 6-T aux mêmes périodes (décembre 2012 et juin 2013). Les abondances sont par contre plus faibles, inférieures à 337 individus (base 5 prélèvements unitaires). La station de référence Trou Bleu 3-C a des richesses taxonomiques variables, comprises entre 9 et 19 taxons, selon la période climatique. Les abondances sont par contre les plus faibles, inférieures à 172 taxons (base 5 prélèvements unitaires).

IV.6.3. Comparaison des stations potentiellement impactées et de référence d'un point de vue mésologique et faunistique

Cette campagne de suivi de la qualité des eaux superficielles a été notamment réalisée afin d'évaluer la qualité physico-chimique et biologique des eaux de 2 stations sous influence du projet minier et industriel de Vale NC (Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T) par comparaison avec 2 stations implantées sur des bassins versants présentant des caractéristiques mésologiques proches (respectivement Trou Bleu 3-C et Kaoris KAOR200) et, *a priori*, non impactée par le projet minier et industriel.

IV.6.3.a. Données mésologiques

D'un point de vue mésologique, les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T présentent des caractéristiques communes : la température de l'eau est relativement élevée, la pente à la station moyenne, le lit peu ombragé. L'eau était claire à l'étiage en novembre 2011, avec un léger trouble pour les autres campagnes de prélèvement (turbidité inférieure à 6 NFU). La matière organique d'origine végétale est peu représentée (quelques branches et feuilles). Ces stations subissent des apports sédimentaires sous forme de latérites essentiellement en provenance de l'activité minière actuelle et passée. La station Creek Baie Nord 6-T, située en aval de l'usine et de la centrale de Prony Energie, subit des apports plus variés issus des activités humaines sur site, avec potentiellement un nombre important de polluants dont la nature exacte n'est pas facile à appréhender, dont possiblement des apports d'effluents organiques (réseaux et unités de traitement des eaux usées).

La station Kaoris KAOR200 est plus proche d'un point de vue mésologique de la station Kwë 1-E dont elle se distingue par le substrat constitué de dalles et de blocs de cuirasse pour la première et de blocs métriques de péridotites pour la seconde.

La station Trou Bleu 3-C plus ombragée avec une pente plus forte et une succession de cascades présente une eau plus fraîche. La matière organique d'origine végétale reste faible du fait de la vitesse de l'eau et de la pente. Le bassin est globalement préservé de toute activité et la présence de fines latéritiques se limite à une faible couche sur le substrat sur 10% de la station alors que ces fines sont omniprésentes sur les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T où elles recouvrent 100% du substrat en zone lenticule (mouilles).

IV.6.3.b. Qualité biologique des stations échantillonnées en faune benthique

Les résultats des analyses biologiques confortent les observations faites *in situ* sur les stations Kwë 1-E et Creek Baie Nord 6-T avec une qualité biologique au regard de l'IBS (colmatage du substrat par les fines latéritiques) mauvaise à très mauvaise pour Kwë 1-E et mauvaise pour Creek Baie Nord 6-T. Pour Creek Baie Nord 6-T, l'IBNC indique que la station subit encore des perturbations de type organique (qualité biologique de passable à mauvaise). Par contre, pour les stations de référence Trou Bleu 3-C et Kaoris KAOR200, la qualité biologique (IBS) est de passable à mauvaise pour Trou Bleu 3-C et passable pour Kaoris KAOR200. Pour Trou Bleu 3-C, ce résultat laisse penser que la station subit des perturbations sédimentaires non négligeables contrairement aux observations faites sur site (la forte pente ne favorise pas la sédimentation). Par contre, bien que la faune benthique de cette station soit peu diversifiée, c'est elle qui présente le plus de taxons polluo-sensibles au regard de l'IBS (3 taxons observés en novembre 2011).

IV.6.4. Taxons remarquables

Tous les taxons n'ont pas été déterminés au stade de l'espèce car leur identification est souvent impossible, du fait de la méconnaissance des stades larvaires des insectes aquatiques de la Nouvelle-Calédonie. Quand elle est possible, l'identification à l'espèce requiert souvent l'envoi des organismes benthiques à différents spécialistes à travers le monde, ce qui n'a pas été réalisable dans le cadre de cette étude.

Les déterminations réalisées par Nathalie Mary (voir listes faunistiques en annexe 12) n'ont mis aucun taxon remarquable en évidence parmi les macro-invertébrés benthiques (hormis les crevettes). Pour les crevettes, dont certaines espèces sont endémiques et protégées par le code de l'environnement de la province Sud, les inventaires piscicoles permettront de préciser les espèces au statut particulier.

Chapitre V - Conclusions

Dans la continuité de l'atelier organisé en avril 2010 sur les indicateurs des milieux aquatiques, l'OEIL (Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie) a souhaité réaliser un contrôle en double aveugle de la qualité des cours d'eau sous influence du projet industriel et minier de Vale NC. Le contrôle a porté sur trois stations suivies par Vale NC (Creek Baie Nord 6-T, Kwë 1-E et Trou Bleu 3-C) au cours de 4 campagnes de prélèvement entre novembre 2011 et juin 2013. Les prélèvements ont été réalisés sur l'eau, les sédiments et les macro-invertébrés benthiques le même jour que l'industriel.

Compte tenu des moyens humains et financiers mis en œuvre pour ces contrôles, ils ont été étendus à d'autres stations pouvant servir de référence (Kaoris KAOR200, Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300) et à la flore des berges et aquatique (diatomées, phytobenthos et phytoplancton).

Les principaux résultats obtenus à l'issue de cette première phase sont synthétisés ci-après. L'analyse du phytoplancton et du phytobenthos n'ayant pas pu être réalisée par le laboratoire de l'IRSTEA (analyses réalisées gracieusement), les échantillons sont conservés dans l'attente éventuelle d'une commande ultérieure par l'OEIL.

V.1. Qualité physico-chimique et biologique des stations échantillonnées

V.1.1. Qualité des eaux

Les eaux de rivière sont faiblement minéralisées et présentent toutes un faciès similaire, de type bicarbonaté, calcique et magnésien. Ces ions restent toutefois présents en quantité faible hormis le magnésium, ce qui reste une caractéristique des eaux des rivières néo-calédoniennes (Mary, 1999).

C'est essentiellement en période de débits plus soutenus que les stations tendent à se différencier sur le plan physico-chimique (teneur en ions majeurs). En particulier, les stations sous influence du projet minier et industriel (Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E) se distinguent des stations de référence par une proportion d'ions sulfates et d'ions sodium et/ou potassium plus importante. Les stations qui présentent le moins de variabilité temporelle au regard de la teneur relative en ions majeurs de leurs eaux sont les stations Kaoris KAOR200 et Kuébini KUEB300, à l'inverse des stations Wajana WAJA300 et Trou Bleu 3-C qui présentent, en période de débits plus soutenus, une augmentation de la teneur relative de leurs eaux en ions chlorures et /ou nitrates par rapport aux ions hydrogénocarbonates et sulfates dont la proportion diminue.

L'oxygénation des eaux est bonne avec des valeurs proches de la saturation (100%), favorisée par la présence de cascades ou de zones de radier, ou d'une pente moyenne dans les stations étudiées. **Le pH est légèrement basique** et compris entre 6,9 (Trou Bleu 3-C en décembre 2012) et 8,1 (Creek Baie Nord 6-T de novembre 2011). **La température des eaux** se situe entre 22 et 27°C en étiage et est plus fraîche en moyennes eaux (juin 2012), entre 19 et 22°C. **La turbidité reste faible** (<10 NTU) sur l'ensemble des stations quelque soit la saison, confortée par l'observation d'une eau claire à légèrement trouble avec le fond visible. **Les teneurs en pigments chlorophylliens**, inférieures à 1,8 µg/l, **classent les eaux étudiées en milieu ultraoligotrophe**.

Les analyses réalisées ont permis de mettre en évidence des eaux peu chargées en matières organiques et en nutriments (nitrates, phosphates), mais ont décelé la présence de certaines de ces substances :

- les **nitrates** omniprésents sur Kwë 1-E et sur Kaoris KAOR200 en juin 2012, Creek Baie Nord 6-T en juin et décembre 2012 et juin 2013, Kuébini KUEB300 et Wajana WAJA300 en novembre 2011 et décembre 2012,
- les métaux et, plus particulièrement des teneurs importantes en **fer, en chrome et en nickel** dissous associés au bruit de fond géochimique des roches,
- **l'aluminium dissous et le silicium** omniprésents en faible concentration sur toutes les stations et pour toutes les campagnes,
- les **cyanures libres** sur Kaoris KAOR200, Kuébini KUEB300 et Trou Bleu 3-C en novembre 2011, ainsi que sur Creek Baie Nord 6-T en juin 2012 et 2013,
- les **fluorures dissous** sur KAOR200 en juin 2012,
- le **mercure dissous** sur toutes les stations en décembre 2012, sauf Wajana WAJA300 et Kuébini KUEB300,
- **l'étain dissous** sur toutes les stations, sauf Kwë 1-E en décembre 2012,
- **le titane** en novembre 2011 sur Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E,
- **le soufre sous forme de sulfates dissous SO₄** sur toutes les stations et durant les 4 campagnes de terrain, les teneurs les plus importantes ayant été observées à Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E,
- les ions **hydrogénocarbonates HCO₃** sur Creek Baie Nord 6-T en quantité importante pour toutes les campagnes d'échantillonnage,
- **le molybdène** sur 1-E en juin 2013,
- **le manganèse** en novembre 2011 sur Kaoris KAOR200,
- **des composés organiques halogénés adsorbables (AOX)** sur 6-T en juin et décembre 2012, sur Kaoris KAOR200 en juin 2013, sur Kwë 1-E en juin 2012 et 2013,
- **des composés organiques halogénés volatils (COV)** en faible concentration sur Kwë 1-E en décembre 2012,
- **une contamination bactériologique** des eaux au site Wajana WAJA300 (site de baignade).

Les phosphates et les pesticides ainsi que les PCB (polychlorobiphényles), BTEX (Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques), HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) analysés uniquement aux stations Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E n'ont pas été mis en évidence (valeurs inférieures aux limites de quantification).

On retrouve une qualité globalement équivalente entre Creek Baie Nord 6-T et sa station de référence Kaoris KAOR200 pour la plupart des paramètres physico-chimiques analysés avec une teneur plus importante sur Creek Baie Nord 6-T pour la charge organique et sédimentaire et quelques ions majeurs, en particulier les sulfates dissous ainsi que les pigments chlorophylliens. *A contrario*, la station Kaoris KAOR200 présente des teneurs plus importantes que sur Creek Baie Nord 6-T pour certains métaux associés au fond géochimique des roches : nickel Ni dissous, chrome Cr et fer Fe mais aussi pour l'étain dissous et les fluorures dissous.

De même, Kwë 1-E et sa station de référence Trou Bleu 3-C présentent une qualité globalement équivalente pour la plupart des paramètres analysés, mais avec une turbidité, des teneurs en ions majeurs, plus particulièrement en sulfates dissous et en nitrates, et en métaux associés au fond géochimique (chrome, fer, nickel) plus importantes sur Kwë 1-E.

L'ensemble de ces paramètres sera à surveiller lors des prochaines campagnes et plus particulièrement en période de pluie avec un contrôle de qualité (blanc de terrain et duplicata).

L'analyse du soufre étant d'une part sous-traitée en métropole et d'autre part donnant des résultats proportionnels aux sulfates dissous, on privilégiera l'analyse des sulfates réalisée localement.

V.1.2. Qualité des sédiments de la station Creek Baie Nord 6-T

On relève sur la base des analyses réalisées par Hytec à l'étiage sur deux années consécutives (novembre 2011 et décembre 2012) :

- une variation importante de la teneur en **ions majeurs** d'une année sur l'autre avec l'augmentation de la teneur en **calcium, sulfates dissous (et soufre), chlorures** et la baisse significative de la teneur en **sodium et potassium** entre novembre 2011 et décembre 2012 ;
- une teneur importante en **métaux associés au fond géochimique des roches** déjà mis en évidence dans l'eau : **chrome, fer, nickel** pour les deux campagnes ;
- la présence de **matières organiques (carbone organique total COT)** pour les deux campagnes ;
- la présence **d'éléments métalliques (aluminium, baryum, cuivre, manganèse, molybdène, plomb, zinc)** pour les deux campagnes, de **cobalt** en novembre 2011 et de **bore** en décembre 2012. La majorité de ces composés sont peu solubles dans l'eau et ont tendance à s'accumuler dans les sédiments (cuivre, manganèse, cobalt et plomb) ;
- la présence de **substances toxiques** en décembre 2012 (**arsenic et mercure**) ;
- la présence de **micropolluants organiques** en décembre 2012 : **HAP avec la présence de phénanthrène et pyrène, composés organiques halogénés adsorbables (AOX)** pour les deux campagnes ;
- la présence de **titane** et de vanadium pour les deux campagnes ;
- la présence de **dichlorvos (pesticide)** en décembre 2012, à la limite de quantification en décembre 2012 parmi la liste des 56 molécules analysées.

Ces analyses sont complémentaires des analyses d'eau et en l'absence de référence de qualité pour les sédiments, c'est l'observation de l'évolution de sa composition physico-chimique dans le temps qui présente un intérêt. On note en particulier la présence de certaines substances toxiques ou indésirables peu solubles dans l'eau et qui ont tendance à s'accumuler dans les sédiments : **cuivre, manganèse, cobalt et plomb**.

D'autres éléments métalliques (aluminium, molybdène, titane, vanadium, zinc), des produits toxiques ou indésirables (arsenic, baryum, bore, mercure), des faibles quantités de matières organiques, mais aussi des micropolluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP, composés organiques halogénés adsorbables AOX) ainsi qu'un pesticide (le dichlorvos) ont été mis en évidence dans les sédiments.

Il est donc indispensable de coupler les deux analyses pour avoir une vision globale de la qualité du milieu et de ses effets sur la faune et la flore aquatique.

V.1.3. Qualité biologique

Les analyses biologiques (faune benthique et diatomées) amènent des informations intéressantes sur la qualité biologique de ces cours d'eau. Elles confirment les atteintes subies par le Creek Baie Nord, *a minima* des pollutions organiques et sédimentaires. La rivière Trou Bleu présente des particularités au niveau physico chimique avec une eau très claire, même en période de pluie, une faible diversité des diatomées échantillonnées sur cette station et des notes d'indice IBS faibles laissant suspecter une possible pollution sédimentaire du cours d'eau.

La phase 2 détaille les informations collectées et les complète à partir des informations obtenues à l'issue du traitement statistique de ces données.

V.2. Coordination des interventions et des intervenants

V.2.1. Les points positifs

V.2.1.a. Coordination des équipes de terrain

Tout au long de l'année, il semble que les équipes de Vale NC et d'Aqua Terra se coordonnent pour échantillonner l'eau, les sédiments et les macro-invertébrés benthiques le même jour ou tout au moins sur la même période. Cette recommandation formulée par Lascombe (2011) permet d'obtenir des séries de données cohérentes en limitant les variabilités liées au temps.

Hytec a facilement pu se cadrer sur leur calendrier d'intervention pour effectuer les prélèvements en double aveugle durant les mêmes journées d'échantillonnage. Seule la campagne de décembre 2012 a été pour partie décalée en janvier 2013 pour les macro-invertébrés benthiques des stations Trou Bleu 3-C et Kwë 1-E du fait de conditions hydrologiques et météorologiques défavorables. Par contre, les prélèvements d'eau et de sédiments ont pu être réalisés en même temps que Vale NC, à chaque campagne.

V.2.1.a. Laboratoire d'analyse des eaux et des sédiments

Ce sont les mêmes laboratoires qui sont intervenus au cours des 4 campagnes :

- pour Vale NC : laboratoire interne de Vale NC pour l'analyse de l'eau et le laboratoire Lab'Eau pour l'analyse des sédiments,
- pour Hytec : le laboratoire de la Calédonienne des Eaux (CDE) et son sous-traitant métropolitain pour l'ensemble des analyses (eau et sédiments).

V.2.2. Les points à améliorer

V.2.2.a. Equipes de terrain

La coordination des équipes de terrain doit permettre de réaliser le même jour les diverses mesures et prélèvements sur une même station : prélèvements d'eau et de sédiments pour analyses physico-chimiques, prélèvements biologiques, et conditions environnementales (luminosité, hydrologie, état des habitats et végétation des rives, dépôts sédimentaires). Afin de limiter la variabilité des données liées à l'opérateur, il est recommandé de faire intervenir les mêmes opérateurs pour chaque compartiment à chaque campagne de terrain (eau + sédiments, faune benthique + diatomées).

Durant les 4 campagnes réalisées en double aveugle, il n'a pas été possible d'identifier les personnes en charge des prélèvements d'eau et de sédiments chez Vale NC car les équipes de l'industriel n'ont pas été croisées sur le terrain et les noms des préleveurs ne figurent pas sur les bulletins d'analyse.

De même, pour les macro-invertébrés benthiques, les noms des préleveurs ne figurent pas sur les bulletins et dans les rapports d'analyse. Les personnes rencontrées sur le terrain en charge des prélèvements faunistiques d'Aqua Terra ont différé pour 3 campagnes d'échantillonnage (au moins 3 intervenants différents sont intervenus durant les 4 campagnes d'échantillonnage).

Cette variabilité opérationnelle peut expliquer les différences de données recueillies.

V.3. Analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments

V.3.1. Contrôle en double aveugle de la physico-chimie des eaux de rivière

Sur 35 paramètres réalisés par Hytec et Vale NC à fréquences variables, la comparaison n'a pu être faite que sur 15 paramètres car nombre de paramètres présentent des teneurs inférieures aux limites de quantification de l'un ou l'autre laboratoire, ou des deux. Onze paramètres analysés par Vale NC ont, pour la majorité des mesures, des valeurs proches de celles analysées par Hytec (CDE) (moins de 20% d'écart relatif). Il s'agit de :

- paramètres *in situ* : conductivité, oxygène dissous (mg/l), pH, température de l'eau ;
- paramètres physico-chimiques : chlorures Cl, sodium Na, magnésium Mg, potassium K, silicium Si ;
- substances indésirables : soufre S ;
- substances toxiques : nickel dissous Ni.

Des écarts sont observés sur plus de la moitié des analyses (plus de 20% d'écart relatif) pour 4 paramètres : **la turbidité**, du fait du choix d'une gamme étalon inadaptée par Vale NC, les **nitrites**, les **sulfates dissous** (écarts acceptables, *i.e.* moins de 30% en écart relatif, pour la majorité des mesures) et le **titre alcalimétrique complet** (TAC) (valeurs mesurées par Vale NC supérieures environ d'un facteur 10). **Il est difficile de conclure en comparant un si petit nombre d'observations.**

V.3.2. Contrôle en double aveugle de la physico-chimie des sédiments de rivière

Seules les campagnes de novembre 2011 et décembre 2012 ont fait l'objet de prélèvements en double aveugle. La comparaison a porté sur 9 paramètres physico-chimiques analysés en commun, granulométrie non comprise, en novembre 2011 et 8 paramètres en décembre 2012. Seulement 3 paramètres présentent des écarts relatifs significatifs ($\geq 20\%$) : nickel, plomb et zinc en novembre et 4 paramètres en décembre 2012 : chrome, manganèse, nickel et zinc.

V.3.3. Comparaison de la qualité physico-chimique des sédiments de rivière à la station Creek Baie Nord 6-T entre novembre 2011 et décembre 2012

Sur 41 paramètres analysés en commun, 13 paramètres présentent des écarts relatifs significatifs ($\geq 50\%$). Il s'agit du COT, l'aluminium, le baryum, le chrome, le cuivre, le plomb, le calcium, les chlorures, le magnésium, le potassium, le sodium, les sulfates dissous et le titane.

V.3.4. Recommandations relatives aux prélèvements et analyses d'eau et de sédiments

V.3.4.a. Transport des échantillons d'eau et de sédiments après prélèvement

Les échantillons d'eau et de sédiments doivent être transportés dans des glacières réfrigérées, à l'abri de la lumière jusqu'au laboratoire d'analyse, dans les 24 heures suivant le prélèvement. La température de la glacière doit être notée sur la demande d'analyse, ainsi que l'heure de dépôt et les éventuels problèmes rencontrés.

Ces informations doivent figurer sur le bulletin d'analyse.

Les bulletins d'analyse des laboratoires sous-traitants devront si possible être fournis et plus globalement les bulletins d'analyse seront joints à tout envoi de liste de paramètres avec les résultats des analyses effectuées *in situ* et les autres observations réalisées au moment du

prélèvement (conditions météorologiques pendant et avant prélèvement, conditions d'écoulement et débit anormalement élevé, substrat et profondeur de l'eau à l'endroit du prélèvement, distance à la berge, etc).

V.3.4.b. Méthodes d'analyse et limites de quantification à mettre en œuvre

Pour l'industriel Vale NC, le programme d'analyse fait référence à une série d'arrêtés dans lesquels devraient normalement figurer les références normatives des méthodes d'analyse à mettre en œuvre pour chaque paramètre, ainsi que les valeurs limites de quantification à respecter **impérativement**. Les limites de quantification des méthodes d'analyse ne devraient en aucun cas être en-dessous de ces valeurs limites.

Or, dans les bulletins d'analyse de Vale NC, ces limites sont indiquées comme limites de **détection** et non pas de quantification et sont, pour l'eau, 2 à 100 fois supérieures à celles du laboratoire de la Calédonienne des Eaux. Pour les sédiments, le rapport va jusqu'à 500 fois.

Les limites de quantification des normes du laboratoire de la CDE ou de son sous-traitant pourtant plus faibles que celles de Vale NC, sont pour certaines également supérieures aux valeurs de concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) proposées par l'INERIS pour le compartiment aquatique. C'est notamment le cas pour le platine, le cadmium, le chrome VI, les cyanures libres, le cobalt, le mercure, le nickel et le sélénium ; les données obtenues ne permettent pas, par conséquent, de statuer sur l'effet des rejets de Vale NC sur l'environnement pour les paramètres concernés.

D'une campagne à l'autre, les modifications de limite de quantification, voire de méthodes d'analyse pour l'eau et les sédiments, comme ce fut le cas dans la présente étude, limitent l'exploitation des données. Il serait souhaitable d'imposer une limite de quantification pour chaque paramètre dont l'analyse est demandée dans les arrêtés réglementaires et d'utiliser des méthodes normalisées pour l'analyse de l'eau et des sédiments afin de limiter la variabilité liée à la collecte des données. Ainsi, la convention biodiversité n'impose aucune limite de quantification pour l'eau douce.

V.3.4.c. Informations à faire figurer sur les bulletins d'analyse de l'eau et des sédiments

Les analyses d'eau effectuées par Vale NC ne font pas toujours référence à des méthodes normalisées. Il reste indispensable de les préciser dans le rendu des résultats et de spécifier les unités utilisées pour chaque paramètre, dont l'azote (en N ou en NO₃ par exemple pour les nitrates) et le phosphore (en P ou en PO₄ pour les phosphates).

L'heure et la date de dépôt des échantillons, ainsi que leur température dans la glacière et les dates de début et fin d'analyse doivent impérativement figurer sur les bulletins d'analyses. Les mêmes informations doivent également figurer sur les bulletins des analyses sous-traitées par un laboratoire tiers.

V.3.4.d. Propositions de suivi de la qualité des eaux : paramètres à analyser

Ces campagnes de contrôle de la qualité des eaux ont permis d'étendre la liste des 53 paramètres physico-chimiques analysés par Vale NC à 70 paramètres.

Notre étude a montré la nécessité d'adapter cette liste des paramètres et leur limite de quantification pour :

- confirmer la présence de substances qui ont été détectées sur les stations au cours de ces 4 campagnes de terrain (mercure, cyanures, composés organiques halogénés adsorbables AOX, nitrites, etc),
- supprimer certains paramètres redondants (sulfates plutôt que le soufre, DCO plutôt que le COT, hydrogénocarbonates et carbonates plutôt que le TAC),
- analyser à l'étiage une fois par an les pesticides en fonction de la dernière liste établie par la Davar,
- suivre les teneurs en pigments chlorophylliens, chlorophylle a principalement,
- évaluer et suivre la qualité des cours d'eau au regard des limites de qualité (eau potable, environnement, vie aquatique).

De plus, les mauvais résultats du contrôle qualité sur l'eau ou les écarts importants mesurés avec les analyses de Vale NC nous incitent tout particulièrement à recommander le contrôle systématique des paramètres suivants : fer, silicium, aluminium, phosphates, nitrates, aluminium, hydrogénocarbonates, magnésium, sodium, potassium, chrome dissous et molybdène dissous, TAC et sulfates.

Il est de plus recommandé de baisser, dès que les moyens analytiques le permettront, les limites de quantification pour le platine (0,05 µg/l), le cadmium (0,1 µg/l), le chrome VI (1 µg/l), les cyanures libres (0,1 µg/l), le cobalt (0,1 µg/l), le mercure (0,1 µg/l) et le sélénium (0,5 µg/l). Ces limites, proposées par l'INERIS, correspondent aux concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) pour le compartiment aquatique. Ces valeurs établies pour la métropole permettent en l'absence de références établies pour la Nouvelle-Calédonie de donner des ordres de grandeurs pour les limites de quantification des mesures à effectuer localement.

Nous nous baserons sur les limites de quantification (LQ) proposées par la CDE, soit celle de novembre 2011, soit celle de juin 2013, en fonction des valeurs obtenues sur les 4

campagnes (LQ la plus haute si toutes les valeurs sont supérieures d'un facteur 10 à la LQ, LQ la plus basse dans le cas contraire et notamment lorsque toutes les valeurs sont en-dessous de la LQ).

Nous préconisons ainsi d'analyser les paramètres figurant dans le tableau suivant sur toutes les stations (impactées et de référence). Certains paramètres tels que les pesticides ne seront recherchés qu'à l'étiage (concentration des polluants et coût d'analyse élevé). Y sont mentionnées à titre indicatif, les valeurs de PNEC (concentration sans effet pour l'environnement) proposées par l'INERIS pour la métropole et les limites de quantification maximales proposées pour chaque paramètre.

Il est recommandé, dans le respect de l'arrêté du 25 janvier 2010¹⁶ mais aussi par souci de cohérence et de simplification, d'analyser tous les paramètres sur eau brute, hormis les métaux pour lesquels l'eau sera filtrée sur un filtre de porosité 0,45 micromètre.

Tableau 34 (pages suivantes) : Liste des paramètres et des limites de quantification maximales préconisées pour le suivi de la qualité de l'eau des rivières influencées par le projet ou servant de référence

¹⁶ *Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement métropolitain.*

LISTE DES PARAMETRES A ANALYSER SUR L'EAU

Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	PNEC***	Limite de quantification proposée (LQ)	filtration avant analyse	contrôle qualité systématique (dupli et blanc)	Remarques
paramètres mesurés <i>in situ</i>	conductivité à 25°C	µS/cm à 25°C					noter température référence sonde
	oxygène dissous	mg/l					
	pH	%					
	Eh	unités pH					agiter sonde pendant mesure
	température	mV					
	turbidité	°C					gamme étalon adaptée aux faibles turbidité (< 5 NFU)
Paramètres organoleptiques	couleur	NFU					
Paramètres physico-chimiques	couleur	mg/l échelle Pt/Co		1		x	
	aluminium	mg/l en Al	60	0,001	x	x	
	chlorures	mg/l		1,0			
	demande biochimique en oxygène (DBO ₅ filtrée)	mg/l		1		x	
	demande chimique en oxygène (DCO filtrée)	mg/l		5		x	
	carbone organique total (COT) (COT dissous)	mg/l en C		0,5			toutes les mesures sont en-dessous de la LQ et redondance avec DCO
	dureté totale	°F		0,1			
	matières en suspension (MES)	mg/l		1			
	silice	mg/l en Si		0,1		x	
	sodium	mg/l en Na		0,2		x	
	sulfates	mg/l en SO ₄		0,5			
	titre alcalimétrique	°F		0,1			
	titre alcalimétrique complet	°F		0,1			
Eléments pour le diagramme de Piper	zinc	mg/l en Zn		0,01	x		
	calcium	mg/l en Ca		0,5		x	
	carbonates	mg/l CO ₃		0,1			
	hydrogénocarbonates	mg/l HCO ₃		0,1		x	
	magnésium	mg/l en Mg		0,1		x	
	potassium	mg/l en K		0,1		x	
Paramètres concernant les substances indésirables	agents de surfaces réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium)/ ou agents de surface anioniques	mg/l en SABM		0,05			
	ammonium (NH ₄ dissous)	mg/l en NH ₄		0,01			unité de mesure à préciser (N ou NH ₄)
	ammoniac (NH ₃ dissous)	mg/l en NH ₃	0,0074	0,01			
	argent	µg/l en Ag		1	x		
	azote Kjeldahl (NTK filtré)	mg/l en N		0,5		x	
	azote total	mg/l en N		0,5		x	
	baryum	mg/l en Ba		0,001	x		
	bore	mg/l en B		0,001	x		
	cuivre	mg/l en Cu	0,0016	0,001	x		
	fer	mg/l en Fe		0,001	x	x	
	fluorures	mg/l en F		0,01	x	x	
	hydrocarbures totaux (1)	mg/l		0,05			
	manganèse	mg/l en Mn	0,015	0,001	x	x	
	nitrate	mg/l en NO ₃		0,1		x	unité de mesure à préciser (N ou NO ₃)
	nitrites (NO ₂ dissous)	mg/l en NO ₂		0,01		x	unité de mesure à préciser (N ou NO ₃)
	phénols	µg/l en C ₆ H ₅ C	7,7	5			2,3,4-trichlorophénol ; 2,3,5-trichlorophénol ; 2,3,6-trichlorophénol ; 2,4,6-trichlorophénol ; 3,4,5-trichlorophénol ; 2,4,5-trichlorophénol ; 2,3,4,5-tétrachlorophénol ; 2,3,4,6-tétrachlorophénol ; pentachlorophénol
	phosphates (PO ₄ dissous)	mg/l en PO ₄		0,1		x	unité de mesure à préciser (P ou PO ₄)
	phosphore total (P filtré)	mg/l en P		0,1			
	platine	µg/l en Pt	0,07 (donnée provisoire)	1			
	soufre	mg/l en S		1			redondant avec SO ₄ et analysé en métropole
tellure	µg/l en Te		1				
thallium	µg/l en Tl		1				

LISTE DES PARAMETRES A ANALYSER SUR L'EAU

Groupes de paramètres	Paramètres	Unités de mesure	PNEC***	Limite de quantification proposée (LQ)	filtration avant analyse	contrôle qualité systématique (dupli et blanc)	Remarques
Paramètres concernant les substances toxiques	arsenic	µg/l en As	4,4	1	x		
	antimoine	µg/l en Sb	9,3 (susceptible d'être revue)	2	x		
	cadmium	µg/l en Cd	0,21	1	x		
	chrome	µg/l en Cr		4	x	x	
	chrome VI	µg/l en Cr VI	4,1	5			
	cyanures libres	µg/l en CN	0,114	5		x	
	cobalt	µg/l en Co	0,5	1	x		
	composés organiques halogénés	mg/l en AOX		0,010		x	
	étain	µg/l en Sn		1	x	x	
	mercure	µg/l en Hg	0,24 effets directs (0,01 pour empoisonnement secondaire)	0,05		x	
	molybdène	µg/l en Mo		2	x	x	
	nickel	µg/l en Ni	0,5	2	x		
	plomb	µg/l en Pb	5	1	x		
	PCB	µg/l		0,001 à 0,01 selon substance			PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180
	sélénium	µg/l	0,88	2	x		
titane	µg/l en Ti		1				
vanadium	µg/l en V		5	x			
BTEX (1) (2)	benzène	µg/l	80	0,2			
	toluène	µg/l		0,5			
	éthyl-benzène	µg/l		0,2			
	ortho-xylène	µg/l		0,2			
	méta+para-xylène	µg/l		0,4			
	ortho-méta+para-xylène	µg/l		0,6			
COV (1) (3)	chloroforme	µg/l		1,0			
	tétrachloroéthylène	µg/l		0,5			
	tétrachlorure de carbone	µg/l		0,5			
	trichloroéthylène	µg/l		1,0			
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l		0,5			
Paramètres microbiologiques	coliformes totaux	N/100 ml		1			
	entérocoques	N/100 ml		1			
	<i>Escherichia coli</i>	N/100 ml		1			
HAP (1) (4)	acénaphthène	µg/l		0,01			
	acénaphthylène	µg/l		0,01			
	anthracène	µg/l		0,01			
	benzo (a) anthracène	µg/l		0,01			
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	µg/l		0,005			
	benzo (g,h,i) perylène (1,12)	µg/l		0,01			
	benzo (k) fluoranthène (11,12)	µg/l		0,005			
	benzo (a) pyrène (3,4)	µg/l		0,005			
	chrysène	µg/l		0,01			
	dibenzo (a,h) anthracène	µg/l		0,01			
	fluoranthène	µg/l		0,01			
	fluorène	µg/l		0,01			
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène (1)	µg/l		0,01			
	naphthalène	µg/l		0,01			
phénanthrène	µg/l		0,01				
pyrène	µg/l		0,01				
Pigments chlorophylliens	chlorophylle a (corrigée)						
	phéophytine a						maintenir les flacons à l'abri de la lumière
Pesticides	selon dernière liste Davar (56 molécules en 2012)						étiage uniquement

en rouge les LQ des paramètres dont les valeurs obtenues au cours des 4 campagnes par Hytec/CDE sont majoritairement situées en-dessous

paramètres pour lesquels la LQ ne permet pas d'apprécier la toxicité au regard de la PNEC

en gras les paramètres non analysés par Vale NC sur l'eau

*** PNEC concentration sans effet pour l'environnement (proposition INERIS)

V.3.4.e. Propositions de suivi de la qualité des sédiments : paramètres à analyser

Ces campagnes de contrôle de la qualité des eaux ont permis d'étendre la liste des 41 paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments par Vale NC à 52 paramètres.

Pour les sédiments, les recommandations sont les suivantes :

- **poursuivre le contrôle** amorcé sur les deux cours d'eau sous influence du projet minier et industriel aux stations **Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E, en ajoutant une station de référence**. La liste des paramètres à analyser resterait la même en ajoutant dans la mesure du possible l'analyse des nitrates et des phosphates sur l'eau interstitielle ;
- **baisser la limite de quantification du plomb pour Vale NC (≤ 10 mg/kg de MS) ;**
- **échantillonner en fin d'étiage** soit novembre-décembre, en évitant de prélever après une augmentation du débit qui remettrait en suspension les dépôts récents. L'épaisseur du prélèvement correspond aux **2-3 premiers centimètres depuis la surface** ;
- **réaliser un prélèvement à partir de 3 sous-échantillons** (1 sur chaque berge et 1 au milieu du cours d'eau) afin de tenir compte de l'hétérogénéité des sédiments.
- utiliser, afin d'éviter toute contamination des échantillons, le flaconnage adapté aux paramètres à analyser en veillant à prélever la partie du sédiment qui n'est pas en contact avec le carottier ou la benne de prélèvement :
 - **flacons en verre fumé pour les polluants organiques**, utilisation d'une spatule en acier inoxydable rincée à l'eau distillée,
 - **flacons en polyéthylène pour les métaux et les autres paramètres**, utilisation d'une spatule en plastique rincée à l'eau distillée.

Nous préconisons ainsi d'analyser les paramètres figurant dans le tableau suivant. Y sont mentionnées, les limites de quantification maximales à respecter pour chaque paramètre.

Nous nous baserons sur les limites de quantification (LQ) proposées par la CDE, soit celle de novembre 2011, soit celle de décembre 2012, en fonction des valeurs obtenues sur les 2 campagnes (LQ la plus haute si toutes les valeurs sont supérieures d'un facteur 10 à la LQ, LQ la plus basse dans le cas contraire et notamment lorsque toutes les valeurs sont en-dessous de la LQ).

Tableau 35 (page suivante) : Liste des paramètres et des limites de quantification maximales préconisées pour le suivi de la qualité des sédiments de rivières influencées par le projet ou servant de référence

Liste des paramètres et limites de quantification proposée pour le suivi de la qualité des sédiments de rivière sur la zone d'influence du site industriel et minier de Vale NC

Famille_paramètre	Paramètres	Unité	LQ***	sur la fraction < 2 mm	sur l'eau interstitielle
paramètres in situ	pH/Eh	variable			x
	Température	°C			x
matières sèches et organiques	matières organiques	% de MS	0,1	x	
	COT (1)	g C/kg MS	0,01	x	
matières azotées et phosphorées	matière sèche (%)	%	0,1	x	
	Ammonium (NH4+)	mg/l en NH ₄	0,01		x
	Phosphates	mg/l en PO ₄	0,01		x
granulométrie	Phosphore total	mg/l en P	0,1		x
	granulométrie > 2 mm	%	0,1	x	
	argile < 2 µm	g/kg MS 2011	1	x	
	limons fins 2-20 µm	g/kg MS 2011	1	x	
	limons grossiers 20-50 µm	g/kg MS 2011	1	x	
	sables fins 50-200 µm	g/kg MS 2011	1	x	
	sables grossiers 200-2000 µm	g/kg MS 2011	1	x	
micropolluants minéraux	Aluminium	mg Al/kg MS	1	x	
	Antimoine	mg/kg MS	1	x	
	Arsenic	mg/kg MS	0,1	x	
	Argent	mg/kg MS	5	x	
	Baryum	mg/kg MS	0,1	x	
	Bore	mg/kg MS	0,1	x	
	Cadmium	mg Cd/kg MS	0,5	x	
	Cobalt	mg Co/kg MS	1	x	
	Chrome	mg Cr/kg MS	1	x	
	Chrome VI	mg Cr/kg MS	0,05	x	
	Cuivre	mg Cu/kg MS	1	x	
	Étain	mg/kg MS	5	x	
	Fer	mg Fe/kg MS	1	x	
	Fluorures	mg/kg MS	20	x	
	Manganèse	mg Mn/kg MS	1	x	
	Mercure	mg Hg/kg MS	0,01	x	
	Molybdène	mg/kg MS	0,1	x	
	Nickel	mg Ni/kg MS	1	x	
	Plomb	mg Pb/kg MS	1	x	
	Sélénium	mg Se/kg MS	10	x	
Zinc	mg Zn/kg MS	1	x		
micropolluants organiques	PCB**	µg/kg MS	10 pour tous	x	
	HAP (17 composés suivants)			x	
	acénaphylène	mg/kg MS	0,012	x	
	acénaphthène	mg/kg MS	0,012	x	
	anthracène	mg/kg MS	0,012	x	
	benzo (a) anthracène	mg/kg MS	0,012	x	
	benzo (k) fluoranthène	mg/kg MS	0,012	x	
	benzo (b) fluoranthène (3,4)	mg/kg MS	0,012	x	
	benzo (g,h,i) perylène	mg/kg MS	0,012	x	
	benzo (a) pyrène (2)	mg/kg MS	0,012	x	
	chrysène	mg/kg MS	0,012	x	
	dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg MS	0,012	x	
	fluoranthène (2)	mg/kg MS	0,012	x	
	fluorene	mg/kg MS	0,012	x	
	indeno (1,2,3) (cd) pyrène	mg/kg MS	0,012	x	
	naphthalène	mg/kg MS	0,012	x	
	phénanthrène	mg/kg MS	0,012	x	
	pyrène	mg/kg MS	0,012	x	
	BTEX (5 composés)*	mg/kg MS	0,05 pour chaque composé	x	
	COV (composés organiques halogénés volatils suivants)			x	
	bromodichlorométhane	mg/kg MS	0,2	x	
	bromochlorométhane	mg/kg MS	0,2	x	
	chloroforme	mg/kg MS	0,1	x	
	chlorure de vinyle	mg/kg MS	0,02	x	
	cis 1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	x	
	dichlorométhane	mg/kg MS	0,1	x	
	dibromométhane	mg/kg MS	0,1	x	
	dibromochlorométhane	mg/kg MS	0,2	x	
	1,2-dibromoéthane	mg/kg MS	0,05	x	
	1,1-dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	x	
	1,1-dichloroéthane	mg/kg MS	0,1	x	
	1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	0,05	x	
	éthylbenzène	mg/kg MS	0,05	x	
	dichlorobromométhane	mg/kg MS	0,01	x	
	bromoforme	mg/kg MS	0,2	x	
	tétrachloroéthylène	mg/kg MS	0,05	x	
	tétrachlorure de carbone	mg/kg MS	0,05	x	
	trans 1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	x	
	1,1,2-trichloroéthane	mg/kg MS	0,2	x	
	1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	0,05	x	
trichloroéthylène	mg/kg MS	0,05	x		
AOX (composés organiques halogénés adsorbables)	mg/kg MS	1	x		
huiles minérales (hydrocarbures totaux C10-C40)	g/kg MS	15	x		
huiles et graisses (substances extractibles à l'hexane)		10	x		
retardateurs de flamme polybromés (PBDE)	µg/kg de MS		x		
indice phénol	mg/kg MS	0,5	x		
autres	calcium	mg Ca/kg MS	1	x	
	chlorures	mg/kg MS	1	x	
	magnésium	mg/kg MS	1	x	
	potassium	mg K/kg MS	1	x	
	sodium	mg/kg MS	1	x	
	soufre	mg/kg MS	1	x	
	sulfates SO42-	mg/kg MS	1	x	
	cyanures	mg/kg MS	0,5	x	
	Tellure	mg/kg MS	10	x	
	Thallium	mg/kg MS	5	x	
pesticides	Titane	mg/kg MS	1	x	
	Vanadium	mg/kg MS	1	x	
	selon dernière liste Davar (56 molécules en 2012)	mg/kg MS	selon molécules (LQ dichlorvos < 0,05 mg/kg de MS)	x	

en rouge les LQ des paramètres dont les valeurs obtenues au cours des 2 campagnes par Hytec/CDE sont majoritairement situées en-dessous

* BTEX Les Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, le Toluène, l'Éthyl benzène, les ortho, méta + para-Xylène

** 7 principaux PCB : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

à contrôler lors des prochaines campagnes (teneur non explicable par fond géochimique)

V.3.5. Fréquences d'analyse

Pour les fréquences d'analyse, elles sont les mêmes pour les stations impactées (Creek Baie Nord 6-T et Kwë 1-E) et leurs stations de référence respectives, nous suivrons la recommandation n°14 de Lascombe (2011) à savoir :

- 6 campagnes par an pour les analyses d'eau dont 1 avec pesticides,
- 3 campagnes par an pour les analyses sur sédiments dont 1 avec pesticides,
- 2 campagnes par an pour le suivi biologique (faune et flore).

V.4. Analyses floristiques (phytoplancton, phytobenthos, diatomées et végétation des berges)

V.4.1. Phytoplancton et phytobenthos

Les analyses ultérieures des échantillons du **phytoplancton et du phytobenthos** devraient permettre, d'apporter des informations complémentaires sur la diversité des algues dans les biotopes explorés et sur le phytoplancton des rivières étudiées (densité, espèces présentes, évolution temporelle, etc).

Les quelques spécimens de macro-algues prélevés en novembre 2011 se répartissent en 4 classes : les Cyanophyceae, les Zygnématophyceae, les Bacillariophyceae et les Chlorophyceae.

V.4.2. Diatomées

On constate que :

- les formes tropicales et cosmopolites dominent les peuplements de la station Creek Baie Nord 6-T dont certaines formes tétratogènes, ce qui traduit une perturbation du milieu sur une longue période ;
- les formes endémiques représentent plus de 80% des peuplements sur toutes les autres stations, y compris sur Kwë 1-E.

Les résultats obtenus à partir des diatomées sont développés dans le rapport de phase 2.

V.4.3. Végétation des berges

Toutes les stations présentent un milieu rivulaire typique du Grand Sud dont le cortège autochtone à fort taux d'endémisme est naturel (habituel pour ce type de milieu).

Seules les stations Trou Bleu 3-C et Creek Baie Nord 6-T ont présenté sur les berges des espèces introduites, respectivement 5 et 8 espèces (quelques individus isolés) le 22/12/2011, et 6 et 10 espèces en décembre 2012, soit 2 espèces de plus. **Trois espèces sont classées envahissantes** par le code de l'environnement de la Province Sud : *Cyperus sp* et *Pluchea odorata* sur la station Creek Baie Nord 6-T uniquement, et *Polygala paniculata* présente sur les deux stations. **Les populations de ces espèces semblent se densifier sur les berges**, mais ne s'étendent pas dans les maquis environnants. Leur présence est vraisemblablement favorisée, au moins pour la station Creek Baie Nord 6-T, par l'apport de nutriments dans les eaux.

Les autres stations sont indemnes d'espèces introduites.

Chapitre VI - Références bibliographiques

VI.1. Occupation des sols et qualité physico-chimique des eaux

- AQUAREF, 2011. Guide de prescriptions techniques pour la surveillance physico-chimique des milieux aquatiques – Opérations d'analyse physico-chimique d'eaux et de sédiments en milieu continental. Version 2011. Aqua-Ref Consortium scientifique et technique BRGM, Cemagref, IFREMER, INERIS et LNE. 19 pp.
- Convention n°C238-09 fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité, entre la province Sud et Vale Inco Nouvelle-Calédonie.
- HYTEC & MARY, 2014. Suivi comparatif de la qualité de certains cours d'eau dans le périmètre d'influence du projet minier et industriel de Vale Nouvelle-Calédonie. Phase 2 : exploitation des données recueillies en vue de l'élaboration d'un état de référence de la qualité des cours d'eau. OEIL Nouvelle-Calédonie. Rapport n° 2013/IB 01 version D_3 (version finale). Mars 2014.
- IMIRIZALDU, M. 2011. La Kué : évolution de la qualité des eaux superficielles. Synthèse des rapports sur la Kué : 1995-2010. Rapport de l'Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. 63 pp + Annexes I-II.
- INERIS, 2011a. CYANURES ET DÉRIVÉS. Ineris - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Version N°2 septembre 2011. 72 p.
- JORF, 2007. Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique. JORF du 6 février 2007, texte 17 sur 121. 9 pp.
- LASCOMBE C., 2011. Expertise collégiale du plan de suivi des eaux superficielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie. Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Avril 2011. 70 pp.
- Marquet & al., 2003. Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie. Patrimoines naturels, MNHN, 58. 1-282.

VI.2. Flore de Nouvelle-Calédonie

- JONC, 2009. Délibération n° 25-2009/APS du 20 mars 2009 relative au code de l'environnement de la province Sud. JONC du 9 avril 2009. Page 2590. Version modifiée du 14/05/2013 <http://www.juridoc.gouv.nc/JuriDoc/JdWebE.nsf/Juristart?openpage>. 328 pp.

VI.3. Benthos

- MARY N., 1999. Caractérisations physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. Thèse de doctorat, Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Université Française du Pacifique. 181 pp.
- MARY N. & ARCHAIMBAULT V., 2012. L'indice Biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC) et l'Indice Biosédimentaire (IBS): Guide méthodologique et technique. DAVAR, SESER, Pôle de l'Observatoire de la Ressource en Eau. CEMAGREF. 40 pp + annexes. Avril 2012.

VI.4. Algues d'eau douce

- BOURRELLY P., 1984a. Algues d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie recueillies par la Mission F. Starmühlner en 1965 (Diatomées exclues). 1. Cyanophycées, Rhodophycées, Xanthophycées, Phéophycées, Euglénophycées, Chlorophycées (sauf Desmidiées). Revue d'Hydrobiologie Tropicale 17. p. 13-51.
- BOURRELLY P., 1984b. Algues d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie recueillies par la Mission F. Starmühlner en 1965 (Diatomées exclues). 2. Chlorophycées (Desmidiées) et Charophycées. Revue d'Hydrobiologie Tropicale 17. p. 101-115.

VI.5. Phytoplancton d'eau douce

- DE BORTOLI J., ARGILLIER C., LAFONT M., PHILIPPE M., MOUTHON J., BARBE J., 2006. Valorisation des travaux "Diagnose Rapide" dans la perspective DCE. Département Milieux Aquatiques, Qualité et Rejets Unité "Hydrobiologie", équipe Plans d'eau - Groupement de Montpellier. 28 pp.
- BARBE J., LAFONT M., MALLET L., MOUTHON J., PHILIPPE M., VEY, V., 2003. Actualisation de la méthode de diagnose rapide des plans d'eau – Analyse critique des indices de qualité des lacs et proposition d'indices de fonctionnement de l'écosystème lacustre. Cemagref, groupement de Lyon. 109 pp.

VI.6. Diatomées de Nouvelle-Calédonie

- AFNOR (2003). *Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le prétraitement des diatomées benthiques de rivières*. Norme NF-EN-ISO13946 (Juillet 2003) Indice de classement : T90-357-1.

- AFNOR (2004). *Qualité de l'eau - Guide pour l'identification et le dénombrement des échantillons de diatomées benthiques de rivières, et leur interprétation*. Norme NF EN ISO 14407 (Octobre 2004). Indice de classement : T90-357-2.
- AFNOR (2007). AFNOR (2007). *Qualité de l'eau - Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD)*. Norme NF T90-354 Dec.2007. 79 pp.
- COSTE, M., S. BOUTRY, J. TISON-ROSEBERY & F. DELMAS (2009). Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators* **9**(4): 621-650.
- CEN, TC.230 WG2/TG3.(2001). *Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers.*, CEN/TC230WG2/TG3 P. Hale. 15 pp.
- COSTE, M., M. RICARD & N. MARY (1998) - Biodiversity and distribution of freshwater diatoms in some New Caledonian rivers. In J. John (Eds.) 15th International Diatom Symposium, Perth Australia 28 Sept.-2nd Oct.1998, Abstracts : 105.
- KOCIOLEK, J. P. & B. d. REVIERS (1996) - The diatom types of Emile MANGUIN. II validating descriptions and designation of types for the new Caledonia species. *Cryptogamie Algologie* **17** : 193-215.
- KRAMMER, K. (1997). Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil1. Allgemeines und Encyonema Part. *Bibliotheca Diatomologica*, J. Cramer. **36**: 382 pp.
- KRAMMER, K. (1997). Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., *Encyonopsis* and *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica*. **37**: 469 pp. J. Cramer Berlin.
- KRAMMER, K. (2002). *Cymbella. Diatoms of Europe*. H. LANGE-BERTALOT, Published by Gantner Verlag / Ruggell (Liechtenstein). **3**: 584 pp.
- KRAMMER, K. (2003). *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland waters and comparable habitats*. H. LANGE-BERTALOT, A.R.G. Gantner Verlag K.G. **4**: 530 pp.
- LANGE-BERTALOT, H. (1999). *Kobayasiella nov.nom.* ein neuer Gattungsname für Kobayasia Lange-Bertalot 1996. *Iconographia Diatomologica*. **6**: 272-275.
- LANGE-BERTALOT, H. & G. MOSER (1994) - *Brachysira* Monographie der Gattung. Wichtige Indikator-Species für das Gewässer-Monitoring und *Naviculadicta nov.gen.*. Ein Lösungsvorschlag zu dem Problem *Navicula sensu lato* ohne *Navicula sensu stricto*. In *Bibliotheca Diatomologica.*, J. CRAMER, Berlin-Stuttgart. **29**: 212 pp.
- LE COHU, R. (1985) - Ultrastructure des Diatomées de Nouvelle-Calédonie . Première partie. *Annls.Limnol.* **21** : 3-12.

- LECOINTE, C., M. COSTE & J. PRYGIEL (1993). "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* **269/270**: 509-513.
- MAILLARD, R. (1978) - Contribution à la connaissance des diatomées d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie (Océanie). Cah. ORSTOM sér. Hydrobiol. 12 : 143-172.
- MANGUIN, E. (1962) - Contribution à la connaissance de la Flore diatomique de la Nouvelle-Calédonie. Mém. Museum Natn. Hist. Nat. Sér. B. Bot. 12 : 1-40.
- MARQUET, G. (1998) - Les rivières de Nouvelle-Calédonie : découvertes récentes. In J. DESCHAMPS, C. V. Van LONG & B. CRESSENS (Eds.) Actes du colloque sur l'Environnement- Assemblée de la Province Nord Nouvelle-Calédonie. Mission Cressens, Pouembout, 106-108.
- MOSER, G. (1999) - Die Diatomeenflora von Neukaledonien. Systematik. Geobotanik. Ökologie Ein Fazit. In *Bibliotheca Diatomologica*. 43 - H. LANGE-BERTALOT & P. KOCIOLEK (Ed.), J. Cramer, Berlin Stuttgart.: 205 pp.
- MOSER, G., A. STEINDORF & H. LANGE-BERTALOT (1995) - Neukaledonien Diatomeenflora einer Tropeninsel. Revision der Collection Maillard und Untersuchung neuen Materials. In *Bibliotheca Diatomologica*, 32: J. Cramer Ed. Berlin-Stuttgart 340 pp.
- MOSER, G., H. LANGE-BERTALOT & D. METZELTIN (1998) - Insel der Endemiten Geobotanisches Phänomen Neukaledonien. *Bibliotheca Diatomologica* 38 : 464 pp.
- STARMÜHLNER F., 1968. Etudes hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie. Cahier de l'O.R.S.T.O.M. série Hydrobiologie. 3-33.
- VANHOUTTE, K., E. VERLEYEN, W. VYVERMAN, V. CHEPURNOV & K. SABBE (2004). The freshwater diatom genus *Kobayasiella* (Bacillariophyta) in Tasmania, Australia. *Australian Systematic Botany* **17**(5): 483 – 496.