



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Document à accès réservé**

**Prony Resources New Caledonia - Evaluation de  
l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les  
impacts sur l'environnement (eau, air, sol) générés par  
l'usine du Sud - Etude n° 6**

**BRGM/RC-72048-FR**

**Version 1.0 du 19 décembre 2022**

**Geoffrey Boissard, Julie Lions, Anne Winckel, Valérie Laperche, Rosalie Vandromme**

**Vérificateur :**

Nom : JF Vernoux

Fonction : Hydrogéologue

Date : 27/07/2022

Signature :

**Approbateur :**

Nom : L. Gourcy

Fonction : Responsable d'unité

Date : 20/12/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM  
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

## Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

## Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



**Mots clés :** Eaux souterraines, eaux de surface, Nouvelle-Calédonie, usine, expertise

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Geoffrey Boissard, Julie Lions, Anne Winckel, Valérie Laperche, Rosalie Vandromme (2022)** – Prony Resources New Caledonia - Evaluation de l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) générés par l'usine du Sud - Etude n° 6. Rapport final V1.0. BRGM/RC-72048-FR, 136 p.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.  
IM003-MT008-P2-20/01/2022

## Synthèse

Le complexe industriel de Prony Resources New Caledonia (PRNC) implanté aux lieux-dits « Goro » et « Prony-Est » sur les communes de Yaté et du Mont-Dore (Sud de la Nouvelle-Calédonie) a pour objectif d'extraire du minerai latéritique et de le traiter par un procédé hydrométallurgique, pour produire du nickel, du cobalt et plus récemment du NHC<sup>1</sup>.

Afin de mesurer les impacts potentiels des activités liées au complexe industriel, un plan de suivi du milieu récepteur a été mis en place. Il se compose de stations de suivi de la qualité de l'air, des eaux de surface, des eaux souterraines et du milieu marin, de la flore et de la faune et sont en lien avec les études d'impact environnemental réalisées.

Ces suivis sont effectués notamment conformément à une série d'arrêtés spécifiques.

Le présent rapport répond à la demande d'expertise de Prony Resources E6 : Réalisation d'une étude visant à évaluer l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) et sanitaires générés par l'usine du Sud.

Un groupement d'experts composé du BRGM (Service géologique national français) et de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), sous forme de cotraitance pour réaliser cette expertise, a été formé. Cette expertise se base exclusivement sur une analyse documentaire (documents fournis par Prony Resources).

Le BRGM est en charge de l'expertise sur les réseaux suivants (traités dans le présent rapport) :

- Suivi des eaux souterraines (qualité et quantité)
- Suivi des eaux de surface (qualité des eaux et sédiments)
- Suivi des sols.

Les autres aspects sont expertisés par l'INERIS et font l'objet d'un document spécifique.

A l'issue de l'analyse des documents fournis, le BRGM a émis des avis sur les suivis mis en place, ainsi qu'un avis général formulé pour chaque milieu, accompagné de recommandations.

Ainsi, d'une manière générale, les différents réseaux de suivi des eaux souterraines et des eaux de surface sont jugés pertinents pour mesurer les impacts générés pour l'exploitation de PRNC. Néanmoins, le BRGM a émis 15 recommandations.

1. Prendre en compte les avis émis dans le rapport pour réviser les plans de surveillance.
2. S'assurer du bon état des ouvrages de suivi des eaux souterraines et suivre les préconisations indiquées dans le rapport.
3. Réaliser les prélèvements sur l'ensemble des compartiments d'un secteur dans un laps de temps le plus court possible.
4. Augmenter les fréquences de suivi en cas de dérive des paramètres ou de fortes variabilités.
5. Vérifier fréquemment la qualité des eaux suite à un accident/incident et aussi longtemps que nécessaire jusqu'à ce que le risque associé à la pollution soit acceptable.

---

<sup>1</sup> Nickel hydroxyde cake

6. Revoir les protocoles de prélèvements et conditionnement des eaux souterraines en vue de l'analyse des hydrocarbures.
7. Adapter certaines méthodes analytiques afin d'améliorer les limites de quantification.
8. Ajouter des paramètres de suivi (HAP<sup>2</sup> et BTEX<sup>3</sup>) pour la surveillance des polluants organiques de type hydrocarbures.
9. Ajouter des points de suivi notamment sur les bassins versants voisins du site.
10. Réviser le fond hydrogéochimique naturel des eaux souterraines et de surface.
11. Mieux restituer les résultats du suivi piézométrique.
12. Prendre en compte les remarques sur les rapports de suivi.
13. Aller plus loin dans l'interprétation des résultats du suivi de la qualité des eaux.
14. Définir des valeurs de référence pour la comparaison des résultats et des actions associées en cas de dépassement de ces valeurs.
15. Faire un bilan du suivi (tous les 4 ans par exemple).

Concernant le suivi des sédiments, dans l'état actuel des données disponibles, il semble compliqué d'évaluer la pertinence du suivi mis en place. A priori, les analyses ponctuelles faites mensuellement ou trimestriellement sur les sédiments ne semblent pas être adaptées pour la surveillance de ce compartiment. Le BRGM a proposé 4 recommandations pour ce milieu.

16. Reprendre l'interprétation de l'ensemble des données disponibles sur les sédiments.
17. Revoir les protocoles d'analyses sur des fractions ciblées.
18. Revoir la présentation des suivis dans les rapports.
19. Renforcer le suivi de la turbidité au niveau de certaines stations actuelles (suivi en continu et non mensuel), complété par un suivi visuel de l'état des rivières.

Enfin, le suivi des figures d'érosion semble adapté dans l'état actuel des choses et au regard des documents consultés. Une recommandation a été émise pour ce suivi.

20. Poursuivre le suivi actuel et le renforcer en cas d'activation des figures d'érosion.

---

<sup>2</sup> Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

<sup>3</sup> Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène

## Sommaire

1	Contexte de l'expertise .....	11
1.1	Introduction .....	11
1.2	Contexte local .....	11
1.3	Principe de l'expertise .....	12
1.4	Pièces du dossier d'expertise .....	13
1.5	Réunions et visite du site .....	13
2	Contexte de la surveillance .....	15
2.1	Présentation du complexe industriel .....	15
2.1.1	<i>Localisation</i> .....	15
2.1.2	<i>Activités et installations</i> .....	15
2.2	Contexte géologique .....	18
2.3	Contexte hydrogéologique .....	19
2.4	Contexte hydrologique .....	20
2.5	Contexte réglementaire de la surveillance .....	24
3	Méthodes de surveillance / mode opératoire .....	27
3.1	Prélèvement des eaux souterraines .....	27
3.1.1	<i>Protocole d'échantillonnage</i> .....	27
3.1.2	<i>Période de prélèvement</i> .....	28
3.2	Prélèvement des eaux de surface .....	28
3.3	Paramètres et méthodes analytiques .....	29
3.3.1	<i>Limites de quantification des méthodes analytiques</i> .....	30
3.3.2	<i>Contrôle des analyses : calcul de la balance ionique</i> .....	31
3.4	Conclusions du BRGM sur le contexte de la surveillance actuelle .....	32
4	Surveillance des eaux souterraines .....	35
4.1	Documents expertisés .....	35
4.2	Enjeux locaux .....	36
4.3	Connaissance du système .....	38
4.4	Etat initial et fond hydrogéochimique .....	41
4.5	Valeurs réglementaires et limites .....	42
4.6	Surveillance du niveau des nappes .....	43
4.6.1	<i>Port</i> .....	43
4.6.2	<i>Parc à résidus</i> .....	45
4.6.3	<i>Fosse minière et bassins versants voisins</i> .....	50
4.6.4	<i>Complexe hydro-métallurgique</i> .....	54
4.6.5	<i>Restitution des résultats de suivi</i> .....	56
4.7	Surveillance physico-chimique .....	57
4.7.1	<i>Port</i> .....	57
4.7.2	<i>Parc à résidus et bassins versants voisins</i> .....	58
4.7.3	<i>Fosse minière et bassins versants voisins</i> .....	64
4.7.4	<i>Unité de préparation du minerai</i> .....	64
4.7.5	<i>Complexe hydro-métallurgique</i> .....	69
4.7.6	<i>Base-vie</i> .....	73
4.7.7	<i>Restitution des résultats de suivi</i> .....	74
4.8	Conclusions du BRGM sur la surveillance actuelle des eaux souterraines .....	76
4.8.1	<i>Etat initial et fond géochimique/hydrogéochimique</i> .....	76
4.8.2	<i>Surveillance du niveau des nappes</i> .....	76
4.8.3	<i>Surveillance physico-chimique</i> .....	77

5	Surveillance des eaux de surface .....	81
5.1	Documents expertisés .....	81
5.2	Enjeux locaux et contexte réglementaire.....	81
5.3	Connaissance du système et impacts potentiels.....	83
5.3.1	<i>Rivière la Kwé.....</i>	83
5.3.2	<i>Creek Baie Nord.....</i>	83
5.3.3	<i>Bassins versants voisins.....</i>	84
5.4	Etat initial et fond géochimique .....	84
5.5	Valeurs réglementaires et limites .....	85
5.6	Surveillance des débits .....	86
5.6.1	<i>Réseau et suivi.....</i>	88
5.6.2	<i>Interprétation des résultats / traitement des données.....</i>	89
5.7	Surveillance limnimétrique .....	89
5.8	Surveillance physico-chimique.....	90
5.8.1	<i>Site d'exploitation minier et bassins versants voisins .....</i>	92
5.8.2	<i>Stockage de résidus .....</i>	93
5.8.3	<i>Secteur de l'unité de préparation du minerai.....</i>	94
5.8.4	<i>Creek Baie Nord : complexe hydro-métallurgique.....</i>	94
5.8.5	<i>Kadji : Base-vie.....</i>	95
5.8.6	<i>Baie de Prony : Port.....</i>	96
5.8.7	<i>Restitution des résultats de suivi.....</i>	96
5.9	Conclusions du BRGM sur la surveillance actuelle des eaux de surface.....	98
5.9.1	<i>Etat initial et fond géochimique .....</i>	98
5.9.2	<i>Surveillance des débits.....</i>	98
5.9.3	<i>Surveillance limnimétrique .....</i>	99
5.9.4	<i>Surveillance physico-chimique.....</i>	99
6	Surveillance des sédiments .....	101
6.1	Documents expertisés .....	101
6.2	Enjeux locaux .....	101
6.3	Etat initial et fond géochimique .....	101
6.4	Valeurs réglementaires et limites .....	103
6.5	Stations de suivi.....	104
6.6	Suivi des sédiments.....	105
6.6.1	<i>Protocole d'échantillonnage .....</i>	106
6.6.2	<i>Paramètres.....</i>	107
6.6.3	<i>Fréquence et période de prélèvements.....</i>	107
6.7	Résultats.....	108
6.7.1	<i>Interprétation des résultats / traitement des données.....</i>	108
6.7.2	<i>Restitution des résultats de suivi.....</i>	119
6.8	Conclusions du BRGM sur la surveillance actuelle des sédiments.....	120
7	Surveillance des figures d'érosion.....	121
7.1	Documents expertisés .....	121
7.2	Enjeux locaux et contexte réglementaire.....	121
7.3	Suivi des figures d'érosion .....	121
7.3.1	<i>Méthode .....</i>	121
7.3.2	<i>Fréquence .....</i>	122
7.3.3	<i>Interprétation des résultats / traitement des données.....</i>	122
7.4	Conclusions du BRGM sur la surveillance actuelle des figures d'érosion.....	123
8	Conclusions et recommandations .....	125
8.1	Surveillance des eaux souterraines et de surface .....	125
8.2	Surveillance des sédiments .....	128

8.3	Surveillance des figures d'érosion .....	129
-----	--	-----

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (source : DAE ICPE, 2007 – Volume III Section A) .....	15
Illustration 2 : Carte géologique simplifiée du secteur .....	19
Illustration 3 : Bassins versants de la zone d'étude et des alentours proches (source : DAEM 2015 – Livret C Volet B) .....	22
Illustration 4 : Caractéristiques des principaux bassins versants (source : DAEM 2015).....	23
Illustration 5 : Schéma hydraulique du bassin versant de la Kwé, débits moyens annuels et modules (source : DAEM 2015).....	24
Illustration 6 : Localisation des différents points de suivi (source : BRGM à partir de la liste des points transmis par PRNC) .....	26
Illustration 7 : Carte des principaux enjeux associés aux eaux de surface et souterraines au voisinage du bassin de la Kwé (Evaluation de 2009) (source : programme d'amélioration de la connaissance de 2016 ; Complément_1) .....	37
Illustration 8 : Carte piézométrique de l'aquifère principal, au droit de l'usine, en période de hautes eaux (mars 2002) (source : Document PRNC intitulé « carte proposition implantation nouvelles plateformes piezo.jpg ») .....	38
Illustration 9 : Aquitard latéritique : Carte piézométrique et directions d'écoulement dans le secteur de la FPP – Cycle hydrologique moyen (Les courbes piézométriques sont exprimées en m NGNC. Les points noirs représentent les piézomètres disponibles dans la zone d'étude. La couleur des flèches varie en fonction de la vitesse des écoulements) (source : VALE, 2017)...	39
Illustration 10 : Aquifère principal : Carte piézométrique et directions d'écoulement dans le secteur de la FPP – Cycle hydrologique moyen (Les courbes piézométriques sont exprimées en m NGNC. Les points noirs représentent les piézomètres disponibles dans la zone d'étude. La couleur des flèches varie en fonction de la vitesse des écoulements) (source : VALE, 2017).....	40
Illustration 11 : Localisation des piézomètres du port (source : ENV_2) .....	44
Illustration 12 : Incidences sur les niveaux piézométriques hautes eaux - scénario de base - avec en rouge les rabattements et en vert les remontées de nappe (isovaleurs en mètres) (source : Artélia, 2016).....	45
Illustration 13 : Niveaux piézométriques simulés à l'aval de la berme (piézomètre WKBH102). 46	
Illustration 14 : Localisation des points de suivi autour du parc à résidus (source : ENV_2) .....	47
Illustration 15 : Carte de localisation des piézomètres de suivi au droit de l'UPM (source : ENV_2) .....	49
Illustration 16 : Rabattement modélisé des niveaux piézométriques dans l'aquifère latéritique en 2036 (source : DAEM 2015, Livret C, Volet C) .....	51
Illustration 17 : Rabattement modélisé des niveaux piézométriques dans l'aquifère principal en 2036 (source : DAEM 2015, Livret C, Volet C).....	52
Illustration 18 : Carte de localisation des ouvrages de suivi dans le secteur de la fosse minière (source : Rapport VALE de 2019 - Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines (ENV_8)).....	53

Illustration 19 : Localisation des piézomètres de suivi au droit de l'usine (source : ENV_2) .....	55
Illustration 20 : Panache « final » des concentrations en manganèse (µg/L) (source : Artélia, 2016) .....	61
Illustration 21 : Simulation de l'extension spatiale d'un panache de sulfate dans les eaux souterraines en aval de l'UPM. Situation en décembre 2016 et janvier 2058 – Vue en plan (source : VALE, 2017).....	66
Illustration 22 : Localisation des zones de dépôt de déchets au droit de l'usine (source : Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC – 2017 à 2019) .....	70
Illustration 23 : Extrait d'un plan du sud de l'usine (source : DAE ICPE – Volume I, 2007).....	71
Illustration 24 : Evaluation des impacts du projet d'extension de la fosse minière sur le débit des cours d'eau (ENV_7).....	87
Illustration 25 : Localisation des points de suivi du débit des cours d'eau dans le cadre de l'arrêté relatif à l'exploitation de la fosse minière (source : BRGM à partir des points de suivi fournis par PRNC) .....	88
Illustration 26 : Carte de localisation des différents points de suivi physico-chimique des eaux de surface (ENV_3) .....	91
Illustration 27 : Résultats des analyses granulométrique de 2011 des stations 3-A et 3-B extraits (à gauche) du rapport DAEM (2015) et (à droite) du rapport de suivi de 2011. ....	110
Illustration 28 : Histogrammes des fractions granulométriques de 2010 à 2019 (extraits des différents rapports de suivi) .....	116
Illustration 29 : (à gauche) données du 01/02/2016 au 01/01/2020 extraites du rapport de suivi de 2019 et (à droite) zoom sur les données de 01/01/2016 à 01/10/2020 extraites du rapport de 2020 (attention les couleurs ne sont pas les mêmes pour les stations des 2 figures).....	118

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des piézomètres de suivi dans le secteur du parc à résidus.....	60
Tableau 2 : Localisation et description des captages (source : DAEM, 2015 – Livret D, Volet E) .....	82
Tableau 3 : Paramètres et fréquence de suivi au droit des stations implantées sur la Kwé, en aval du parc à résidus .....	93
Tableau 4 : Etat initial de la qualité des sédiments de rivière dans la région de Goro (2000) ..	102
Tableau 5 : Critères de référence pour la qualité des sédiments de rivières.....	103
Tableau 6 : Stations de contrôle au niveau du site industriel.....	104
Tableau 7 : Stations au niveau des centres de préparation du minerai et de la maintenance de la mine.....	104
Tableau 8 : Stations au niveau des bassins versants limitrophes :.....	104
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des différentes stations de suivis : Localisation et description des points de suivi de la nature et de la quantité des sédiments (extrait du rapport de 2020 sur la surveillance des milieux récepteurs). ....	106
Tableau 10 : Tableau récapitulatif du suivi des sédiments de 2010 à 2020 : .....	108



Tableau 11 : Fractions granulométriques avant et après 2010. ....	109
---	-----

Tableau 12 : Dates de suivi de figures d'érosion .....	122
--	-----

## Liste des annexes

Annexe 1 Tableau de synthèse des remarques.....	131
---	-----



# 1 Contexte de l'expertise

## 1.1 INTRODUCTION

Implanté dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, aux lieux-dits « Goro » et « Prony-Est » sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, le complexe industriel (usine, mine, port) détenu par Prony Resources New Caledonia (PRNC), a pour objectif d'extraire du minerai latéritique et de le traiter par un procédé hydrométallurgique, visant à produire 45 000 t/an de nickel contenu pour 3 200 t/an de cobalt contenu.

Les activités liées au site se répartissent sur plusieurs bassins versants : la Baie de Prony, le creek de la Baie Nord et trois des bras amont de la Kwé (Kwé Ouest, Nord et Est).

Afin de mesurer les impacts potentiels des activités liées au projet, des campagnes de suivi sont mises en place. Ces campagnes sont effectuées notamment conformément aux arrêtés :

- n° 891-2007/PS du 13 juillet 2007 (Port),
- n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (de l'usine, de l'unité de préparation du minerai et du centre de maintenance de la mine),
- n° 3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de résidus secs issus du procédé - « LUCY »).

Ce plan de suivi du milieu récepteur (comprenant des points réglementaires et des points volontaires) intègre des stations de suivi de la qualité de l'air, des eaux de surface, des eaux souterraines et du milieu marin et sont en lien avec les études d'impact environnemental réalisées.

Le présent rapport concerne la demande d'expertise de Prony Resources E6 : Réalisation d'une étude visant à évaluer l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) et sanitaires générés par l'usine du Sud.

Un groupement d'experts a été formé pour réaliser cette expertise. Il est composé du Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) et de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), sous forme de cotraitance.

Le BRGM est en charge de l'expertise sur les réseaux suivants (traités dans le présent rapport) :

- Suivi des eaux souterraines (qualité et quantité)
- Suivi des eaux de surface (qualité des eaux et sédiments)
- Suivi des sols.

Les autres aspects sont gérés par l'INERIS et font l'objet d'un document spécifique.

## 1.2 CONTEXTE LOCAL

La société Prony Resources New Caledonia exploite un site industriel comprenant une mine à ciel ouvert, une usine hydro métallurgique, un port et un parc à résidus. Ces installations sont situées sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, à l'extrémité sud de la Nouvelle-Calédonie.

Le parc à résidus occupe une vallée, fermée par un barrage de classe A, nommé barrage KO2, dont la construction s'est achevée en 2016. Le parc a une capacité de stockage autorisée de 45 millions de m<sup>3</sup> de résidus humides et est aujourd'hui rempli à environ 60 %. Le fond du parc à résidus est recouvert sur son ensemble d'une géomembrane disposée sur un réseau de sous-drainage. Des percolations d'eaux interstitielles sont néanmoins constatées au travers de la géomembrane et le déplacement d'un panache d'éléments métalliques dissous est observé sur les ouvrages du réseau de suivi des eaux souterraines situé en aval.

Prony Resources envisage de plus de modifier les conditions de stockage des résidus. Des résidus secs, issus de filtre-presses, serait mis en œuvre sur les résidus actuellement en place, ainsi qu'à l'aval du barrage.

L'inspection des installations classées de la DIMENC (autorité de tutelle) a demandé à Prony Resources, par l'arrêté n° 692-2021/ARR/DIMENC du 18 mars 2021, de faire réaliser une expertise visant à évaluer l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) générés par l'usine du Sud.

Prony Resources a missionné le BRGM et l'INERIS pour la réalisation de cette expertise.

L'expertise réalisée est de type Institutionnel. Elle engage la responsabilité de l'Établissement public BRGM sur ses conclusions et recommandations. Sa réalisation est conforme à la Charte de l'expertise du BRGM, elle-même dérivée de la norme AFNOR NF X 50-110 *"Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise"*, et repose notamment sur la norme NF X31-620 « *Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués.* »

La pratique de l'expertise est partie intégrante du Système de Management de la Qualité du BRGM, certifié ISO 9001-2015.

### 1.3 PRINCIPE DE L'EXPERTISE

Cette expertise est exigée par l'inspection des installations classées de la DIMENC (autorité de tutelle) selon l'arrêté n° 692-2021/ARR/DIMENC du 18 mars 2021. Elle répond aux questions posées par la DIMENC et aux attentes et inquiétudes des populations du Grand Sud.

Les questions posées par la DIMENC sont les suivantes :

- 1) *Les réseaux et stratégies de surveillance actuels sont-ils suffisants et pertinents pour mesurer tous les impacts générés par l'ensemble des installations liées à l'usine du sud sur l'environnement (air, eau, sol, impact sanitaire\*) ?*
- 2) *Le cas échéant, quels devraient être les moyens et les dispositions permettant d'assurer une surveillance optimale de l'ensemble de ces effets ?*

\* Concernant les impacts sanitaires potentiels, le BRGM fera uniquement des recommandations en relation avec les valeurs communément admises comme étant acceptables dans les eaux naturelles (valeurs de qualité des eaux destinées à la consommation humaine d'après la directive eau potable française, valeurs seuils de la directive cadre sur l'eau, ...).

Cette expertise consiste en une revue critique de l'ensemble des données, études et expertises en lien avec ce sujet et qui ont été fournies au BRGM par Prony Resources.

Elle consiste à détecter, dans les documents soumis à l'expertise et, eu égard à la réglementation en vigueur et aux règles de l'art :

- Ce qui est conforme ;
- Ce qui manque ;
- Les incertitudes du dossier.

L'expertise n'a pas pour objectif de faire ou refaire les études soumises à expertise mais d'émettre un avis en réponse aux questions de la DIMENC. Elle sera éventuellement accompagnée d'analyses de données (en complément des documents fournis) et de recommandations relatives à des investigations ou études complémentaires liées aux manques détectés ainsi que d'avis que le BRGM jugera pertinent de porter à la connaissance de la DIMENC à la lecture des rapports soumis.

#### **IMPORTANT**

L'expertise E6 se base sur les connaissances disponibles au moment de la rédaction du présent rapport, sans tenir compte des études en cours, notamment celles réalisées pour l'amélioration des connaissances hydrogéologiques (plan d'amélioration des connaissances).

### **1.4 PIECES DU DOSSIER D'EXPERTISE**

Le détail des documents expertisés, fournis par Prony Resources, figure dans chaque chapitre du présent rapport.

### **1.5 REUNIONS ET VISITE DU SITE**

Une réunion de cadrage de l'expertise s'est tenue le 8 mars 2022 en présence des représentants de Prony Resources New Caledonia, du BRGM et de l'INERIS. Cette réunion a permis de préciser le cadre de l'expertise et de répondre aux premières questions du BRGM.

Dans le cadre de l'expertise E3, une visite du site, organisée par PRNC a eu lieu les 19, 20 & 25 avril 2022 en présence de J.L. Folio (PRNC), J.F. Vernoux, G. Boissard (BRGM). Deux réunions se sont également tenues dans les bureaux de PRNC à Nouméa, pour faire le point sur les documents à expertiser.



## 2 Contexte de la surveillance

### 2.1 PRESENTATION DU COMPLEXE INDUSTRIEL

#### 2.1.1 Localisation

Le site sur lequel les documents ont été expertisés est localisé sur les communes de Yaté et Mont-Dore, dans la province Sud de la Nouvelle-Calédonie (Illustration 1).

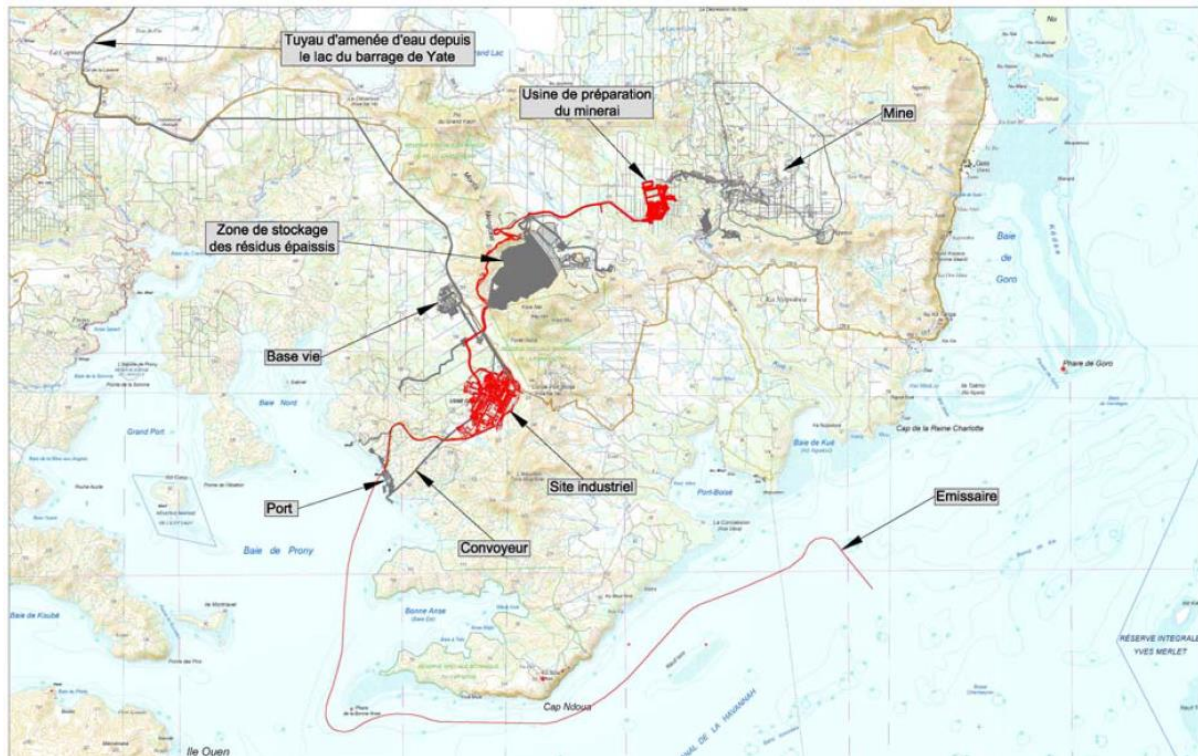


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (source : DAE ICPE, 2007 – Volume III Section A)

#### 2.1.2 Activités et installations

PRNC valorise le gisement nickélifère et cobaltifère du plateau de Goro, situé au sud de la Grande Terre de la Nouvelle-Calédonie. L'exploitation du site minier est autorisée par l'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016.

PRNC produit des oxydes de nickel et du carbonate de cobalt ainsi qu'un composé dénommé IPNM (Produit intermédiaire de la métallurgie « Intermediate Product of Nickel Metallurgy»). Début 2020, pour répondre à la demande du marché des véhicules électriques, le procédé de l'usine a été simplifié en vue d'obtenir un produit intermédiaire composé de 37 % de nickel et 2 à 3 % de cobalt : l'hydroxyde de nickel. Il s'agit d'une matière première utilisée dans la fabrication des batteries électriques.

Le complexe minier comprend :

- La fosse minière (Fosse de Goro), zone d'extraction du minerai puis évolution en verse à stérile au niveau du fond de fosse implantée sur les bassins de la Kwé Nord et Kwé Est ;
- Une unité de préparation du minerai (UPM) : le minerai produit par la mine du plateau de Goro est acheminé jusqu'à cette unité qui comprend les installations permettant de transformer le minerai en pulpe avec de l'eau puis réduire sa granulométrie (tamisage, concassage et broyage) et enfin effectuer le transport par pipeline vers l'usine d'extraction.
- Un centre de maintenance de la mine : Cette unité a pour objectif de permettre l'entretien et la maintenance des différents engins de chantier, nécessaires au bon fonctionnement de la mine. D'après le DAEM Volume III – Section E (mai 2007), le centre de maintenance de la mine comprend les bâtiments et services suivants :
  - Le bâtiment administratif et les vestiaires,
  - Le centre de premier secours,
  - L'atelier de réparation des engins, magasins et entrepôt,
  - Le stockage et l'atelier de changement de pneus,
  - Le dépôt et la station de carburants,
  - Le dépôt d'huile avec son aire de livraison,
  - L'installation de lavage des véhicules lourds,
  - L'installation de lavage des véhicules légers,
  - L'entrepôt pour les produits dangereux et le gaz industriel,
  - La salle du compresseur d'air.
- Une aire de stockage des résidus du traitement hydro-métallurgique localisée dans le bassin de la Kwé Ouest (KO2) (également appelé parc à résidus). L'extraction du nickel et du cobalt à l'usine de traitement produit des résidus sous forme de boues. Après un traitement à l'usine permettant de réduire leur neutralisation, ces boues sont pompées pour mise en dépôt sous forme solide dans l'aire de stockage. Les résidus miniers sont stockés depuis 2009 dans ce parc à résidu sous forme humides (boue entre 15 et 20 % solide). Chaque tonne de minerai extrait générée produit 1,25 tonne de résidu humide.
- Une usine d'assèchement des résidus (en cours de construction) ;
- Des carrières (ex. CPA1, CPVSKE, CPKE) ;
- Des verses (SMLT (active en 2019) et (VSEM, V5, V6, VSKE - inactive en 2019).
- Le captage BSKN bénéficie d'une autorisation de prélèvement de 3580 m<sup>3</sup>/j (10h/j) délivrée le 8 septembre 2017 (ESU). Il est principalement utilisé pour alimenter les arroseurs contre l'envol de poussières sur les secteurs suivants : road pipe, Kwé Ouest, carrière CPA1, verse SMLT.

Le complexe hydro-métallurgique comprend :

- Une usine hydro-métallurgique qui permet de valoriser les minerais latéritiques en les associant aux saprolites.
  - L'usine de procédé : la pulpe de minerai est pompée de l'usine de préparation du minerai vers l'usine de procédé. D'après les annexes du DAEM Volume III – Section B (mai 2007), les étapes successives du procédé décrites sont les suivantes :
    - épaississement du minerai (aire 215)
    - lixiviation sous pression (aire 220)
    - décantation à contre-courant (aire 230)
    - neutralisation partielle — purification (aire 240)



Pour le secteur "raffinerie", les activités étaient:

- élimination du cuivre (aire 245)
- extraction primaire par solvant (aire 250)
- élimination du zinc (aire 255)
- extraction secondaire par solvant (aire 260)
- pyrohydrolyse du nickel (aire 270)
- récupération du cobalt et conditionnement (aire 275)
- conditionnement de l'oxyde de nickel granulaire (aire 290). Ces produits finaux (NiO et  $\text{CoCO}_3$ ) sont acheminés dans des conteneurs vers le port avant livraison.

Les activités associées aux aires 245, 250, 255, 260, 270, 275 et 290 ont été arrêtées en 2020, dans le cadre de la transformation industrielle du site et du changement de produit fabriqué (NHC<sup>4</sup>) (source : PRNC).

- L'usine de calcaire et de chaux (aire 310 et 320) : La quantité importante d'acide sulfurique mise en œuvre pour le traitement du minerai de nickel et de cobalt produit des solutions de procédé acides. Leur neutralisation est nécessaire à diverses étapes afin de permettre la récupération du nickel et du cobalt et le traitement des effluents liquides. Des pulpes de calcaire et de chaux éteinte sont utilisées à cette fin.
- L'usine d'acide sulfurique (aire 330) : L'acide sulfurique produit est utilisé essentiellement dans le procédé de lixiviation acide sous pression.
- Des utilités (stockage de liquide inflammables, installation de transit des déchets industriels, installation de compression, installation de combustion) ;
- Plusieurs lieux de stockage existent sur le site industriel, les principaux sont : la déchetterie, la zone des déchets inertes, la zone des terres souillées. Ces lieux sont détaillés dans le plan des différentes zones de dépôts de déchets sur site en Figure 37.

Le site de PRNC comprend également :

- Une « base-vie » comprenant principalement, d'après les annexes du DAEM Volume III – Section B (mai 2007) :
  - 440 appartements, groupés en blocs de 16 à 20 unités à deux étages.
  - 4 blanchisseries pour l'utilisation exclusive par les résidents.
  - Le centre d'administration de la base-vie et les installations associées comprennent :
    - Un terminus de transport et des vestiaires.
    - Une cantine et une salle à manger de 280 places.
    - Des installations de loisirs (salle de sport, salles de lecture, piscine et courts de tennis extérieurs...).
    - Un atelier de maintenance et de jardinage.
    - Un magasin.
    - Une salle d'accès à l'Internet.
    - Des téléphones publics.
  - Une station d'épuration dont les rejets sont redirigés vers l'unité 285 de l'usine (unité de traitement des effluents).

---

<sup>4</sup> Nickel hydroxyde cake

- Un port dont les installations, d'après les annexes du DAEM Volume III – Section B (mai 2007), doivent être conformes aux exigences fonctionnelles suivantes pendant les phases de mise en service et d'exploitation :
  - Importation du calcaire en vrac
  - Importation du soufre en vrac
  - Importation du charbon
  - Importation du fuel lourd, du gazole
  - Importation de GPL (gaz de propane liquéfié) en propanier
  - Importation d'acide chlorhydrique par isoconteneurs jusqu'à l'arrêt de la raffinerie (2020). Depuis, l'acide chlorhydrique n'est plus importé (source : PRNC).
  - Importation d'acide sulfurique en conteneurs (lors du premier démarrage de l'usine d'acide sulfurique)
  - Importation de cargaison générale tels que : pièces de rechange, consommables, équipement de remplacement et matériaux de maintenance nécessaires durant la vie du projet
  - Transfert du personnel sur le site
  - Exportation des produits finaux (NiO et CoCO<sub>3</sub>) jusqu'en 2020. Depuis, le produit final est le NHC
  - Exportation des déchets qui ne peuvent être éliminés sur le site
  - Exportation de l'excédent d'équipements et d'installations
  - Mise en œuvre d'équipement de lutte contre la pollution marine.

## 2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le contexte géologique de la zone d'étude est la nappe des péridotites qui couvre actuellement le tiers de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie. Cette nappe correspond principalement aux roches du manteau supérieur (harzburgites) et plus rarement aux formations ultrabasiques (pyroxénites, wehrlites et dunités) et basiques (gabbros cumulats). Le manteau d'altération qui surmonte les péridotites est un système multicouche dont chaque horizon présente une structure et une texture spécifiques qui lui confèrent des caractéristiques hydrodynamiques particulières.

La zone d'étude fait partie du Massif du Sud, considéré comme un massif de type « bassin » avec des surfaces d'altération importantes sur le plateau de Goro et la plaine des Lacs (Illustration 2).



Illustration 2 : Carte géologique simplifiée du secteur

## 2.3 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

L'hydrosystème des péridotites de Nouvelle-Calédonie consiste en un système multicouche, assimilable à un milieu fracturé, dont les strates sont *a priori* hydrodynamiquement différentes. On distingue généralement 4 niveaux :

- **L'aquifère supérieur constitué par la cuirasse** dont l'épaisseur est de 3,5 m dans le secteur de Goro, qui présente une double perméabilité (alvéolaire due à sa structure, et de fracture due à son démantèlement) favorisant l'infiltration rapide de l'eau précipitée et ruisselée (forte porosité et perméabilité).
- Un **aquitard** correspondant aux horizons des **latérites rouges et jaunes** (semi-perméable), dont l'épaisseur est ~6 m pour les latérites rouges et de ~31 m pour les latérites jaunes dans le secteur de Goro. Il est caractérisé par une forte porosité et une faible perméabilité qui lui confèrent la fonction capacitive du système (stratification hydraulique du système) ;
- **L'aquifère principal** (ou aquifère inférieur) semi-captif qui correspond au niveau des **saprolites grossières** et à la partie fracturée et altérée de la roche mère (péridotite), dont l'épaisseur est ~11 m dans le secteur de Goro. Le système hétérogène composé de la roche très altérée et de blocs relativement sains facilite la circulation de l'eau et alimente les principales résurgences des versants et les cours d'eau à l'étiage. Il s'agit de la nappe la plus important en termes de flux.
- **L'aquifère profond** correspond à la **péridotite non altérée** ou saine. Jusqu'à récemment considéré comme composant le substratum hydrogéologique de l'aquifère principal des saprolites, l'existence d'un écoulement souterrain plus profond, probablement dans les fractures du socle est envisagé dans sa partie supérieure.

Si cette structure semble similaire à celle des aquifères de socle, il existe des spécificités qui en font un hydrosystème particulier. En effet, la solubilité des silicates en milieu tropical permet la formation de vides, voire de drains, comme cela est observé dans les milieux calcaires, à cela près que dans le cas des péridotites le produit résultant de l'hydrolyse génère un résidu solide d'altération susceptible de boucher les vides formés. On parle dans le cas des péridotites de Nouvelle-Calédonie de **pseudo-karst** (karstification des péridotites). En effet si les péridotites montrent des formes de dissolution, la partie inférieure et ouverte du karst n'est pas avérée à l'échelle des massifs de péridotites.

Localement, il existe des formations alluviales qui sont le siège de circulations de sub-surfaces dans certains bassins contribuant à la formation de zones marécageuse en saison des pluies.

Devant la complexité du système et les enjeux, et conformément au nouveau code minier renforçant la nécessité de protection de la ressource en eau souterraine et en eau de surface à la demande de Vale NC a élaboré un « Plan d'amélioration des connaissances du fonctionnement hydrogéologique de la Plaine des Lacs 2019-2025 ». Ce plan vise notamment à mieux caractériser les interconnexions hydrauliques entre le bassin de la Kwé et les bassins voisins dont le secteur de la Plaine des lacs.

## 2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE<sup>5</sup>

Plusieurs bassins versants correspondant aux cours d'eau principaux caractérisent la région sud-est de la Nouvelle-Calédonie (Illustration 3). Le site d'étude se situe pour l'essentiel sur le bassin de la Kwé, dont la superficie est de 40 km<sup>2</sup> (Illustration 4). On distingue les bassins versants de la Kwé Ouest, de Kwé Nord, de la Kwé Est, du Creek de la Crête sud et de la Kwé principale. De manière typique pour le sud-est de la Nouvelle Calédonie, toutes ces rivières présentent des pentes généralement fortes et coulent dans un chenal étroit, entrecoupé de rapides et de cascades. Le régime d'écoulements est généralement torrentiel.

Le schéma hydraulique du bassin versant de la Kwé est présenté sur l'illustration 5, avec présence de 3 stations hydrométriques dont la station KOL située sur la Kwé Ouest, à proximité du parc à résidus KO2.

Il faut également noter que les eaux de deux rivières sont captées pour alimenter en eau potable les tribus et villages environnants. C'est le cas de la Truu qui alimente le village de la Truu et de la Wajana qui alimente la tribu de Goro. Le débit de la source Truu, située en amont de la rivière Truu, est de 60 L/s (valeur calculée entre mars 2011 et février 2012 lors du suivi mensuel de la fosse minière à 25 ans). Elle est alimentée par un réseau souterrain mis en évidence en 2008 par des essais de traçage montrant une connexion hydraulique entre les bassins de la Kwé Est (VSKE) et de la Truu. D'autres essais par traçage ont été réalisés dans cette zone et ont révélé d'autres connexions hydrauliques : (i) entre le bassin de la Kwé Est (VSKE) et le bassin Entonnoir (ii) entre le bassin Entonnoir et le bassin de Cascade et (iii) entre le bassin de Cascade et le bassin de la Truu.

De nombreuses dolines sont répertoriées sur toute la zone d'étude confirmant l'existence de dynamiques pseudo-karstique passées ou actuelles. Ce sont des centres de drainage locaux dont la plus spectaculaire est celle du Trou du Tahitien.

---

<sup>5</sup> Les éléments de contexte hydrologique sont repris pour l'essentiel de la DAEM de 2015 (livret D, volet C)

L'endoréisme, c'est-à-dire des régions dans lesquelles l'écoulement des eaux superficielles n'atteint pas la mer et se perd dans des dépressions fermées, apparaît sur de nombreuses zones. La capture de nombreuses rivières existe également sur le site de Goro, et apparaissent essentiellement à la limite entre les bassins versants de la KO4 et de la KO5 d'une part et au sud du bassin versant de la plaine des Lacs d'autre part.



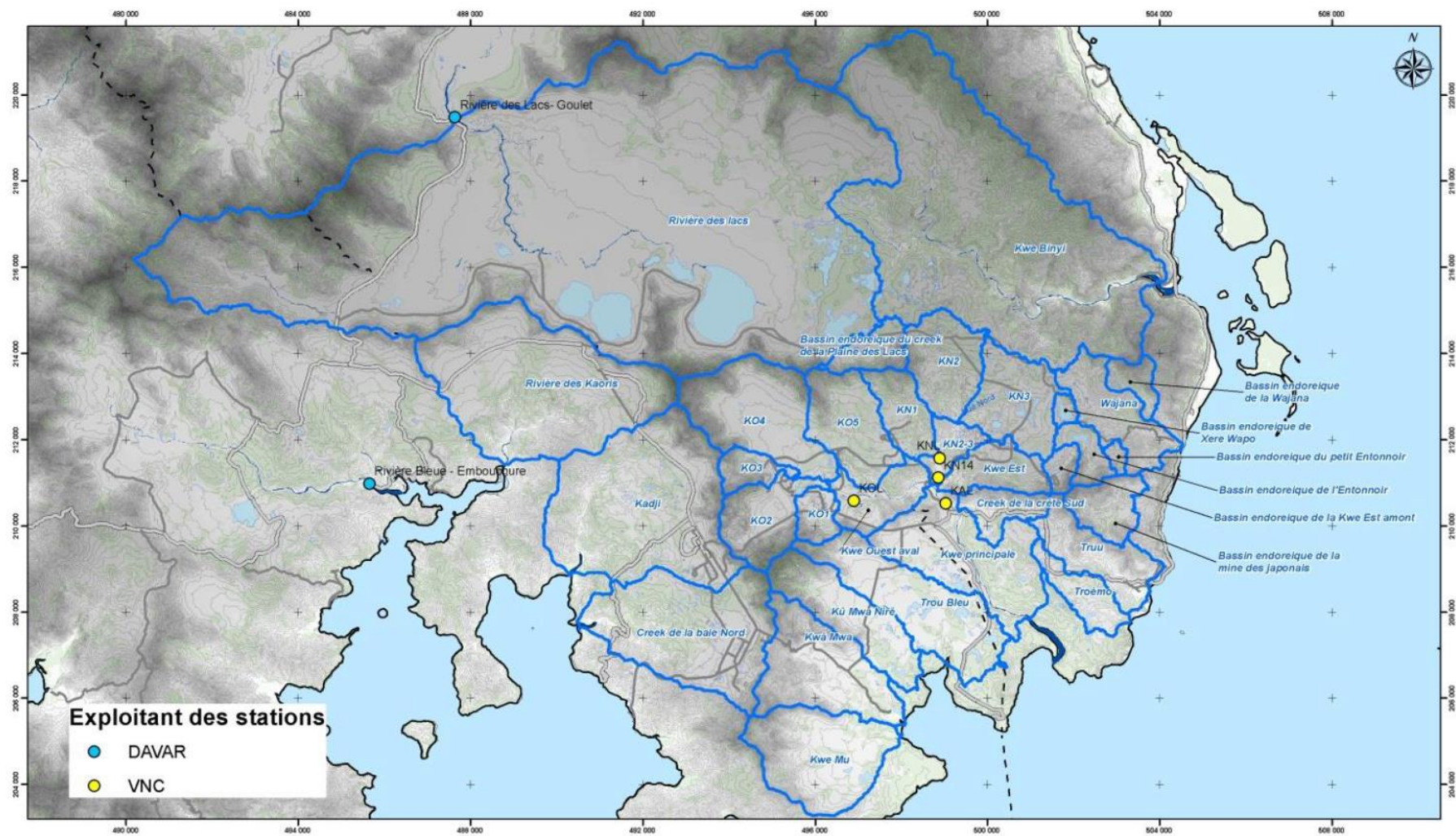


Illustration 3 : Bassins versants de la zone d'étude et des alentours proches (source : DAEM 2015 – Livret C Volet B)

Bassins versants principaux	Surface BV (km²)	Rivière				Installations VNC
		sous bassins versants	Longueur (km)	Pente (%)	Sinuosité (1)	
Rivière Kwé	18,09	Kwé Ouest	8,3	4,8	1,3	Stockage de résidus épaissis, usine de préparation du minéral (limité Kué Ouest et Kué Nord) Future zone d'aménagement KO4
	10,89	Kwé Nord	7,3	5,2	1,4	Mine
	2,25	Kwé Est	4,2	3,6	1,2	
	1,60	Creek de la Crête Sud	2,6	10,3	-	Aucune installation
	6,94	Kwé Principale	4,1	1,4	1,2	
Total Kwé	39,77					
Trou Bleu	6,43	Trou Bleu	3,7	3,2	1,1	Aucune installation
Wajana	3,52	Wajana	3,8	7,1	1,5	Aucune installation
Kué binyi	32,10	Kuébini	8,0	3,0	1,7	Aucune installation
Truu	3,34	Truu	4,4	10	-	Aucune installation
Cascade	2,02	Cascade	2,3	6	-	Aucune installation
Entonnoir	1,15	Entonnoir	1,2	8,5	-	Aucune installation
Baie de Prony	14,20	Kaori	3,9	6,6	1,1	Aucune installation
	13,46	Kadji	4,7	7,7	1,2	Base-vie, tuyau d'eau brute (faible emprise)
	9,57	Creek Baie Nord	5,3	n/d	n/d	Site industriel, convoyeur port-site industriel, station d'épuration base-vie, émissaire des effluents liquides
	18,43	Baie de Prony Est (2)	n/d	n/d	n/d	Port, convoyeur port-site industriel
Plaine des lacs	81,88	-	-	-	-	Pépinière, camp de la géologie
Total	104,22					

Illustration 4 : Caractéristiques des principaux bassins versants (source : DAEM 2015)

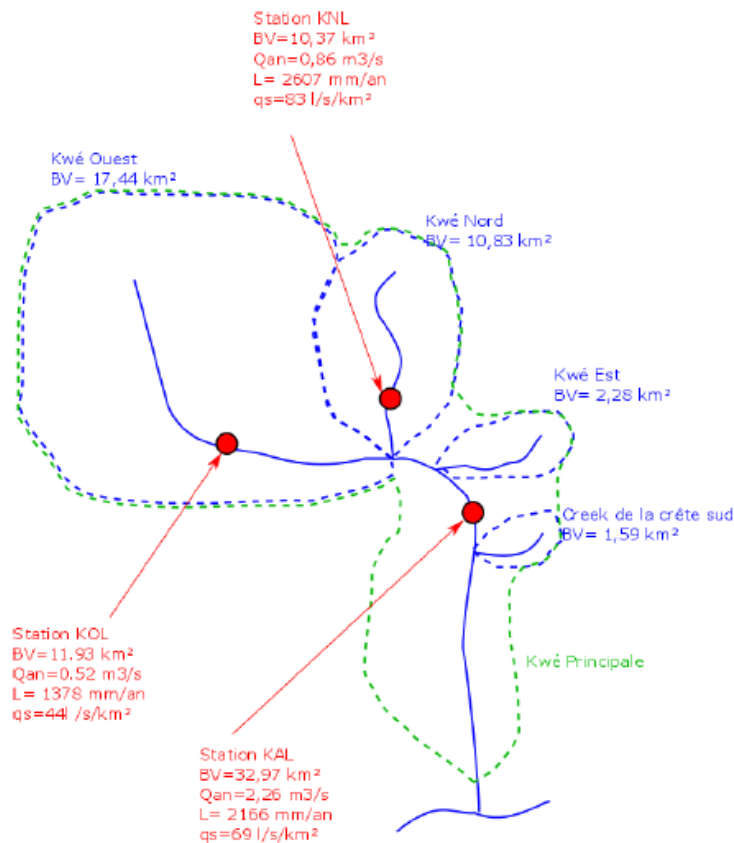


Illustration 5 : Schéma hydraulique du bassin versant de la Kwé, débits moyens annuels et modules (source : DAEM 2015)

Les régimes hydrologiques sont affectés par la nature du sol, des pentes et de la végétation, mais surtout par les irrégularités du régime pluvial. La variation saisonnière des débits suit le rythme des précipitations. Les basses eaux s'observent entre août et novembre, l'étiage se produisant généralement entre septembre et octobre. Les valeurs d'étiage sont essentiellement liées au régime des précipitations et à la capacité de rétention des bassins versants, ils sont quasiment exclusivement alimentés par des nappes souterraines, en général peu développées, sauf pour les massifs de péridotite. Certaines rivières peuvent ainsi se tarir complètement ou partiellement. C'est le cas du creek de la Crête Sud dans la zone d'étude. Les débits mensuels sont plus élevés de janvier à avril avec un pic observé généralement en février ou en mars.

## 2.5 CONTEXTE REGLEMENTAIRE DE LA SURVEILLANCE

Un rapport annuel – *Surveillance des milieux récepteurs - Rapport annuel - Eaux souterraines (dossier ENV\_2)* – restitué annuellement (2010 – 2020) les données et analyses de surveillance réalisées dans le cadre des arrêtés suivants :

- n° 891-2007/PS du 13 juillet 2007 (Port) ;
- n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (de l'usine, de l'unité de préparation du minerai et du centre de maintenance de la mine) ;
- n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de déchets issus du procédé – LUCY ; bilan de fonctionnement semestriel indiqué dans l'arrêté).

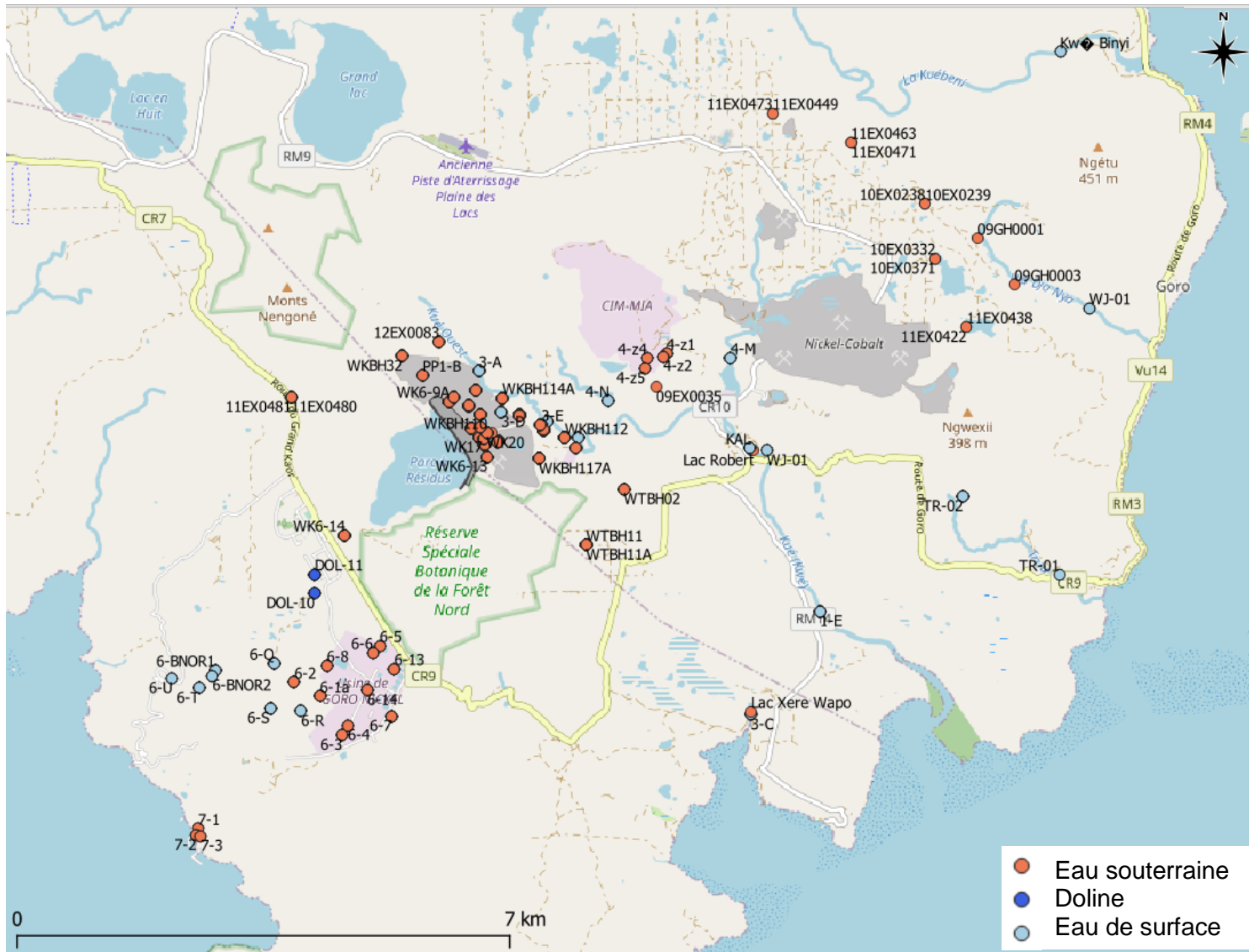


Un rapport annuel – *Surveillance des milieux récepteurs - Rapport annuel - Eaux de surface (dossier ENV\_3)* – restitue annuellement (2010 à 2020) les données et analyses de surveillance réalisées dans le cadre des arrêtés suivants :

- n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 (Utilités) ;
- n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 (bilan de fonctionnement semestriel indiqué dans l'arrêté)
- n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (de l'usine, de l'unité de préparation du minerai et du centre de maintenance de la mine) ;
- n° 11479-2009/PS du 13 novembre 2009 (des stations d'épuration n° 5 et n° 6) ;
- n° 1228-2002/PS du 25 septembre 2002 modifié par n° 541-2006.
- n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 (autorisation d'exploitation minière) ;
- n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de déchets issus du procédé - LUCY).

Depuis 2017, conformément aux articles Lp. 142-6 et R. 142-9-2 du code minier, un rapport annuel rend compte de l'incidence des activités minières sur l'occupation des sols, sur l'environnement et sur les eaux superficielles et souterraines. Le contenu de chaque partie de ce rapport annuel portant sur l'activité minière - *Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines* - a été établi selon les dispositions spécifiques de l'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016. Les rapports sur les années 2017, 2018 et 2019 ont été transmis au BRGM qui les a consultés dans le cadre de cette étude.

Les points de suivi de la qualité des milieux cités dans les arrêtés cités ci-avant sont localisés sur la carte suivante (Illustration 6). Ce sont ces différents points de suivi, appartenant à ce qui est appelé « réseau réglementaire », qui font l'objet du présent rapport.



*Illustration 6 : Localisation des différents points de suivi (source : BRGM à partir de la liste des points transmis par PRNC)*

## 3 Méthodes de surveillance / mode opératoire

### 3.1 PRELEVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

#### 3.1.1 Protocole d'échantillonnage

Les protocoles de mesure et méthodes d'analyse sont précisées pour les différents paramètres dans le document de Vale sur les méthodes d'échantillonnage PRO-5102-EN. Il est notamment indiqué que le prélèvement des échantillons destinés à la recherche de traces d'hydrocarbures est effectué avant la purge et en surface par écrémage conformément à la norme ISO 5667. Le contenu du bailer est ensuite versé dans le flacon prévu à cet effet, « *en prenant en compte de ne pas remplir entièrement le flacon* ».

#### **Avis BRGM 1**

##### Prélèvement des échantillons en vue d'une analyse des hydrocarbures

Il est indiqué dans la norme ISO 5667-11 relative à l'échantillonnage des eaux souterraines que :

« *For investigation of a potentially contaminated site, where the contaminants are located at discrete locations or free-phase contaminants (LNAPLs and DNAPLs) are present, the impact of purging can be to redistribute or spread the contaminants. This can lead to erroneous results and/or exacerbation of problems<sup>6</sup>* ».

Ainsi, en présence d'une phase libre de type LNAPL<sup>7</sup> (également appelée « phase flottante »), la norme ISO 5667-11 recommande de réaliser le prélèvement d'eau souterraine avant la purge.

Dans le cadre du suivi effectué par PRNC, en cas de suspicion de présence d'une phase libre de type LNAPL (phase flottante) à la surface de la nappe, il est recommandé de vérifier sa présence ou son absence notamment par l'utilisation d'une sonde à interface.

En l'absence de phase libre, le protocole doit être le même que pour les autres substances dissoutes, à savoir la réalisation d'une purge du piézomètre puis un prélèvement à la pompe, à la même profondeur que la purge.

En cas de présence d'une phase libre de type LNAPL, le protocole de prélèvement pourra suivre les recommandations de la norme NF X31-615<sup>8</sup> qui est plus précise que la norme ISO 5667-11 sur ce point.

<sup>6</sup> Pour l'investigation d'un site potentiellement contaminé, où les contaminants sont situés à des endroits précis ou lorsque des contaminants en phase libre (LNAPLs et DNAPLs) sont présents, la purge peut conduire à redistribuer ou à répandre les contaminants. Cela peut conduire à des résultats erronés et/ou à la création de problèmes.

<sup>7</sup> Light Non-Aqueous Phase Liquid : phase liquide non aqueuse plus légère que l'eau.

<sup>8</sup> Norme NF X31-615 - Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines.

### Remplissage des flacons

La norme ISO 5667-3 relative à la conservation et à la manipulation des échantillons d'eau précise les éléments suivants :

*« Pour les échantillons nécessitant la détermination de paramètres physico-chimiques, remplir complètement le récipient et le boucher de manière qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon. Cela réduit l'interaction avec la phase gazeuse et minimise l'agitation de l'échantillon au cours du transport. Il convient de ne pas remplir complètement les récipients lorsque la congélation fait partie du mode opératoire de stabilisation des échantillons ».*

Les échantillons prélevés sur le site de Prony ne sont pas destinés à être congelés avant analyse. Conformément à la norme ISO 5667-3, le remplissage complet des flacons est donc recommandé. Cette recommandation est également valable pour les eaux de surface.

### **3.1.2 Période de prélèvement**

L'arrêté n° 3690-2017 relatif au parc à résidus stipule que lorsqu'une surveillance semestrielle est requise, une mesure est réalisée en saison sèche et l'autre en saison humide.

### **Avis BRGM 2**

#### Périodes de prélèvements

La restitution des données de la surveillance des eaux de surface ne précise pas la période du prélèvement au cours du cycle hydrologique, il n'est donc pas possible de s'assurer que les prélèvements sont réalisés idéalement en début de période d'étiage et à la fin de la saison des pluies.

Pour les prélèvements des eaux souterraines en vue d'analyses des paramètres chimiques, il convient également de s'assurer que la période de prélèvement est la bonne au regard du niveau piézométrique (hautes eaux-basses eaux).

## **3.2 PRELEVEMENT DES EAUX DE SURFACE**

Le document de Vale sur les méthodes d'échantillonnage PRO-5102-EN ne spécifie aucun détail sur l'échantillonnage. Le flaconnage fait référence à des préleveurs automatiques dont la position et l'usage ne sont pas décrits.

### **Avis BRGM 3**

#### Méthode de prélèvement

L'échantillonnage des rivières par préleveur automatique est indiqué dans le document mais ce plan d'échantillonnage n'est pas décrit (points de surveillance, pas de temps d'échantillonnage, fréquence des prélèvements...). Il conviendra de veiller à ce que la procédure relative à l'échantillonnage automatique soit adaptée aux objectifs du suivi et aux préconisations spécifiques associées aux paramètres suivis.

### 3.3 PARAMETRES ET METHODES ANALYTIQUES

Les analyses sont réalisées par le laboratoire interne de Prony Ressource (PRNC) accrédité COFRAC depuis le 2 octobre 2008. Cette accréditation porte sur les analyses des matières en suspension, des métaux dissous et du chrome VI. Les cations majeurs et éléments traces sont dosés par ICP-AES.

Les éléments dissous sont analysés après filtration au laboratoire. La filtration au laboratoire est couramment acceptée mais elle n'est pas recommandée pour le suivi des éléments sensibles au potentiel redox notamment arsenic, chrome, fer et manganèse pour lesquels une filtration sur le terrain est recommandée.

Les normes appliquées pour les différents paramètres analysés sont présentées dans les documents de suivi annuels (ENV\_2, ENV\_3). En particulier, le dosage de l'ammonium est assuré selon la méthode HACH 10205 et les hydrocarbures totaux sont analysés par le laboratoire PRNC selon la norme NF T 90 114. La limite de détection indiquée est de 0,5 mg/kg. La méthode de détermination des hydrocarbures totaux par calcul, nommée SPE02CALC, est appliquée en fonction du résultat de la Demande Chimique en Oxygène (DCO, SPE03). La limite de détection indiquée de cette méthode de calcul est de 10 mg/kg.

#### **Avis BRGM 4**

##### Normes

Parmi les normes appliquées, deux ne sont plus en vigueur. Il s'agit :

- Pour le pH, la norme NF T90-008 est remplacée par la norme en vigueur NF EN ISO 10523 depuis 2012.
- Pour les hydrocarbures, la norme NF T 90 114 d'octobre 1979 n'est plus en vigueur depuis 2005 et a été remplacée par la NF EN ISO 9377-2. Il conviendrait d'adapter la méthode d'analyse des hydrocarbures afin d'abaisser les limites de quantification (cf. Avis BRGM 6).

##### Confusion paramètres

Il semble y avoir une confusion entre l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) dans les différents documents (ENV\_2, ENV\_3). Il conviendrait de vérifier le paramètre réellement analysé et la méthode associée. Ce point avait déjà été souligné dans l'expertise du plan de suivi des eaux de surface de la société Vale Nouvelle-Calédonie, située dans le dossier ENV\_11.

##### Liste des paramètres analysés

Parfois les paramètres chimiques ne sont pas listés individuellement mais ils sont regroupés par famille (anions majeurs, cations majeurs, métaux, ...). Sans la liste détaillée, il n'est pas possible de vérifier que tous les paramètres recommandés ont été analysés.

Les résultats de certains paramètres (ex. magnésium, nitrates), apparaissant dans les listes de paramètres analysés présentées dans les documents de suivi annuels (ENV\_2 et ENV\_3), ne sont pas présentés. Soit ces paramètres ne sont pas analysés, soit les résultats ne sont simplement pas restitués dans les rapports. Il conviendrait donc de s'assurer que l'ensemble des résultats pour les paramètres surveillés sont correctement rapportés dans les rapports annuels. A l'inverse, des paramètres sont mentionnés dans les interprétations sans qu'aucun suivi ne soit décrit (ex. bromures dans les eaux de surface).

### 3.3.1 Limites de quantification des méthodes analytiques

#### Dosage des paramètres inorganiques

Les limites de quantification annoncées dans ENV\_5 (Annexe III-C-4) sont pour certains paramètres largement supérieures à des valeurs telles que les seuils de potabilités des eaux destinées à la consommation humaine ou les valeurs seuils pour l'évaluation du bon état des masses d'eau (cadre de la Directive Cadre Européenne sur les eaux).

De plus, les différents travaux rapportés sur la qualité des eaux ne présentent pas de résultats pour les éléments tels que l'arsenic ou le cadmium, faute de limites de quantification adaptées aux concentrations environnementales (DAEM – 2015 – Livret C – Volet B § 4.3.11).

#### **Avis BRGM 5**

##### Limite de quantification

Bien que les limites de quantification aient été améliorées depuis la demande d'autorisation d'exploiter en 2007, les limites de détection actuellement mises en œuvre dans les rapports de suivi annuels (ENV\_2, ENV\_3) ne permettent pas de quantifier les concentrations équivalentes aux seuils réglementaires pour les éléments tels que l'ammonium, le phosphore, l'arsenic et le cadmium.

Une ICP-AES à vision axiale permettrait d'atteindre des seuils de quantification suivants : arsenic : 10 µg/L, cadmium : 2 µg/L ou phosphore : 0,05 mg/L.

##### Confusion limite de détection / limite de quantification

Il y a visiblement une confusion entre limite de quantification (LQ) et limite de détection (LD) entre certains documents, notamment entre ENV\_5 et ENV\_3. La limite de quantification correspond à un multiple donné de la limite de détection pour une concentration de l'analyse qui peut raisonnablement être déterminée avec un degré d'exactitude et de précision acceptable (Directive 2009/90/Ce, article 2.2). Ceci avait déjà été souligné lors de l'expertise ENV\_11. Cette confusion existe aussi au sein d'un même document (ENV\_2, ENV\_3) où une limite de détection est donnée à un endroit alors que, ailleurs dans le texte, cette même valeur est reprise en indiquant qu'il s'agit d'une limite de quantification.

##### Méthode analytique et amélioration des limites de quantification

Il est recommandé d'adapter les méthodes analytiques afin d'améliorer les performances et abaisser les limites de quantification afin d'assurer un suivi adapté aux gammes de concentrations des valeurs guides. Dans ce sens, la Directive sur les eaux destinées à la consommation humaine recommande (Partie B de l'annexe III de la Directive (UE) 2020/2184) que « *la méthode d'analyse utilisée permette, au minimum, de mesurer des concentrations égales à la valeur paramétrique, avec une limite de quantification, ... de 30 % ou moins de la valeur paramétrique pertinente et avec l'incertitude de mesure indiquée.* »



### Dosage des paramètres organiques

Parmi les substances organiques, seuls les hydrocarbures totaux sont analysés. Pour ces derniers, la limite de détection indiquée est de 10 mg/kg. Cette limite, qui correspond en fait peut-être une limite de quantification, est considérée trop élevée pour juger de la dégradation du milieu par les hydrocarbures, qui ne sont pas des substances naturellement présentes dans les milieux. A titre de comparaison, la valeur de 10 mg/L correspond à la concentration limite des rejets aqueux en milieu naturel définie dans l'arrêté du 2 février 1998. Par ailleurs, les valeurs de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, définies dans l'arrêté du 11 janvier 2007 sont les suivantes, selon les traitements à mettre en place pour les rendre consommables :

- Groupe A1<sup>9</sup> : valeur impérative de 0,05 mg/L ;
- Groupe A2<sup>10</sup> : valeur impérative de 0,2 mg/L ;
- Groupe A3<sup>11</sup> : valeur guide de 0,5 mg/L et valeur impérative de 1 mg/L.

#### **Avis BRGM 6**

##### Méthode analytique et amélioration des limites de quantification

Il est recommandé d'adapter les méthodes d'analyse des hydrocarbures afin d'abaisser les limites de quantification.

### 3.3.2 Contrôle des analyses : calcul de la balance ionique

Il a été noté que l'exploitant se base sur la balance ionique comme critère d'évaluation des analyses. Il est courant d'autoriser 5 % pour des eaux avec des minéralisations classiquement retrouvées dans les eaux souterraines et eaux de surface et 10 % sur des eaux plus minéralisées de type eaux géothermales ou pour des sites miniers. Ce critère peut atteindre 15 % pour des matrices complexes.

Les travaux de A2EP Roche (2012) font bien figurer ce critère de 10 % et mentionnent les échantillons s'écartant de ce critère. Néanmoins, dans un des rapports (Rapport Vale juin 2017, étude sur FPP), l'exploitant s'autorise un critère de 16 % sur la balance ionique pour sélectionner les données. Ce seuil paraît élevé et il serait préférable de limiter la tolérance sur la balance ionique afin de mieux garantir les analyses rendues par le laboratoire.

#### **Avis BRGM 7**

##### Balance ionique

La balance ionique est un critère robuste pour évaluer la qualité des analyses chimiques dans les eaux. Il est donc recommandé d'inclure l'analyse de ce critère dans les rapports de surveillance. Il est également recommandé que l'exploitant précise les critères d'acceptabilité du laboratoire d'analyse et le seuil toléré pour la validation des analyses.

<sup>9</sup> Groupe A1 : traitement physique simple et une désinfection.

<sup>10</sup> Groupe A2 : traitement normal physique, chimique et une désinfection.

<sup>11</sup> Groupe A3 : traitement physique et chimique poussé, des opérations d'affinage et de désinfection.

### **3.4 CONCLUSIONS DU BRGM SUR LE CONTEXTE DE LA SURVEILLANCE ACTUELLE**

Les éléments suivants ont été relevés.

#### **Prélèvement des échantillons en vue d'une analyse des hydrocarbures (avis 1)**

Il est recommandé de suivre les préconisations de la norme ISO 5667-11 relative à l'échantillonnage des eaux souterraines, à savoir qu'en présence d'une phase libre de type LNAPL<sup>12</sup> (également appelée « phase flottante »), le prélèvement d'eau souterraine doit être réalisé avant la purge.

En l'absence de phase libre, le protocole est le même que pour les autres substances dissoutes, à savoir la réalisation d'une purge du piézomètre puis un prélèvement à la pompe, à la même profondeur que la purge.

En cas de présence d'une phase libre de type LNAP, le protocole de prélèvement pourra suivre les recommandations de la norme NF X31-615<sup>13</sup> qui est plus précise que la norme ISO 5667-11 sur ce point.

L'utilisation d'une sonde à interface est recommandée afin de déterminer si une phase libre de type LNAP est présente ou pas à la surface de la nappe.

#### **Remplissage des flacons (avis 1)**

Il convient de suivre les recommandations de la norme ISO 5667-3 relative à la conservation et à la manipulation des échantillons d'eau, à savoir le remplissage complet des flacons, quel que soit le type d'eau.

#### **Périodes de prélèvement (avis 2)**

Pour les prélèvements en vue d'analyses des paramètres chimiques, il convient de s'assurer que la période de prélèvement est la bonne au regard du niveau piézométrique (hautes eaux-basses eaux).

#### **Méthode de prélèvement des eaux de surface (avis 3)**

L'échantillonnage des rivières par préleveur automatique est indiqué dans le document mais ce plan d'échantillonnage n'est pas décrit (points de surveillance, pas de temps d'échantillonnage, fréquence des prélèvements...). De plus amples informations pourraient être utiles pour connaître le mode de prélèvement.

#### **Normes (avis 4)**

Parmi les normes appliquées, deux ne sont plus en vigueur. Il s'agit :

- Pour le pH, la norme NF T90-008 est remplacée par la norme en vigueur NF EN ISO 10523 depuis 2012,

---

<sup>12</sup> Light Non-Aqueous Phase Liquid : phase liquide non aqueuse plus légère que l'eau.

<sup>13</sup> Norme NF X31-615 - Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines.



- Pour les hydrocarbures, la norme NF T 90 114 d'octobre 1979 n'est plus en vigueur depuis 2005 et a été remplacée par la NF EN ISO 9377-2. Il conviendrait d'adapter la méthode d'analyse des hydrocarbures afin d'abaisser les limites de quantification.

#### **Confusion paramètres (avis 4)**

Il semble y avoir une confusion entre l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) dans les différents documents (ENV\_2, ENV\_3). Il conviendrait de vérifier le paramètre réellement analysé et la méthode associée. Ce point avait déjà été souligné dans l'expertise ENV\_11.

#### **Liste des paramètres analysés (avis 4)**

Parfois les paramètres chimiques ne sont pas listés individuellement mais ils sont regroupés par famille (anions majeurs, cations majeurs, métaux, ...). Sans la liste détaillée, il n'est pas possible de vérifier que tous les paramètres recommandés ont été analysés.

Les résultats de certains paramètres, apparaissant dans les listes de paramètres analysés présentées dans les documents de suivi annuels (ENV\_2 et ENV\_3), ne sont pas présentés. Soit ces paramètres ne sont pas analysés, soit les résultats ne sont simplement pas restitués dans les rapports. Il conviendrait donc de vérifier ce point.

Pour les eaux de surface, il est noté dans les résultats de la surveillance que le bromure est inférieur aux limites de quantification du laboratoire mais il n'est nulle part fait état d'analyses réalisées sur ce paramètre.

#### **Limite de quantification (avis 5)**

Bien que les limites de quantification aient été améliorées depuis la demande d'autorisation d'exploitation en 2007, les limites de détection actuellement mises en œuvre dans les rapports de suivi annuels (ENV\_2, ENV\_3) ne permettent pas de quantifier les concentrations équivalentes aux seuils réglementaires pour les éléments tels que l'ammonium, le phosphore, l'arsenic et le cadmium.

Une ICP-AES à vision axiale permet d'atteindre des seuils de quantification suivants : arsenic : 10  $\mu\text{g/L}$ , cadmium : 2  $\mu\text{g/L}$  ou phosphore : 0,05  $\text{mg/L}$ .

#### **Confusion limite de détection / limite de quantification (avis 5)**

Il y a visiblement une confusion entre limite de quantification (LQ) et limite de détection (LD) entre certains documents notamment entre ENV\_5 et ENV\_3. La limite de quantification correspond à un multiple donné de la limite de détection pour une concentration de l'analyse qui peut raisonnablement être déterminée avec un degré d'exactitude et de précision acceptable (Directive 2009/90/Ce, article 2.2). Ceci avait déjà été souligné lors de l'expertise ENV\_11. Cette confusion existe aussi au sein d'un même document (ENV\_2, ENV\_3) où une limite de détection est donnée à un endroit et ailleurs dans le texte cette même valeur est reprise en indiquant qu'il s'agit d'une limite de quantification.

#### **Méthode analytique et amélioration des limites de quantification (avis 5 et avis 6)**

Il est recommandé d'adapter les méthodes analytiques des paramètres inorganiques et des paramètres organiques afin d'améliorer les performances et abaisser les limites de quantification afin d'assurer un suivi adapté aux gammes de concentrations des valeurs guides.

### **Balance ionique (avis 7)**

La balance ionique est un critère robuste pour évaluer la qualité des analyses chimiques dans les eaux. Il est donc recommandé d'inclure l'analyse de ce critère dans les rapports de surveillance. Il est également recommandé que l'exploitant précise les critères d'acceptabilité du laboratoire d'analyse et le seuil toléré pour la validation des analyses.

## 4 Surveillance des eaux souterraines

### 4.1 DOCUMENTS EXPERTISES

Les documents plus particulièrement analysés dans la présente section sont :

#### **Demande d'autorisation**

- Demande d'autorisation d'exploitation des installations classées – Volume III Etude d'impact – Projet Goro Nickel - Goro Nickel – Mai 2007 (ENV\_5)
- Demande d'autorisation d'exploitation des installations classées – Volume III Etude d'impact – Parc à résidus miniers de la Kwé Ouest – Vale NC – Septembre 2007 (ENV\_6)
- Demande d'autorisation d'exploitation minière – Livret C – Etude d'impact sur l'environnement – Vale NC – Octobre 2015 (ENV\_7)
- Plans de suivi environnementaux (ENV\_18)

#### **Rapports complémentaires**

- Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées. Rapport complémentaire. Analyse des effets potentiels du projet de stockage de résidu asséché sur la qualité des eaux de la rivière Kwé Ouest - Projet LUCY. VALE NC, décembre 2016.
- Fonctionnement hydrogéologique de la Plaine des Lacs Programme d'amélioration de la connaissance Mai 2016 - Plan d'actions 2019-2025 (Complément\_1)
- Prony Ressources – Mémoire - Qualité des eaux souterraines sur le site de l'usine du Sud – Point d'étape, 25 novembre 2021.
- Vale - Méthode d'échantillonnage - PRO-5102-EN – 26 février 2013.
- Synthèse des observations piézométriques – Secteur de Goro - A2EP Avril 2012b
- Synthèse sur la qualité des eaux souterraines et superficielles - Secteur de Goro– A2EP Avril 2012
- Analyse approfondie de la qualité des eaux souterraines et superficielles - Secteur de Goro - A2EP Avril 2014

#### **Rapports sur la surveillance**

- Surveillance des milieux récepteurs – Qualité des eaux souterraines. Rapports annuels 2010 à 2019 – Vale NC (ENV\_2).
- Prony ressources - Surveillance des milieux récepteurs - Rapport Annuel (2020) - Eaux Souterraines (ENV\_2b).
- Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC – 2017 à 2019 (ENV\_8).

#### **Autres documents**

- Artélia, 2016. Simulation des impacts hydrogéologiques des aménagements - Projet LUCY. Scénarios d'impact hydraulique du projet. Rev 0, août 2016.
- VALE, 2019. Note relative à l'impact de l'UPM (FPP) sur les eaux souterraines et les eaux de surface. Bilan au 31 novembre 2019.
- VALE, 2017. Evolution de la composition chimique des eaux souterraines en aval de la FPP : Description, origine et prévision. Rapport final, juin 2017.
- Répertoire « FichesInstallationPiezo » des documents complémentaires envoyés par PRNC en mai 2022.

## 4.2 ENJEUX LOCAUX

Le document sur le programme d'amélioration de la connaissance de 2016 (Complément\_1) recense les enjeux pour les eaux souterraines, notamment un rôle de soutien pour les zones humides de la Plaine des Lacs, les rivières du bassin versant de la Kwé, les rivières des bassins versants voisins (rivières des Kaoris, Kadji, Port Boisé, Kuébini, Wajana, la Truu) et la pérennité des usages (AEP et baignade pour les cours d'eau).

La carte suivante (Illustration 7) illustre ces enjeux au voisinage du bassin de la Kwé et des bassins versants voisins et montre que ceux-ci peuvent être basés sur des présomptions d'échanges entre bassins. Les incertitudes liées à la connaissance hydrogéologique des échanges entre bassins impliquent nécessairement une incertitude sur le devenir des potentiels polluants depuis les différents secteurs de l'exploitation. Les possibles échanges doivent donc être pris en compte dans la définition du réseau de suivi (localisation des points de surveillance).

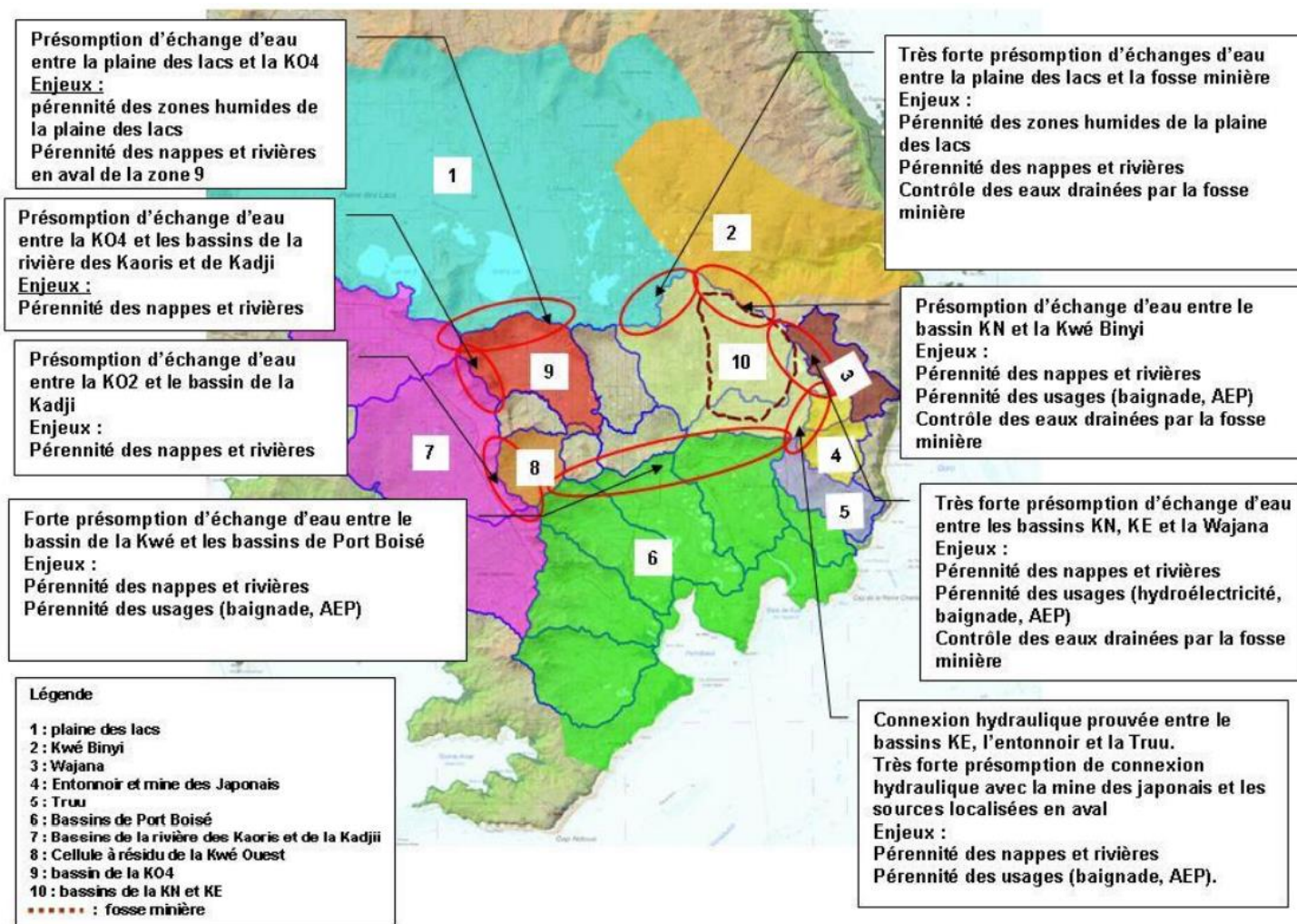


Illustration 7 : Carte des principaux enjeux associés aux eaux de surface et souterraines au voisinage du bassin de la Kwé (Evaluation de 2009) (source : programme d'amélioration de la connaissance de 2016 ; Complément\_1)



### 4.3 CONNAISSANCE DU SYSTEME

L'analyse de la surveillance des eaux souterraines s'est faite sur la base des connaissances et des hypothèses sur le fonctionnement hydrogéologique du secteur complété par la consultation des cartes piézométriques disponibles. Pour le site de l'usine, il s'agit de la carte présentée ci-après (cf. Illustration 8). Pour le site minier, il s'agit notamment des cartes C16 à C19 de la DAEM (2015) et du rapport A2EP 2012b (Synthèse des observations piézométriques) complété au droit de l'unité de préparation du minerai (UPM), par les cartes présentées dans le rapport (VALE, 2017) (cf. Illustration 9 et Illustration 10).

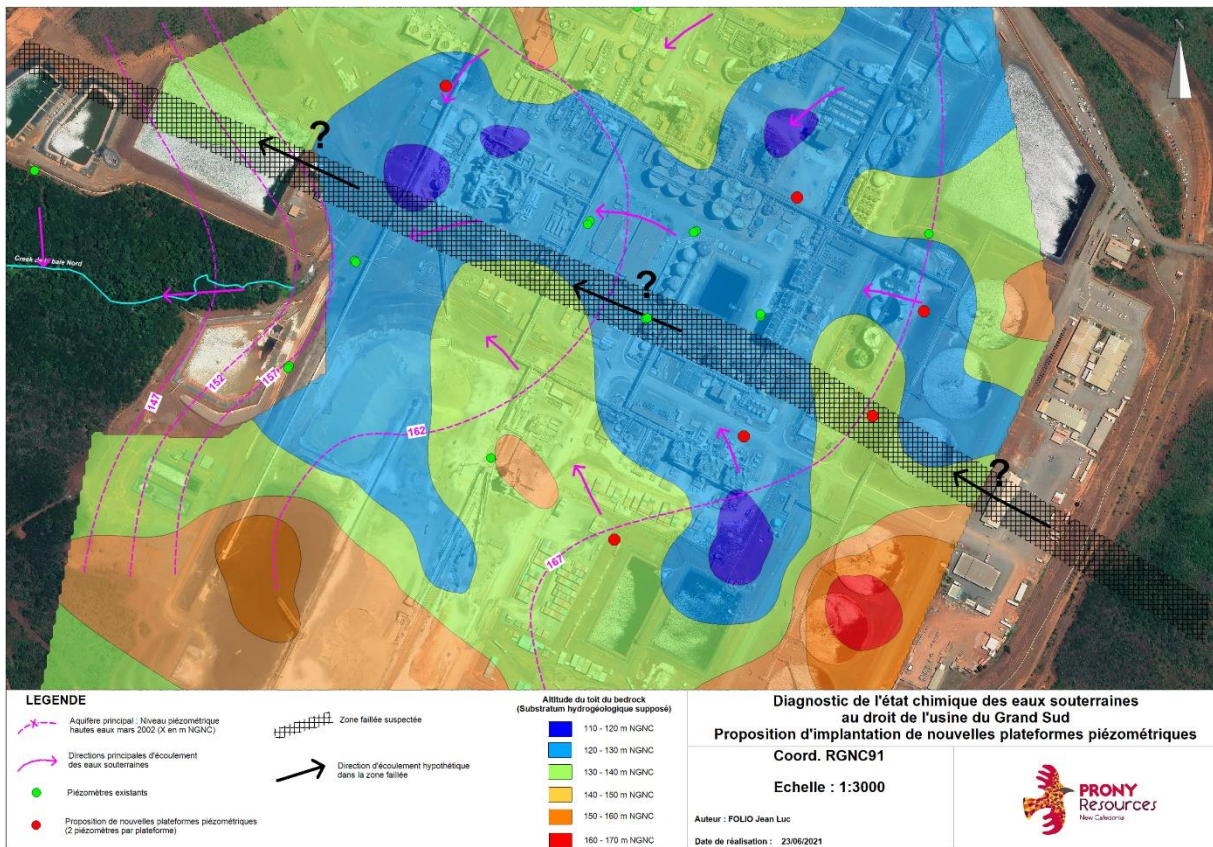


Illustration 8 : Carte piézométrique de l'aquifère principal, au droit de l'usine, en période de hautes eaux (mars 2002) (source : Document PRNC intitulé « carte proposition implantation nouvelles plateformes piezo.jpg »)





Illustration 9 : Aquitard latéritique : Carte piézométrique et directions d'écoulement dans le secteur de la FPP – Cycle hydrologique moyen  
(Les courbes piézométriques sont exprimées en m NGNC. Les points noirs représentent les piézomètres disponibles dans la zone d'étude. La couleur des flèches varie en fonction de la vitesse des écoulements) (source : VALE, 2017)



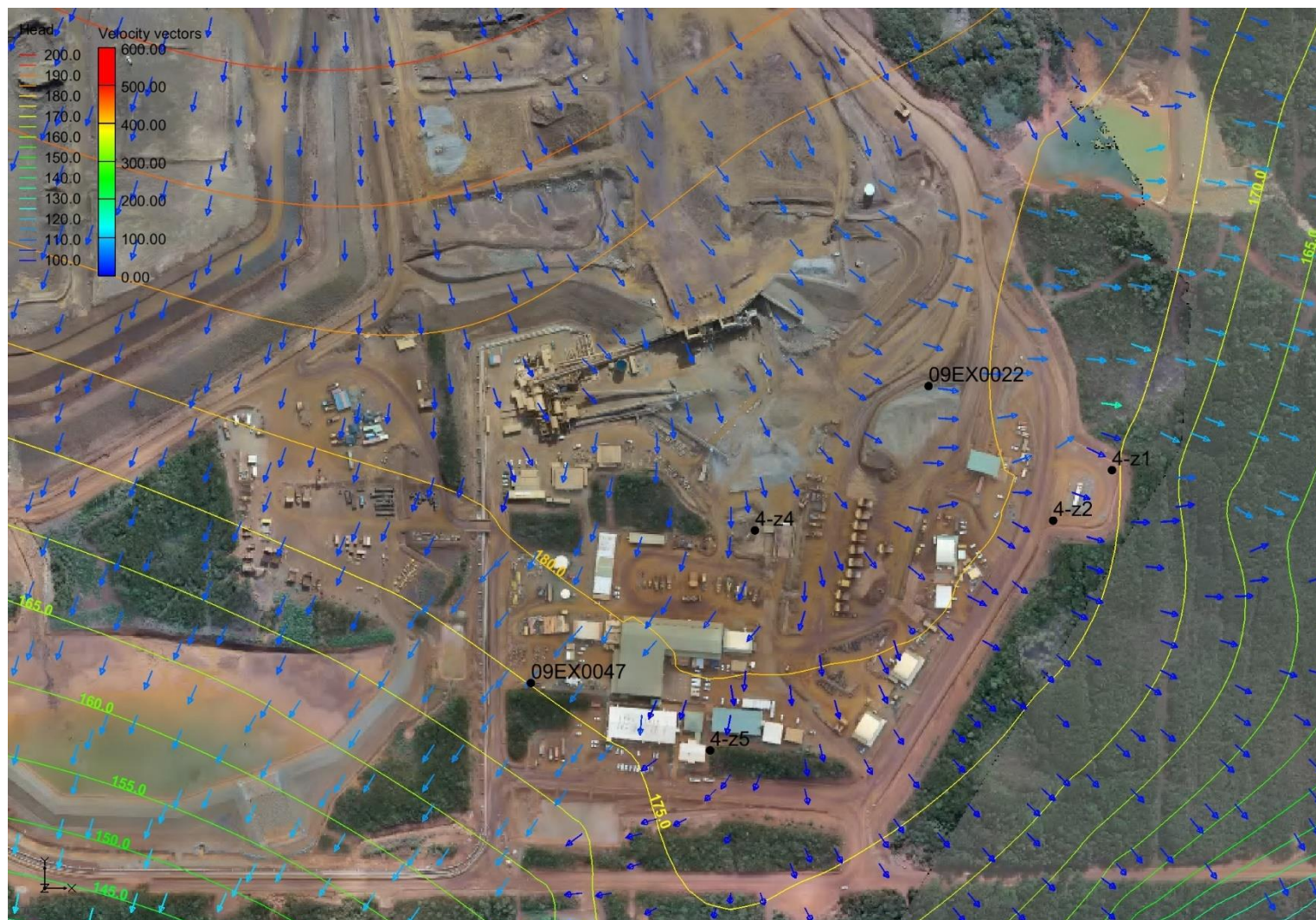


Illustration 10 : Aquifère principal : Carte piézométrique et directions d'écoulement dans le secteur de la FPP – Cycle hydrologique moyen  
(Les courbes piézométriques sont exprimées en m NGNC. Les points noirs représentent les piézomètres disponibles dans la zone d'étude. La couleur des flèches varie en fonction de la vitesse des écoulements) (source : VALE, 2017)



Lors de la DAEM (2015), les connaissances rapportées par PRNC sur les relations avec les bassins versants voisins (Livret C – volet B) sont les suivantes :

- Connexion directe : entre le Trou du Tahitien, situé au nord est du plateau de Goro, et les eaux souterraines. Les eaux de la plaine des Lacs sont drainées par la Kwé Nord et la Kwé Binyi. La zone de partage des eaux n'est pas localisée.
- Connexions indirectes : Le bassin KN1 (bassin de la Kwé Nord) est connecté au bassin endoréique du creek de la plaine des Lacs ; le bassin endoréique de la Kwé Est est relié à la rivière Truu (source TR02) par un système pseudo-karstique, et dans une moindre proportion au bassin de l'Entonnoir ; ce dernier est connecté au bassin Cascades lui-même connectée à la rivière de la Truu ; le bassin endoréique de la Kwé Ouest se vidange dans la baie de Port Boisé.
- Connexions suspectées : entre le Grand Lac (Plaine des Lacs) et l'aquifère principal du bassin KO4, potentiellement en lien avec la source de la rivière K05.
- Connexions hypothétiques : entre le Grand Lac et le bassin de Port Boisé via le bassin de Trou bleu ; entre le bassin KO4 et le bassin endoréique de la Kwé ouest ; entre le bassin endoréique de la limite Nord-Est du bassin de la Wajana et la rivière Wajana.

#### 4.4 ETAT INITIAL ET FOND HYDROGEOCHIMIQUE

La DAEM 2015 (Livret C – volet B) présente le fond géochimique pour les eaux souterraines tel que défini sur la base des analyses sur l'ensemble du site (FM25, SMLT, KO4) en appliquant la méthode BRGM du centile 90 (A2EP, 2014).

Les faciès chimiques ont également été appréhendés via des diagrammes de Piper et par la classification des ions par ordre d'abondance. Il est clairement mis en évidence une différence du faciès chimique entre les eaux de l'aquifère latéritique par rapport à celles des aquifères saprolitiques et des péridotites. Ces deux derniers aquifères ont des compositions relativement comparables.

Il est surprenant de constater que les concentrations utilisées pour la définition du fond hydrogéochimique varient au sein d'un même aquifère pour lequel la composition en éléments majeurs (Ca, Na, Mg, K ; Cl ; HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>) devrait être relativement homogène (DAEM – 2015 – Livret C - volet B, § 4.3.11.1). Cela concerne notamment les éléments tels que le magnésium et les sulfates (Mg : 0,5 à 29 mg/l pour l'aquifère latéritique et <0,1 à 48,1 mg/l pour l'aquifère saprolite/péridotite ; SO<sub>4</sub> : <1,25 à 63,5 mg/l pour l'aquifère latéritique et <1,25 à 113,5 mg/l pour l'aquifère saprolite/péridotite). Cela peut suggérer :

- (i) une hétérogénéité naturelle des aquifères, notamment dans les zones minéralisées ;
- (ii) une mauvaise représentativité du qualitomètre (profondeur de la crépine, venue d'eau connexes) ;
- (iii) une influence de l'activité minière et industrielle sur la qualité des eaux (pollution chronique ou accidentelle).

L'étude A2EP (2012) a également montré que le secteur de KO4 présente des concentrations plus élevées en chrome et en fer semblant indiquer un fond géochimique plus élevé en raison de l'altération des faciès de la roche mère. Cette étude montre également la possibilité d'une variation temporelle des concentrations (plus élevées en périodes de basses eaux) en certains éléments tels que l'aluminium, le calcium, le chrome, le fer et dans une moindre mesure le magnésium et le manganèse.

Le jeu de données utilisé pour le calcul du fond hydrogéochimique (A2EP, 2014) ainsi que l'hétérogénéité du faciès hydrochimique des eaux souterraines mis en évidence (A2EP, 2012) conduisent à penser que la définition du fond hydrogéochimique pourrait être amélioré afin de mieux définir les concentrations de référence sur les différents secteurs.

#### **Avis BRGM 8**

##### Fond hydrogéochimique

Il est recommandé de réviser la définition du fond géochimique qui ne peut pas être déterminé en utilisant les données de manière globale au risque d'induire un biais lié (i) soit à une variabilité naturelle, (ii) soit à une influence anthropique.

Il est recommandé de vérifier que les ouvrages utilisés pour la définition du fond hydrogéochimique sont représentatifs de l'aquifère concerné (niveau capté, rattachement du point d'eau à l'aquifère). En cas d'hétérogénéité (i.e. magnésium ou chrome notamment), il pourrait être nécessaire de distinguer des zones hydrogéochimiques au sein de l'aquifère étudié.

Par ailleurs, il convient de vérifier si certains ouvrages de prélèvement sont influencés par l'activité anthropique (par exemple, problématique « sulfates » dans les latérites sur le secteur de FM25, AEP ROCHE 2012) afin qu'ils soient exclus de la définition du fond hydrogéochimique si une influence est suspectée ou démontrée.

##### Eléments traces

Dans l'ensemble des travaux, on soulignera l'absence ou le peu de valeurs de concentrations sur les éléments traces suivants faute d'analyse ou de limite de quantification adaptées : arsenic, cobalt, cuivre, nickel, plomb, sélénium, zinc et mercure. A noter qu'à l'exception du cobalt, tous ces éléments sont pris en compte dans l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

## **4.5 VALEURS REGLEMENTAIRES ET LIMITES**

Aucun seuil réglementaire n'est défini pour la qualité des eaux souterraines dans les différents arrêtés. Toutefois, des valeurs limites ont été établies par PRNC dans le cadre du suivi des eaux souterraines du Port.

Ces valeurs sont les suivantes : pH compris entre 5,5 et 9,5, valeur seuil de la DCO (100 mg/L), et des hydrocarbures totaux (10 mg/L) (arrêté n° 891-2007/PS).

Le BRGM n'a pas eu connaissance d'autres valeurs appliquées par PRNC pour assurer le suivi environnemental du site.

## **Avis BRGM 9**

### Valeurs seuils

Aucune justification concernant le choix de ces valeurs limites n'est présente dans les différents documents, de même les actions mises en œuvre si ces valeurs sont atteintes voire dépassées ne sont pas présentées. Il est donc difficile d'émettre un avis sur les valeurs établies dans la mesure où leur utilisation n'est pas clairement définie.

D'une manière générale, et quels que soient les secteurs, il est recommandé de fixer différents niveaux de valeurs « guide » et d'y associer des actions.

Dans ce sens, il est recommandé de définir des valeurs « guide » et d'y associer clairement une ou plusieurs actions à mettre en œuvre en cas de dépassement. Plusieurs valeurs peuvent être définies pour une même substance afin d'avoir un plan d'action gradué. Par exemple, il peut être envisagé la définition des valeurs suivantes :

- 1) Seuil d'alerte, associée potentiellement à une augmentation de la fréquence du suivi ;
- 2) Seuil de déclenchement d'action : par exemple, recherche de la source de la pollution associé potentiellement à la mise en place de piézomètres supplémentaires. Parmi les actions, la priorité doit être donnée à la suppression de la source à l'origine de la pollution. Cela suppose une identification préalable de cette source et ensuite, la mise en œuvre d'actions visant à maîtriser cette source de pollution (réparation de la fuite, pompage/écrémage des produits...).

Les valeurs seuils devront être définies en fonction des niveaux de référence du milieu et des valeurs sanitaires ou de bon état. Il est à noter qu'il existe notamment des valeurs seuils (VS) pour les eaux souterraines permettant d'évaluer le bon état chimique des masses d'eau (cf. Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019 ; Directive 2013/29).

Le choix des paramètres doit être basé sur les paramètres présents dans le milieu dont le comportement peut être modifié par l'activité minière ou industrielle (éléments traces : Cr, Co, Mn, Ni) mais également sur la conductivité ou les éléments majeurs tels que les sulfates et le magnésium. Pour les polluants organiques, la détection doit constituer une alerte.

## **4.6 SURVEILLANCE DU NIVEAU DES NAPPES**

### **4.6.1 Port**

L'arrêté n° 891-2007/PS du 13 juillet 2007, qui autorise notamment l'exploitation du port, prévoit l'installation de trois piézomètres pour le suivi des eaux souterraines du port. Ces trois piézomètres sont localisés sur la figure ci-après (Illustration 11).

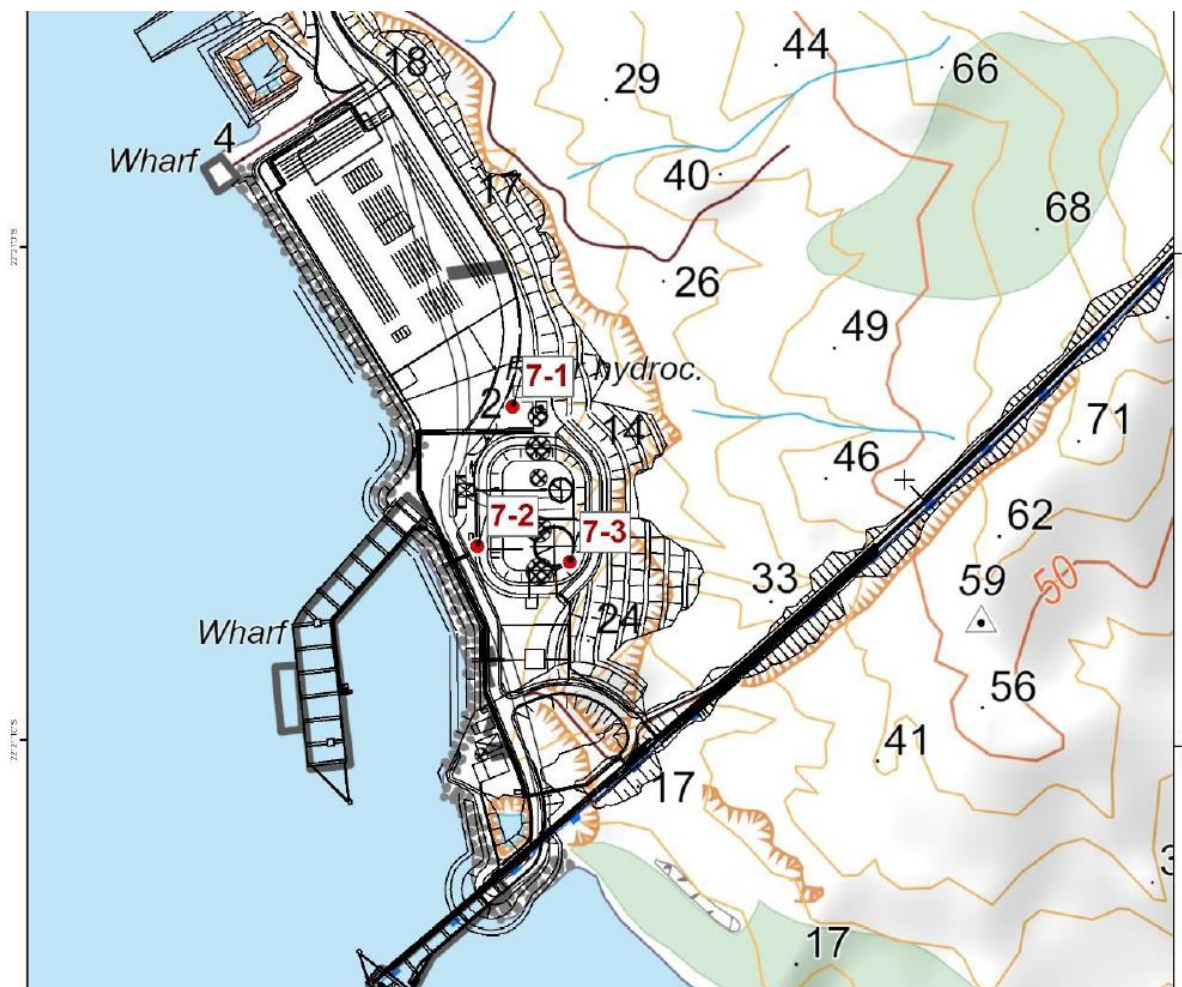


Illustration 11 : Localisation des piézomètres du port (source : ENV\_2)

Conformément à l'arrêté n° 891-2007/PS (article 10.1.2), des mesures du niveau piézométrique doivent être réalisées dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines. Cependant, aucune valeur de niveau d'eau et aucune carte piézométrique ne sont présentées dans les documents expertisés pour le secteur du port.

#### Avis BRGM 10

##### Piézométrie

Il est recommandé de restituer les résultats des suivis piézométriques réglementaires. Cette restitution peut se faire *a minima* sous forme de tableau et de chroniques pour chaque campagne dans les rapports de suivi et idéalement valorisée sous forme de carte piézométrique avec une fréquence à déterminer en fonction des variations observées. Ces résultats sont en effet utiles pour déterminer les sens d'écoulement des eaux souterraines et leur variation dans le temps, et sont également utiles à l'interprétation des résultats du suivi qualitatif (position amont/ aval et position du prélèvement par rapport aux conditions de hautes eaux et basses eaux).

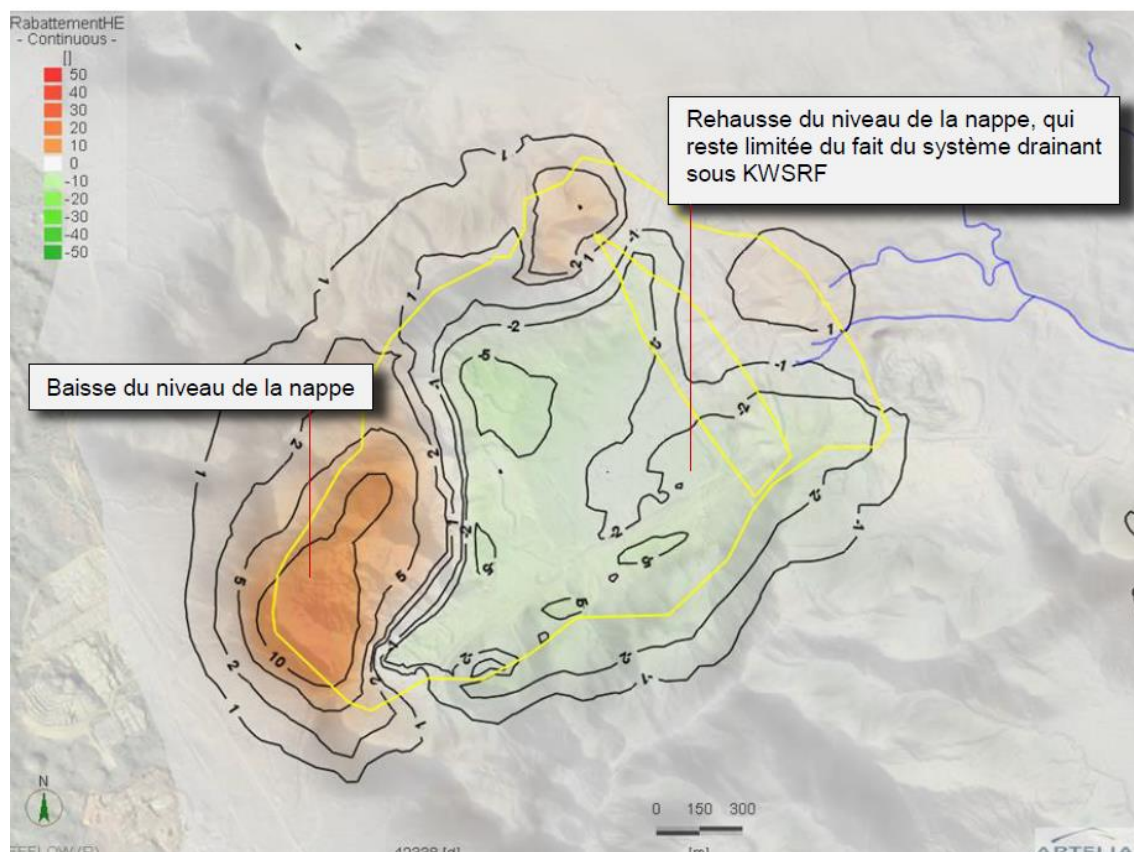


## 4.6.2 Parc à résidus

### 4.6.2.1 Impacts potentiels

Au niveau du stockage des résidus, le poids du stockage pourrait entraîner un tassement des terrains et une diminution de la perméabilité, ce qui pourrait diminuer les circulations et augmenter le gradient hydraulique avec potentiellement une élévation des niveaux piézométriques en amont de ces zones. PRNC a donc fait appel à ARTELIA afin d'évaluer quantitativement l'incidence des aménagements envisagés sur les eaux souterraines. Pour ce faire, plusieurs modélisations hydrogéologiques ont été réalisées à l'échelle régionale. Différents scénarios ont notamment été envisagés concernant la diminution de perméabilité induite par la charge des résidus (Artélia, 2016).

A titre d'exemple, la carte suivante (Illustration 12) présente les incidences sur les niveaux piézométriques pour un des scénarios envisagés.



*Illustration 12 : Incidences sur les niveaux piézométriques hautes eaux - scénario de base - avec en rouge les rabattements et en vert les remontées de nappe (isovaleurs en mètres) (source : Artélia, 2016).*

A titre d'exemple également, le graphique suivant (Illustration 13) présente les niveaux piézométriques simulés à l'aval de la berme (au droit du piézomètre WKBH102).

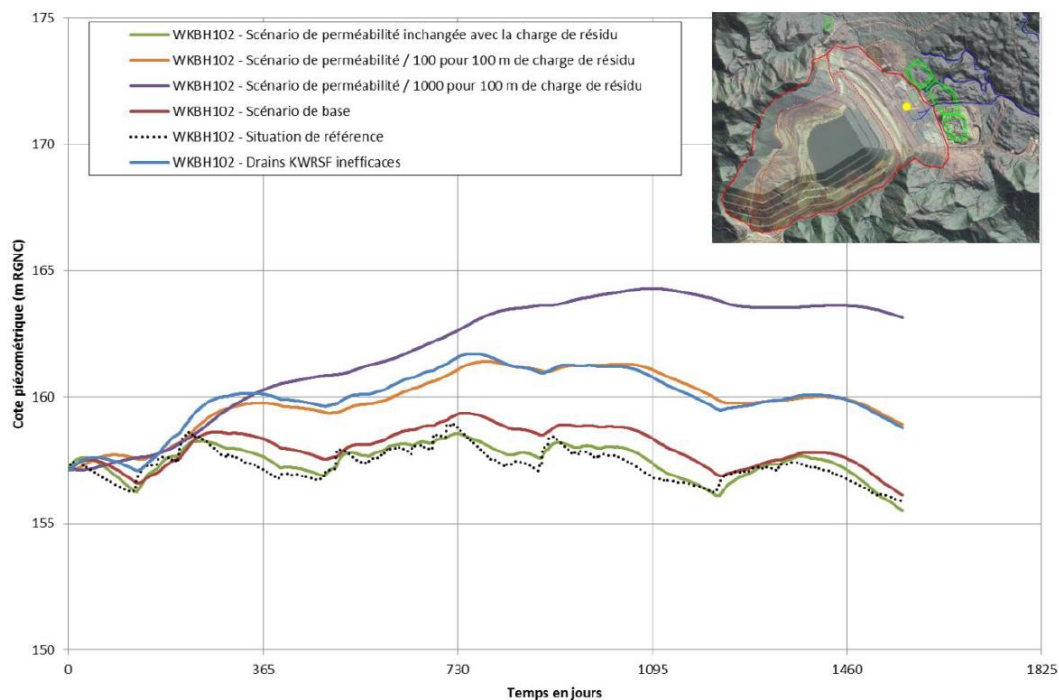


Illustration 13 : Niveaux piézométriques simulés à l'aval de la berme (piézomètre WKBH102).

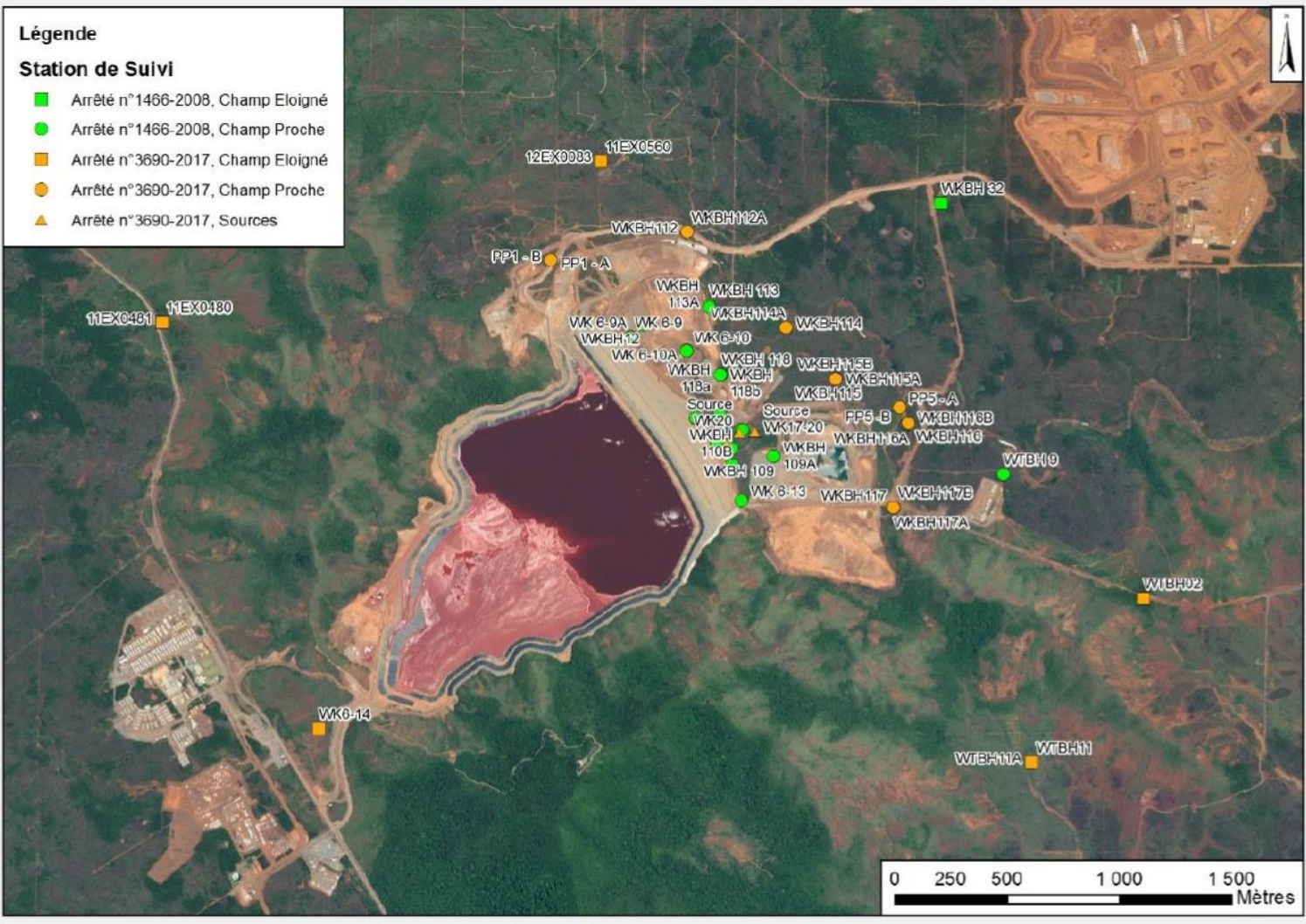
Les conclusions obtenues par PRNC sont les suivantes :

« Les simulations indiquent que les impacts quantitatifs seront faibles à quelques centaines de mètres à l'extérieur du projet et que le fonctionnement hydrologique de base de la Kwé ne sera pas modifié, quelques soient les hypothèses testées de réduction de la perméabilité des formations aquifères du fait du poids des résidus sus-jacents ».

#### 4.6.2.2 Programme de surveillance

Les suivis des eaux souterraines et sources du bassin versant de la Kwé Ouest sont effectués sur 25 piézomètres et 2 résurgences. Ces points sont localisés sur la figure suivante (Illustration 14).





*Illustration 14 : Localisation des points de suivi autour du parc à résidus (source : ENV\_2)*

L'arrêté n° 3690-2017 du 29 novembre 2017 encadre la surveillance du parc à résidus avec notamment le suivi régulier des niveaux piézométriques.

Comme pour le secteur du Port, à ce jour, aucune valeur de suivi du niveau d'eau dans les ouvrages du secteur du parc à résidus n'est rapportée dans les bilans annuels (ENV\_2, ENV\_8).

#### **Avis BRGM 11**

##### Piézométrie

Il est recommandé de restituer les résultats des suivis piézométriques réglementaires dans la zone du parc à résidus. Cette restitution peut se faire *a minima* sous forme de tableau et de chroniques pour chaque campagne dans les rapports de suivi et idéalement, valorisée sous forme de carte piézométrique avec une fréquence à déterminer en fonction des variations observées.

Ces résultats sont, en effet, utiles pour déterminer les sens d'écoulement des eaux souterraines et leur variation dans le temps, et pour l'interprétation des résultats du suivi qualitatif (position amont/ aval et position du prélèvement par rapport aux conditions de hautes eaux et basses eaux).

De plus, il est recommandé de comparer les niveaux mesurés à ceux estimés par modélisation afin de s'assurer que l'impact réel ne soit pas plus important que celui estimé numériquement.  
Unité de préparation du minerai

Quatre piézomètres sont utilisés pour le suivi des eaux souterraines de l'UPM. Ces ouvrages sont présentés sur la figure suivante (Illustration 15).





Illustration 15 : Carte de localisation des piézomètres de suivi au droit de l'UPM (source : ENV\_2)

D'après l'arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008, le niveau piézométrique est à relever à chaque échantillonnage.

Cependant, aucune valeur de niveau d'eau dans le secteur de l'unité de préparation du minerai n'a été identifiée dans les bilans annuels (ENV\_2, ENV\_8).

Des cartes d'écoulement sont présentées dans VALE, 2017 (cf. Illustration 9 et Illustration 10). Ces cartes représentent les conditions d'écoulement lors d'un cycle hydrologique moyen (septembre 2012 - août 2013). Elles sont issues de la mise en œuvre d'un modèle mathématique régional développé dans le cadre de la DAEM portée par Vale Nouvelle Calédonie. Ce modèle a été recalé en intégrant les données piézométriques disponibles dans le secteur de l'UPM.

#### **Avis BRGM 12**

##### Piézométrie

Il est recommandé de restituer les résultats des suivis piézométriques réglementaires dans la zone de l'unité de préparation du minerai.

Il est recommandé de restituer les résultats des suivis piézométriques réglementaires. Cette restitution peut se faire *a minima* sous forme de tableau et de chroniques pour chaque campagne dans les rapports de suivi et idéalement valorisée sous forme de carte piézométrique avec une fréquence à déterminer en fonction des variations observées.

Ces résultats sont en effet utiles pour déterminer les sens d'écoulement des eaux souterraines et leur variation dans le temps, et pour l'interprétation des résultats du suivi qualitatif et valider la localisation des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines.

De plus, il est recommandé de comparer les niveaux mesurés à ceux estimés par modélisation afin de s'assurer que l'impact réel ne soit pas plus important que celui estimé numériquement.

#### **4.6.3 Fosse minière et bassins versants voisins**

##### **4.6.3.1 Impacts potentiels**

L'activité minière, avec le prélèvement ou le drainage des nappes au niveau de la fosse, impacte directement les écoulements souterrains et le niveau des nappes. Dans ce contexte, l'évolution des niveaux et des directions d'écoulement des eaux souterraines a été étudiée et des modélisations prédictives ont été réalisées.

Des cartes de rabattements piézométriques maximum après mise en place des aménagements miniers sont présentées sur les cartes suivantes, respectivement pour l'aquitard latéritique et pour l'aquifère (Illustration 16 et Illustration 17).



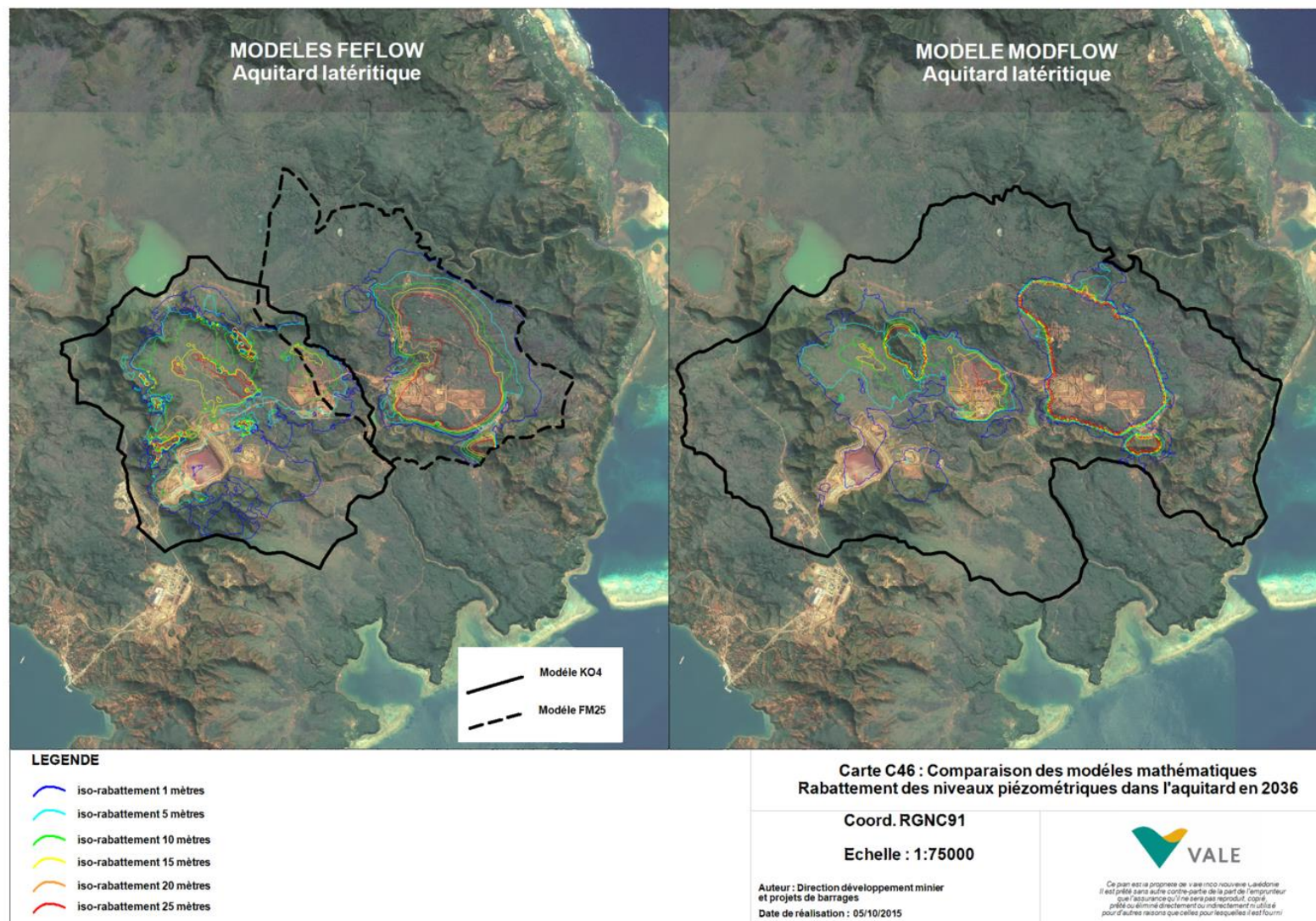


Illustration 16 : Rabattement modélisé des niveaux piézométriques dans l'aquifère latéritique en 2036 (source : DAEM 2015, Livret C, Volet C)



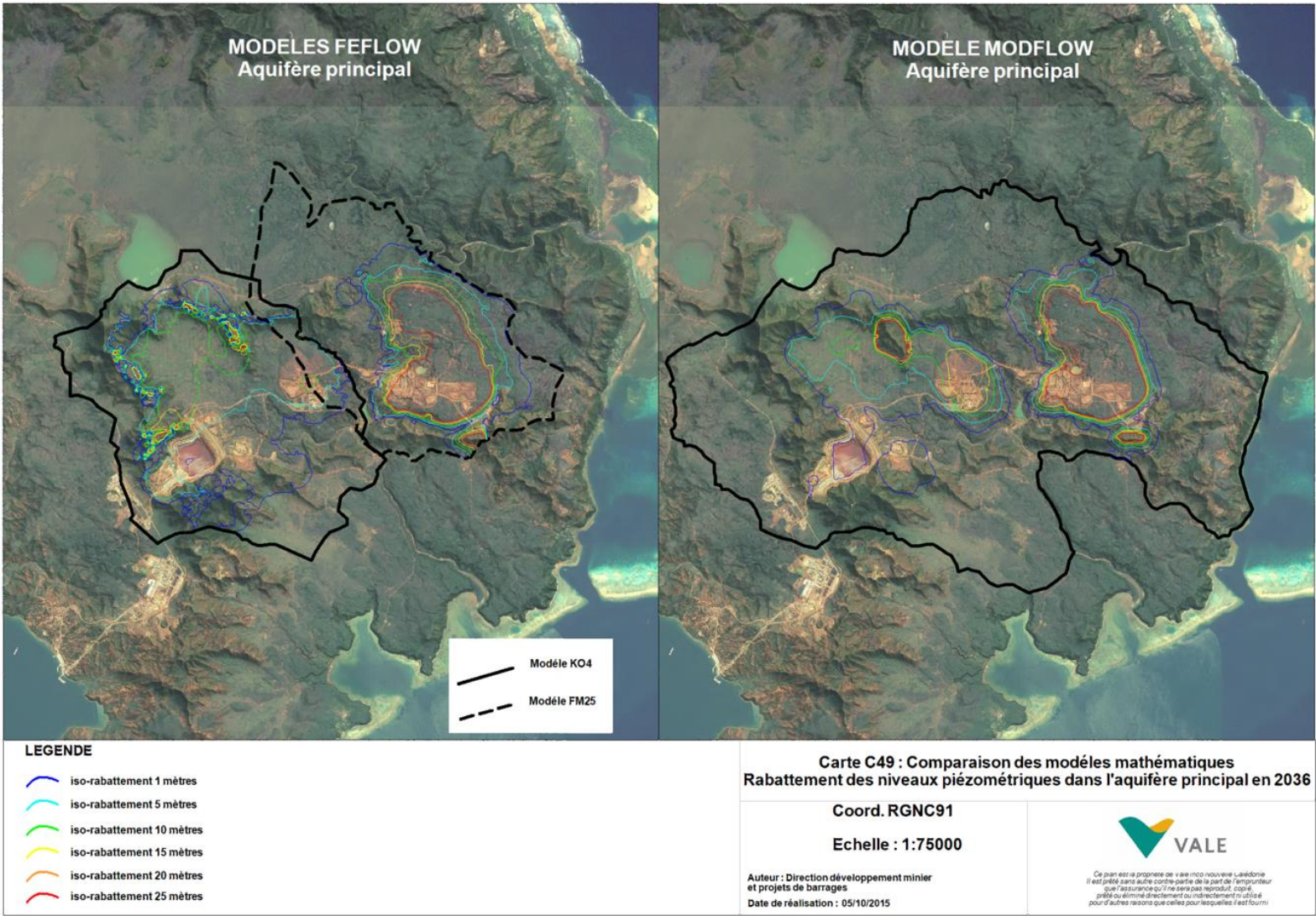


Illustration 17 : Rabattement modélisé des niveaux piézométriques dans l'aquifère principal en 2036 (source : DAEM 2015, Livret C, Volet C



#### 4.6.3.2 Programme de surveillance

Le suivi hydrogéologique du complexe minier est régi par l'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 relatif à exploitation minière. Ce suivi est destiné à (i) évaluer l'étendue de la zone d'influence des aménagements miniers sur les écoulements d'eaux souterraines et ainsi s'assurer que l'impact réel reste dans la limite de l'impact modélisé dans l'étude hydrogéologique présenté dans le dossier de demande d'autorisation d'exploitation complété et (ii) suivre l'assèchement progressif des lacs modélisé dans l'étude hydrogéologique du fait du développement de la fosse minière.

Cet arrêté prescrit un suivi piézométrique au droit de 14 ouvrages et un suivi limnimétrique au droit de deux stations (lac Robert et lac Xere Wapo). Les deux suivis sont réalisés en continu. Les différentes stations sont localisées sur la carte ci-après (Illustration 18).

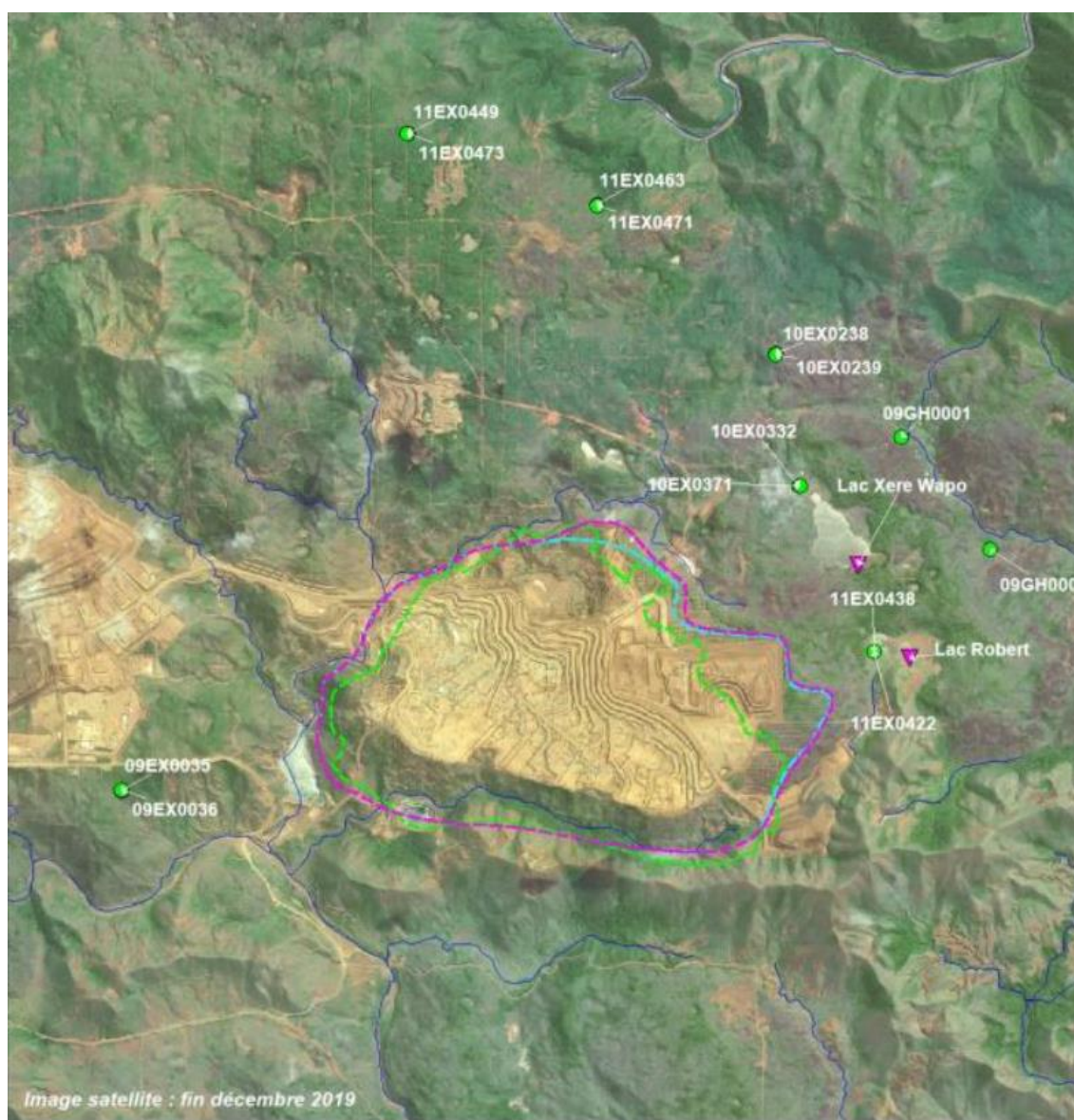


Illustration 18 : Carte de localisation des ouvrages de suivi dans le secteur de la fosse minière (source : Rapport VALE de 2019 - Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines (ENV\_8))

### **Avis BRGM 13**

#### Piézométrie

Le secteur semble bien couvert pour assurer le suivi des niveaux piézométriques au regard des impacts simulés, sous réserve du bon état des ouvrages.

#### Ajout de point de suivi

Il est toutefois recommandé d'ajouter au moins un point de suivi des eaux souterraines dans le bassin versant de la Kwé Binyi afin de suivre l'influence de la mine dans ces secteurs qui sont situés à proximité immédiate de la limite des impacts attendus.

Il est à noter que la localisation des points de suivi est basée sur les résultats des modélisations hydrogéologiques réalisées. Cette localisation est donc soumise aux réserves qui ont été émises sur ces modèles dans le cadre de l'expertise traitant de la question 5<sup>14</sup> de l'arrêté provincial du 18 mars 2021.

### **Avis BRGM 14**

#### Modélisation et piézométrie

La comparaison entre les niveaux piézométriques mesurés autour de la fosse et les niveaux estimés par modélisation est restituée annuellement dans le rapport relatif à l'activité minière (ENV\_8). Par ailleurs une actualisation du modèle est réalisée. Les résultats du calage entre les niveaux d'eau mesurés et les niveaux simulés sont présentés pour différents points de suivi. Toutefois, il est recommandé de présenter, également et surtout, les résultats de simulation pour les années à venir. Le point important est effectivement de savoir si l'impact futur attendu est toujours acceptable et conforme à ce qui avait été simulé au moment de la demande d'exploitation.

Outre l'approche basée sur la confrontation des données mesurées avec le modèle hydrogéologique, il serait également pertinent de faire l'évaluation des tendances piézométriques à partir des chroniques de suivi pour les piézomètres éloignés pour lesquels aucun impact n'est attendu.

Il est également recommandé de faire l'interprétation des variations piézométriques en tenant compte de leur contexte dynamique (variations saisonnières et inter-annuelles). Ceci peut être complété par le calcul des bilans hydriques pour évaluer les facteurs contrôlant les niveaux piézométriques (pluviométrie, prélèvements).

#### **4.6.4 Complexe hydro-métallurgique**

Seize piézomètres sont utilisés pour le suivi des impacts potentiels des activités de l'usine sur les eaux souterraines. Ces ouvrages sont présentés sur la carte suivante (Illustration 19).

---

<sup>14</sup> Etude hydrogéologique visant à préciser le risque de perturbation des eaux lié à l'exploitation minière, notamment dans la zone de la Plaine des Lacs et les cours d'eau à proximité de la tribu de Goro (Wajana, Truu, Kwé Binyi).







Conformément à l'arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008, le niveau piézométrique est à relever lors de chaque échantillonnage et des prélèvements sont effectués dans la nappe.

Toutefois, aucune valeur de niveau d'eau dans le secteur de l'usine de traitement n'a été identifiée dans les bilans annuels (ENV\_2, ENV\_8). La seule carte piézométrique identifiée parmi les documents consultés, au droit du complexe hydro-métallurgique, est la carte produite en 2002 présentée en 4.3 (cf. Illustration 8). Plusieurs remarques sont formulées par le BRGM sur cette carte :

- La carte piézométrique ne concerne que l'aquifère principal (pas l'aquifère latéritique).
- La carte piézométrique ne concerne que la partie nord du site de l'usine. En particulier, les piézomètres de suivi réglementaire 6-3, 6-4 et 6-7 sont en dehors du périmètre de cette carte. Il est donc difficile d'émettre un avis sur la localisation de ces ouvrages.
- Le contexte géologique au droit du secteur nord de l'usine apparaît complexe, avec notamment la présence suspectée d'une faille. Les sens d'écoulement des eaux souterraines dans ce secteur peuvent donc être affectés par la présence de cette faille.

En 2020, 12 nouveaux piézomètres ont été forés au niveau de l'usine.

Remarque : un fichier SIG a été transmis au BRGM par PRNC avec des courbes isopièzes sur le secteur de l'usine mais ce fichier n'a pas pu être consulté (une demande a été faite auprès de PRNC pour résoudre ce problème).

#### **Avis BRGM 15**

##### Piézométrie

Il est recommandé de restituer les résultats des suivis piézométriques réglementaires dans le secteur de l'usine hydro-métallurgique. Cette restitution peut se faire sous forme de tableau ou être valorisée sous forme de carte piézométrique pour chaque campagne dans les rapports de suivi. Les directions d'écoulements des eaux souterraines et leur variation dans le temps seraient utiles à l'interprétation des résultats du suivi qualitatif (positionnement amont/aval et hautes eaux/basses eaux).

La réalisation d'une carte piézométrique pour chacun des aquifères intégrant l'ensemble des piézomètres du secteur de l'usine hydro-métallurgique serait nécessaire pour une meilleure caractérisation hydrogéologique du secteur. Pour l'élaboration de cette carte il serait intéressant d'intégrer davantage d'ouvrages que les ouvrages du suivi réglementaire. Une telle carte permettrait effectivement de préciser les sens d'écoulement des eaux souterraines et de valider la localisation des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines.

#### **4.6.5 Restitution des résultats de suivi**

La surveillance des niveaux piézométriques est restituée uniquement dans les rapports annuels sur l'incidence des activités minière (ENV\_8 - 2017 à 2019). Ces rapports présentent uniquement l'analyse des impacts de la fosse minière sur les niveaux piézométriques pour les 14 ouvrages prescrit dans l'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC. Les suivis piézométriques de l'ensemble des autres piézomètres du réseau Prony ne sont pas restitués.

Par ailleurs, chacun des rapports présente uniquement les courbes piézométriques acquises durant l'année correspondant au rapport. Il n'est donc pas possible d'appréhender la variabilité interannuelle, ni les tendances. De plus, les données antérieures à 2017 n'ont pas pu être consultées faute de documents fournis pour ces années.

#### **Avis BRGM 16**

##### Données

Avec l'allongement des chroniques pluri-annuelles depuis le début du suivi (premières données piézométriques détenues par PRNC datant de 1993), il est recommandé d'exploiter l'ensemble des données historiques acquises afin d'observer les éventuelles tendances ainsi que les variabilités saisonnière ou inter-annuelle. De plus, la surveillance des niveaux piézométriques devrait être replacée dans le contexte météorologique de l'année par rapport aux statistiques annuelles. Des cartes piézométriques devraient également être établies (au moins 2 par an, en hautes et basses eaux) pour chaque aquifère.

La réalisation de l'analyse des chroniques et des cartes permettrait ainsi de faciliter l'évaluation de l'impact du site sur les eaux souterraines.

## **4.7 SURVEILLANCE PHYSICO-CHIMIQUE**

### **4.7.1 Port**

Le suivi du port est régi par l'arrêté n° 891-2007/PS du 13 juillet 2007 relatif aux installations portuaires.

#### **4.7.1.1 Impacts potentiels**

Les potentiels impacts pouvant influencer la qualité des eaux souterraines sur le secteur du port sont liés à des risques d'infiltration dans le sol et le sous-sol :

- la présence de dépôts de gasoil et de fuel lourd ;
- la présence d'un pipeline d'hydrocarbures ;
- les activités liées au quai de déchargement et au convoyeur par rapport à l'ensemble des matériaux et produits chimiques déchargés ;
- le stockage temporaire de déchets, déchets spéciaux et de résidus.

#### **4.7.1.2 Programme de surveillance**

Le suivi est assuré par 3 piézomètres suivis trimestriellement, conformément à l'arrêté (annexe II ; cf. Illustration 11) :

- Le piézomètre 7-1 est placé à proximité de la rétention de fioul lourd et en aval hydraulique du piézomètre 7-2 ;
- Le piézomètre 7-2 est en amont immédiat des rétentions de fioul lourd et de gasoil, sa fonction principale est de donner une indication de l'état de référence du milieu ;
- Le piézomètre 7-3 a été placé en aval de la rétention de gasoil.

Les paramètres suivis sont le pH, la conductivité, la DCO et les hydrocarbures totaux.

### **Avis BRGM 17**

#### Points de suivi

Le nombre d'ouvrages paraît suffisant et ceux-ci paraissent bien placés afin de surveiller localement la qualité de la nappe. Du fait de la proximité avec les eaux côtières, la surveillance aval d'un éventuel impact des activités du port doit néanmoins être assurée par les eaux côtières qui constituent l'exutoire naturel de la nappe et des eaux de ruissellement.

En l'absence de carte piézométrique de la zone du port, il est difficile de confirmer le rôle de témoin amont joué par le piézomètre 7-2.

D'après les coupes de forages consultées (répertoire « FichesInstallationPiezo »), les piézomètres sont correctement conçus et en particulier adaptés au suivi des hydrocarbures (haut de la crépine plus haut que le niveau de l'eau mesuré quelques jours après la foration). Le suivi piézométrique permettrait toutefois de s'assurer que le haut de la crépine est toujours plus élevé que le toit de la nappe quelles que soient les conditions hydrogéologiques.

#### Paramètres suivis

Concernant la liste des paramètres suivis (pH, conductivité, DCO et HT), étant donné le stockage de produits tels que du gazole et du fuel lourd (cf. 2.1.2), il est recommandé de suivre également les substances de la famille des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence).

### **Remarque**

La dénomination des points (7-1, 7-2 et 7-3) faite dans les rapports annuels de suivi est à vérifier car elle ne semble pas correspondre à celle définie dans l'arrêté n° 891-2007/PS (inversion potentielle des points).

Les valeurs élevées de conductivité relevées au piézomètre 7-1 sont interprétées par l'exploitant comme étant le résultat d'une intrusion naturelle de l'eau de mer dans la nappe d'eau souterraine.

### **Avis BRGM 18**

#### Point de suivi

Il se pourrait que la forte salinité des eaux interfère sur les analyses réalisées sur les hydrocarbures totaux. Il serait préférable, si possible, d'avoir un point de suivi hors influence d'eau saline ou alors s'assurer que la salinité n'a pas un impact sur la mesure des concentrations en hydrocarbures.

#### **4.7.2 Parc à résidus et bassins versants voisins**

La surveillance des eaux souterraines de l'usine d'assèchement de résidus et du stockage de déchets est considérée dans l'arrêté n° 3690-2017. Le précédent arrêté (n° 1466-2008/PS) n'est plus en vigueur mais le réseau de piézomètres est toujours existant. D'après PRNC, le suivi serait maintenu jusqu'à destruction des piézomètres suite à la construction de l'usine DWP2.



#### **4.7.2.1 Impacts potentiels**

Ce secteur dispose de diverses activités réparties entre l'usine d'assèchement de résidus issus du procédé hydro-métallurgique de production de nickel et de cobalt, l'aire de stockage de résidus et des infrastructures auxiliaires : installations de stockages de déchets, concassage, stockage et usages de produits chimiques, atelier de réparation et d'entretien de véhicules à moteurs, production de béton, travail mécanique des métaux.

Différentes catégories d'effluents sont distinguées sur ce secteur : les eaux de procédés de l'unité 135 (dite « DWP2 »), les eaux en contact avec le résidu asséché, les eaux de ruissellement sur les zones d'activités, les eaux de lavage (extinction d'incendie, des équipements, ateliers de maintenance, parkings, etc.), les eaux issues des réseaux de drainage (sous géo-membrane, ...), les eaux exclusivement pluviales et eaux non susceptibles d'être polluées, les eaux polluées lors d'un accident, les eaux domestiques (eaux vannes, sanitaires...).

#### **4.7.2.2 Programme de surveillance**

L'arrêté n° 3690-2017 liste 25 piézomètres et deux sources de surveillance (cf. Illustration 14). Précédemment, l'arrêté n° 1466-2008 listait une autre série de piézomètres dont 16 points sont communs aux deux arrêtés. Le tableau suivant (Tableau 1) présente la liste de ces ouvrages, par arrêté.

Ouvrages de suivi dans le cadre des 2 arrêtés	Ouvrages de suivi dans le cadre de l'arrêté n° 1466-2008	Ouvrages de suivi dans le cadre de l'arrêté n° 3690-2017
WK17	WK6-10	11EX0480
WK20	WK6-10A	11EX0481
WK6-11	WK6-12	11EX0560
WK6-11A	WK6-12A	12EX0083
WK6-14	WK6-13	PP1-A
WKBH112	WK6-9	PP1-B
WKBH112A	WK6-9A	PP5-A
WKBH114	WKBH102	PP5-B
WKBH114A	WKBH102A	WTBH02
WKBH115	WKBH103	
WKBH115A	WKBH109	
WKBH115B	WKBH109A	
WKBH116	WKBH110	
WKBH116A	WKBH110A	
WKBH116B	WKBH110B	
WKBH117	WKBH111	
WKBH117A	WKBH113	
WKBH117B	WKBH113A	
	WKBH118	
	WKBH118A	
	WKBH118B	
	WKBH12	
	WKBH32	
	WTBH11	
	WTBH11A	
	WTBH9	

Tableau 1 : Liste des piézomètres de suivi dans le secteur du parc à résidus

- Impact en aval du parc à résidus

L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité des eaux souterraines montrait que le panache dans les eaux souterraines serait susceptible de franchir la Kwé Ouest (Artélia, 2016<sup>15</sup>). Dans le cas où certaines substances en provenance du parc à résidus pourraient migrer en rive gauche de la rivière, il faudrait des points de surveillance pour en assurer le suivi. Ce commentaire est illustré par la carte d'extension du panache de manganèse dans les eaux souterraines (Illustration 20).

<sup>15</sup> ARTELIA, 2016. Simulation des impacts hydrogéologiques des aménagements - Projet LUCY. Impact du projet sur la qualité des eaux souterraines. Rev 1, octobre 2016. 24p.

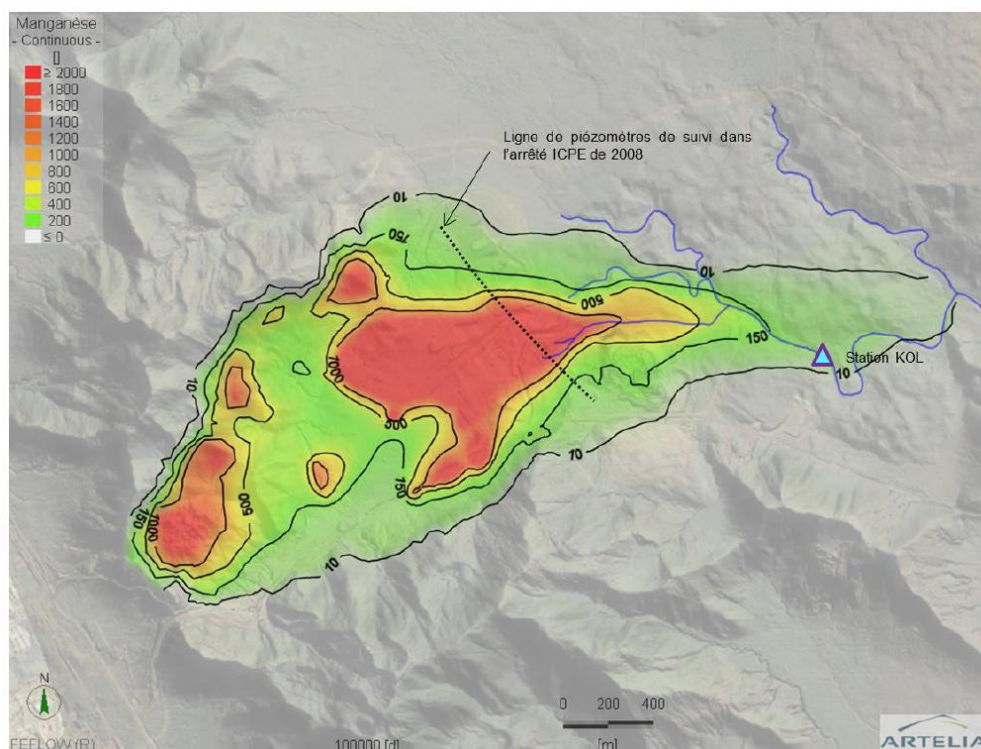


Illustration 20 : Panache « final » des concentrations en manganèse ( $\mu\text{g/L}$ ) (source : Artélia, 2016)

## Avis BRGM 19

### Points de suivi

Le réseau de surveillance doit tenir compte de l'ensemble des écoulements souterrains en aval du parc à résidus au sein des deux aquifères. L'ajout de plateformes de suivi supplémentaires (dans l'aquifère latéritique et l'aquifère principal) en rive gauche de la Kwé Ouest est recommandé afin de suivre l'évolution potentielle des concentrations des différentes substances en provenance du parc à résidus. Si l'hypothèse selon laquelle la Kwé Ouest constitue une barrière hydraulique aux écoulements provenant de la rive droite est vraie, l'ajout de plateformes de suivi supplémentaires en rive gauche servira de contrôle pour vérifier l'absence de pollution de ce côté de la rivière.

Il est important de considérer que le réseau de suivi des eaux souterraines (nombre et localisation des piézomètres) est à adapter en fonction des migrations possibles du panache, l'objectif étant de savoir où se situe le front du panache.

### Aquifère

Aucune information sur l'aquifère alimentant les sources suivies n'est fournie dans les rapports de surveillance. Il serait important de préciser cette information afin de pouvoir interpréter correctement les résultats des analyses des piézomètres et des sources.

La caractérisation de l'extension du panache, réalisée dans l'expertise traitant la question 3<sup>16</sup> de l'arrêté provincial du 18 mars 2021, a mis à jour un défaut dans le réseau actuel d'ouvrages de surveillance des eaux souterraines. La distance de plusieurs centaines de mètres entre les piézomètres du groupe B, où le panache est détecté depuis 2016, et les piézomètres du groupe C, où le panache ne semble pas détecté durant l'automne 2020, conduit à situer la zone du front du panache entre ces deux groupes de piézomètres. Ces deux groupes étant très éloignés les uns des autres, il convient de s'assurer que ces points sont correctement placés en aval pour garantir l'absence d'impact sur la nappe en aval du groupe B.

#### **Avis BRGM 20**

En lien avec (recommandations R.1.1 & R.1.2 de l'expertise traitant la question 3)

##### Points de suivi

Conformément à l'avis formulé dans l'expertise traitant la question 3 de l'arrêté provincial du 18 mars 2021, en vue de déterminer l'emplacement du front du panache et affiner les modèles prédictifs, il est préconisé de compléter le réseau de surveillance par de nouveaux piézomètres captant l'aquifère principal au sein de l'aire délimitée par les 3 piézomètres WKBH110, WKBH115 et WKBH116. Ces ouvrages permettront de compléter les connaissances sur la piézométrie de la zone de transition (recommandation R.1.1 de l'expertise traitant la question 3).

En vue de clarifier l'hypothèse de la recharge de l'aquitard par le cours d'eau alimenté par les sources WK17 et WK20, et son impact sur la qualité des eaux souterraines, il est proposé de mettre en place au moins un doublet de piézomètres (aquitard/aquifère) sur la berge sud du cours d'eau entre les piézomètres WKBH110 et WKBH116, en amont de la station 3E (recommandation R.1.2 de l'expertise traitant la question 3).

- Impact dans les bassins versant voisins :

Les éléments de contexte présentés précédemment (cf. 4.3) ont montré qu'il existait des incertitudes concernant les échanges hydrogéologiques entre le bassin de la Kwé et le bassin de Port Boisé. Il existe donc un besoin d'amélioration de la connaissance sur ces deux secteurs (KO2 et Port Boisé) qui nécessiterait la réalisation d'investigations complémentaires. A défaut d'éléments de connaissance supplémentaires à court terme, il apparaît nécessaire de s'assurer, par la mesure, que la qualité des eaux souterraines n'est pas susceptible de se dégrader dans ce secteur.

#### **Avis BRGM 21**

##### Points de suivi

- Impact latéral :

Etant donnée l'incertitude sur le devenir du panache lié à la présence du bassin endoréique de la Kwé Ouest, l'ajout d'un point de suivi supplémentaire pour le bassin versant de Port Boisé est recommandé afin d'assurer le suivi de l'aquifère latéritique à proximité du point WTBH02 qui est un ouvrage captant l'aquifère principal et qui bénéficie déjà d'un suivi.

<sup>16</sup> Etude visant à caractériser le risque de pollution des eaux par infiltration dans le sous-sol liée au stockage des résidus dans le barrage KO2.

- Témoin amont :

Il serait utile de disposer de données sur la qualité des eaux souterraines, en dehors de l'influence du parc à résidus et de l'UPM, afin de disposer de valeurs de référence pour les eaux souterraines du bassin versant KO2. Ceci permettrait de comparer les résultats obtenus dans le cadre du suivi de l'impact associé au parc à résidus. Une plate-forme piézométrique (captant l'aquifère latéritique et l'aquifère principal) pourrait être utilisée à cette fin dans le bassin KO4, en rive gauche de la Kwé Ouest à l'amont hydraulique.

### Paramètres suivis et fréquence de mesure

Les paramètres suivis sont différents suivant les ouvrages (Illustration 14) :

- Sur 8 piézomètres (groupe de suivi proche), la conductivité, et la température sont mesurées en continu ; les autres paramètres (sulfates, magnésium, calcium et manganèse) sont suivis mensuellement.
- Sur tous les points (groupe de suivi proche et éloigné), les paramètres suivants sont suivis semestriellement : pH, conductivité, Eh, oxygène dissous, aluminium arsenic, calcium, chlorures, cobalt, chrome, chrome VI, cuivre, fer, bicarbonates, potassium, magnésium, sodium, nickel, nitrites, nitrates, ammonium, plomb, phosphates, silice, sulfates, zinc, manganèse, fluor, DCO, hydrocarbures totaux.

La fréquence d'échantillonnage doit être adaptée à la variabilité des paramètres suivis. Pour les points du groupe de suivi éloigné, la fréquence semestrielle est adaptée à condition que les paramètres suivis soient stables. Dans le cas contraire, il convient de revoir la fréquence. Ainsi, l'écart constaté sur le dernier suivi de l'ouvrage WK6-14 (2020) nécessiterait une vérification. Si une dérive devait être confirmée sur l'année 2021 (données non fournies au BRGM dans le cadre de la présente expertise), la fréquence serait à revoir.

### **Avis BRGM 22**

#### Paramètres et fréquence

Les paramètres et fréquences de suivi paraissent adaptés. En cas de variabilité des paramètres physico-chimiques au sein des piézomètres du groupe de suivi éloigné, il convient toutefois de revoir la fréquence du suivi afin de diminuer les pas d'échantillonnage et mieux anticiper une dérive (voir recommandation R4). Pour les paramètres dépassant les valeurs seuils (ex. nitrates), il est également recommandé d'adapter les fréquences.

#### Limites de quantification

Les limites de quantification appliquées doivent être cohérente avec les normes de potabilité (As : 10 µg/L ; Cd : 5 µg/L ; Pb : 10 µg/L) et/ou les valeurs de fond géochimique attendues (zinc).

Le programme de surveillance de l'impact du bassin à résidu KO2 a révélé des concentrations en nitrate (NO<sub>3</sub>) relativement élevées par rapport aux concentrations naturelles dans les eaux souterraines au droit des piézomètres situés en périphérie (au Nord-Est) de la carrière du mamelon, au pied du barrage KO2. Ces valeurs peuvent localement/ponctuellement dépasser la norme de qualité (50 mg/l) dans l'aquifère latéritique (juin 2020 – WK6-12A).

#### **Avis BRGM 23**

##### Problématique « Nitrates »

Il est recommandé d'intégrer l'analyse des nitrates au suivi mensuel.

#### **4.7.3 Fosse minière et bassins versants voisins**

L'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 relatif à l'exploitation minière ne porte pas sur la qualité des eaux souterraines ; le plan de surveillance étant limité au suivi des niveaux piézométriques et aux eaux de surface.

#### **Avis BRGM 24**

##### Points de suivi

Au vu des impacts potentiels associés à l'exploitation de la fosse minière, le suivi de la qualité des eaux de surface autour de la fosse minière apparaît suffisant. Toutefois, en cas de dégradation avérée des eaux de surface, le suivi de la qualité physico-chimique des eaux souterraines devra être envisagé.

#### **4.7.4 Unité de préparation du minerai**

Le suivi des eaux souterraines, régi par l'arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008, concerne l'unité de préparation du minerai (unité 210) et le centre de maintenance de la mine (unité 120).

##### **4.7.4.1 Impacts potentiels**

Les activités sur le centre minier telles que le stockage et la manutention de produits chimiques et d'hydrocarbures peuvent conduire au déversement accidentel et localisé de produits dangereux et d'hydrocarbures (station-service et centre de maintenance, air de lavage des véhicules, cuve de stockage) pouvant s'infiltrer vers les eaux souterraines. Il existe également des risques de fuites en lien avec les installations de stockage et les canalisations pour le transport de fluide dangereux et d'effluents.

##### **4.7.4.2 Programme de surveillance**

Quatre piézomètres (4-z1 ; 4-z2 ; 4-z4 ; 4-z5) ont été déployés pour assurer le suivi de l'UPM et du centre de maintenance, conformément à l'arrêté n° 1467-2008 (cf. Illustration 15) :

- Le piézomètre 4-z1 a été installé pour suivre l'installation de dépôt d'hydrocarbure côté Kwé Nord,
- Le piézomètre 4-z2 a été installé pour suivre l'installation de dépôt d'hydrocarbure côté Kwé Ouest,
- Le piézomètre 4-z4 a été installé pour contrôler les eaux souterraines à proximité de l'aire de lavage des véhicules lourds,
- Le piézomètre 4-z5 a été installé pour contrôler les eaux souterraines en aval de l'aire de l'atelier de maintenance.



Les piézomètres 4-z1 et 4-z2 ont été utilisés pour le suivi jusqu'à leur destruction en juin 2018.

D'après le plan d'échantillonnage, les paramètres suivants sont analysés trimestriellement : alcalinité, calcium, chlorures, conductivité, chrome VI, DCO, hydrocarbures totaux, potassium, sodium, pH, sulfates conformément à l'annexe X de l'arrêté 1467-2008.

#### Problématique de pollution inorganique :

Depuis le début du suivi (en 2009), aucun impact notable n'a été détecté sur la qualité des eaux de l'aquifère profond sous le secteur de l'UPM. En revanche, la composition chimique de l'aquitard latéritique semble être atypique et ce au moins depuis le démarrage de l'UPM. En effet, des concentrations anormalement élevées (notamment en sulfates) ont été détectées dans les eaux souterraines. Deux hypothèses ont été formulées pour expliquer ces concentrations (VALE, 2017) :

- Les perturbations chimiques sont dues à des infiltrations d'eau de procédé ;
- Les perturbations chimiques sont dues à l'infiltration d'un produit contenant du soufre en grande quantité et du magnésium dans une moindre mesure. Il existerait au moins 3 zones d'infiltration de ce produit dans les eaux souterraines.

D'après PRNC, l'eau utilisée actuellement pour le rinçage des cailloux est de l'eau brute et non plus de l'eau de process.

La zone est également concernée par l'existence d'une contamination des eaux souterraines par la lixiviation de bétons. Cette contamination vient se surimposer aux deux hypothèses décrites précédemment (VALE, 2017).

Un modèle mathématique de transport de soluté a été mis en œuvre pour prédire le devenir du panache de sulfates dans les eaux souterraines pour les 50 prochaines années et ce dans le cadre de l'hypothèse où les perturbations chimiques actuelles sont bien dues à des infiltrations d'eau de procédé (VALE, 2017). L'extension spatiale du panache de sulfates modélisé dans les eaux souterraines est présentée ci-après (Illustration 21).

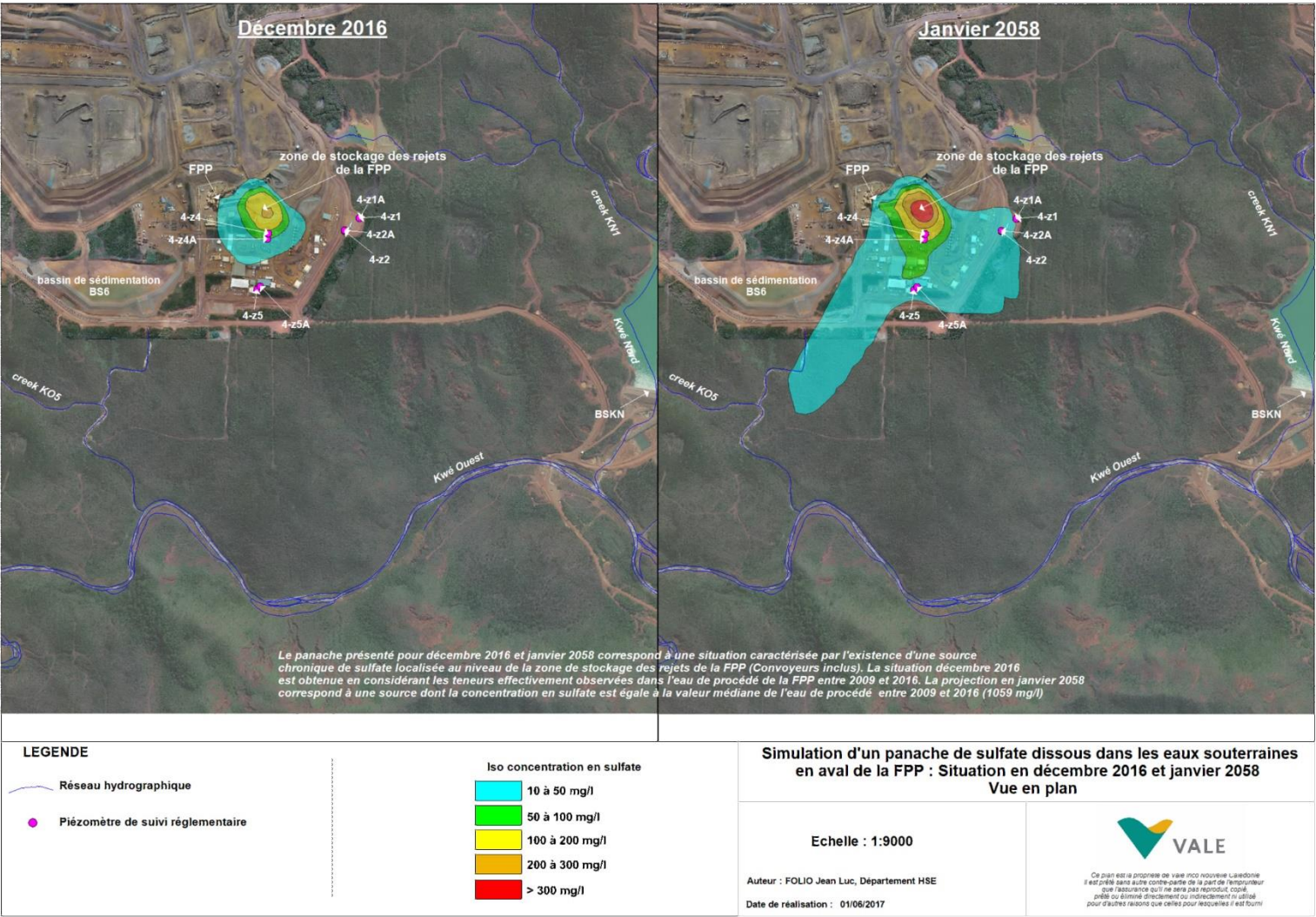


Illustration 21 : Simulation de l'extension spatiale d'un panache de sulfate dans les eaux souterraines en aval de l'UPM. Situation en décembre 2016 et janvier 2058 – Vue en plan (source : VALE, 2017)

### **Avis BRGM 25**

#### Points de suivi

Le suivi réglementaire actuel propose uniquement le suivi des ouvrages captant l'aquifère principal. Or, s'il y a pollution, celle-ci proviendra de la surface. Il est donc recommandé de réaliser le suivi dans les deux ouvrages d'une même plate-forme piézométrique afin de prélever les eaux souterraines dans l'aquifère latéritique (aquifère supérieur) et dans l'aquifère principal (aquifère inférieur).

Conformément à la carte d'extension modélisée (Vale, 2017), montrant une dispersion du panache vers l'Est et le Sud-Ouest, il conviendrait :

- A l'Est, de confirmer le remplacement des ouvrages 4-z1 et 4-z2 comme indiqué dans le rapport de suivi 2021 : « *En remplacement de ces deux piézomètres (4-z1 et 4-z2) détruits à la suite de l'excavation des terres souillées, il a été proposé de mettre en place une nouvelle plateforme de contrôles en bordure immédiate de la zone excavée* » permettant de suivre l'aquitard latéritique et l'aquifère profond saprolitique (respectivement 4-z6a et 4-z6). Les travaux de la plateforme auraient été finalisés fin octobre 2020 et les premiers résultats auraient été collectés en 2021. Toutefois, ces éléments n'ont pas pu être confirmés sur la base des documents expertisés. Si le remplacement des ouvrages 4-z1 et 4-z2 n'a pas été réalisé, il conviendra d'envisager la création de nouveaux ouvrages pour les remplacer.

- Au Sud-Ouest, d'ajouter 1 couple de piézomètres (court et long) dans l'axe du panache modélisé, en limite aval du site.

Plusieurs recommandations ont été formulées par PRNC pour améliorer le réseau de suivi des eaux souterraines (VALE, 2019) :

- Remplacer les piézomètres 4-Z4A et 4-ZA par deux nouveaux ouvrages,
- Réparer le piézomètre 09EX0029 (le remplacer le cas échéant),
- Intégrer le couple de piézomètres 09EX0029/09EX0047 au plan de suivi de la zone UMP.

### **Avis BRGM 26**

#### Points de suivi

Il conviendra de confirmer que les recommandations faites dans le document VALE (2019) ont bien été engagées.

Par ailleurs, le suivi du secteur a été incomplet de 2018 à 2020. Il conviendra de s'assurer de la reprise du suivi des eaux souterraines dans ce secteur. Les premiers résultats étaient attendus en 2021 (ENV\_2).

#### Paramètres de suivi

Etant donné la possibilité que les perturbations chimiques actuelles soient dues à des infiltrations d'eau de procédé, il serait pertinent d'intégrer *a minima* le magnésium, les éléments traces et le nickel, en accord avec la liste des paramètres suivis sur le secteur du parc à résidus.

Aucun ouvrage de suivi n'est positionné en aval de la plus grande verse à stériles de l'exploitation (verse « SMLT »).

#### **Avis BRGM 27**

##### Points de suivi

Il conviendra de justifier l'absence d'ouvrage de suivi de la qualité des eaux souterraines en aval de la verse « SMLT ».

##### Problématique de pollution par des hydrocarbures :

Des hydrocarbures provenant de la station-service ont atteint la nappe suite à la fuite d'une cuve de gasoil, en février 2018. Cette pollution a engendré la formation d'une lentille de flottant sur la nappe. Un plan d'actions a été mis en œuvre avec excavation des terres souillées jusqu'à 7 m de profondeur par rapport à la surface du sol (courrier de VALE à la DIMENC daté du 28/08/2019).

D'après le rapport de suivi des eaux souterraines de 2018, « *la DCO et les hydrocarbures ne sont pas quantifiés dans la nappe des horizons saprolitiques en 2018. Excepté lors du contrôle de février au piézomètre 4-z1, où les hydrocarbures sont faiblement détectés, soit 0.7 mg/kg* ».

Il est difficile de déterminer si l'épisode de pollution est toujours à l'origine d'une pollution aux hydrocarbures dans les eaux souterraines dans la mesure où le suivi des 2 ouvrages situés à proximité de la station-service (4-z1 et 4-z2) a été arrêté en juin 2018. Ces 2 ouvrages ont en effet été détruits car ils se trouvaient au niveau de la plateforme d'excavation des terres souillées aux hydrocarbures. En remplacement de ces deux piézomètres détruits, une nouvelle plateforme a été mise en place. Celle-ci comprend deux piézomètres permettant de suivre l'aquitard latéritique et l'aquifère profond saprolitique (respectivement 4-z6a et 4-z6). Les travaux de la plateforme ont été finalisés en fin octobre 2020.

#### **Avis BRGM 28**

##### Points de suivi

Un suivi de la qualité des eaux souterraines en hydrocarbures est à réaliser sur les points de suivi récemment créés (4-z6 et 4-z6a) afin de vérifier l'absence de produit non miscible (lentille de flottant) et de produit dissous dans les eaux souterraines.

##### Paramètres de suivi

Par ailleurs, étant donné la présence d'un stockage de carburant, le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans les eaux souterraines apparaît pertinent. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence).

### Problématique « altération des bétons » :

L'étude de la problématique des sulfates dans les eaux de l'aquifère latéritique sur la zone de l'UPM à amener PRNC à signaler l'hypothèse de « *l'existence d'une contamination des eaux souterraines par la lixiviation des bétons* » (VALE, 2019). Cette hypothèse fait suite à des concentrations anormalement élevées en calcium, sulfates, potassium et chlorures au droit du piézomètre 4-Z1B, ainsi que des teneurs supérieures au fond géochimique pour certains de ces éléments au droit des autres piézomètres captant l'aquitard (4-Z4A) ou l'aquifère principal (4-Z1, 4-Z2, 4-Z5), sur la zone de l'UPM. PRNC associe le phénomène « *à l'utilisation de quantités importantes de béton lors de la construction des différentes infrastructures de la FPP [UPM] et du centre minier [CIM]* » et envisage « *une contamination généralisée de l'aquitard latéritique* ».

#### **Avis BRGM 29**

##### Points de suivi

Il est recommandé de s'assurer du bon état des ouvrages (colmatages, corrosion...) et de leur représentativité (voir recommandation R2).

### **4.7.5 Complexe hydro-métallurgique**

#### **4.7.5.1 Impacts potentiels**

Le site de l'usine (complexe hydro-métallurgique) présente des installations de stockage de dioxydes de soufre liquide, d'acide sulfurique et acide chlorhydrique, stockage de gazole et hydrocarbures, de bassin de stockage de pulpe lixiviée, une usine d'acide et une usine de chaux, et le stockage de déchets de procédés (gâteau de soufre ; brique réfractaire).

Sur ce secteur, les risques d'infiltration d'eaux pouvant dégrader la qualité des eaux souterraines sont également associés à la gestion ou au déversement accidentel des :

- eaux de ruissellement (eaux de drainage externe et interne) ;
- effluents issus de la centrale de Prony Energies ;
- aires de stockage de déchets et de matériaux ;
- aires de stockage et de manutention des produits chimiques et hydrocarbures.

Les cartes suivantes illustrent la localisation des zones de dépôt de déchets (Illustration 22) et les installations annexes (Illustration 23) au sud de l'usine.





*Illustration 22 : Localisation des zones de dépôt de déchets au droit de l'usine (source : Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC – 2017 à 2019)*



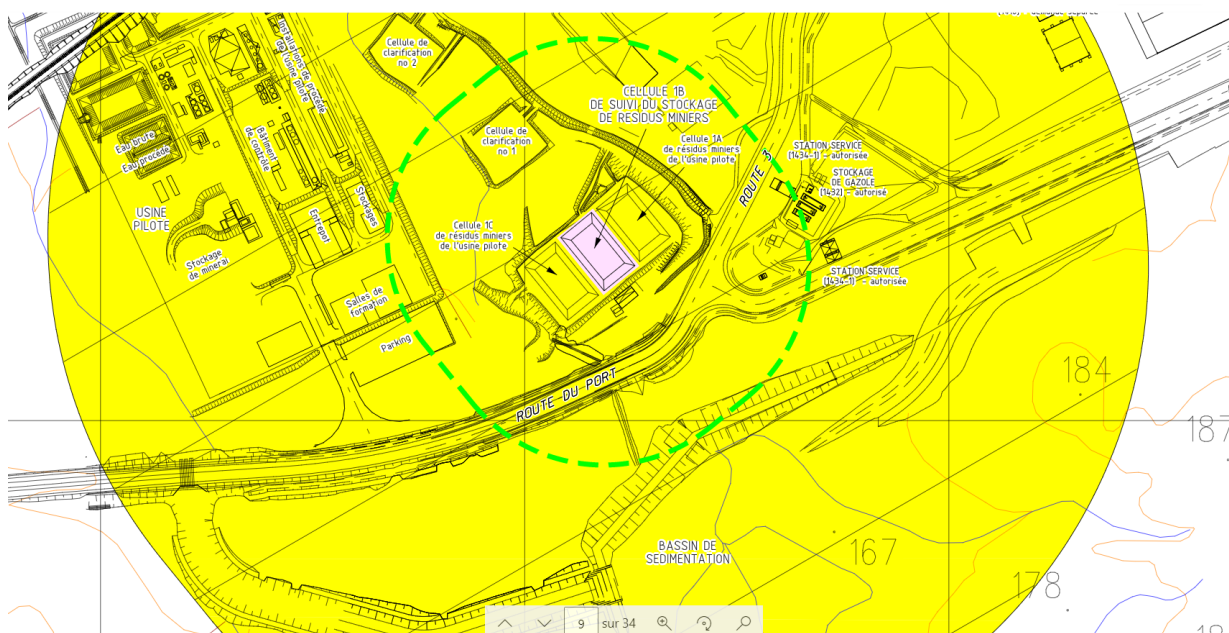


Illustration 23 : Extrait d'un plan du sud de l'usine (source : DAE ICPE – Volume I, 2007)

#### 4.7.5.2 Programme de surveillance

Sur ce secteur, 16 piézomètres sont déployés sur le site industriel (arrêté n° 1467-2008) (cf. Illustration 19). Afin de capter les deux aquifères, certains piézomètres (6-1 ; 6-2 ; 6-3 ; 6-7 ; 6-8 ; 6-14) sont doublés avec un piézomètre long captant les saprolites et un piézomètre court (6-1a ; 6-2a ; 6-3a ; 6-7a ; 6-8a ; 6-14a) captant l'aquifère latéritique. Un des doublets est localisé en amont du site (6-7).

Les paramètres suivants sont suivis trimestriellement : pH, conductivité, DCO, sulfates, chrome VI, calcium, potassium, sodium, TA, TAC, chlorures, hydrocarbures totaux.

Le mémorandum sur les eaux souterraines de l'usine du Sud (avril 2021), publié suite à l'incident associé au bassin SX en avril 2019, montre que le maillage du réseau de surveillance du site Prony n'est pas adapté à la détection de fuite ou d'incidents sur le site au regard de la qualité des eaux souterraines. Pour pallier à cela, 12 nouveaux piézomètres ont été forés au niveau de l'usine en 2020.

#### **Avis BRGM 30**

##### Points de suivi

En l'absence de cartes piézométriques sur le secteur, il est difficile d'apprécier la position amont ou aval des points de suivi du site de l'usine, que ce soit par rapport aux installations (aires de stockage, station de distribution de carburant, stockage d'acide, bassins ...) ou entre les différents points. Comme précisé ci-avant (cf. 4.6.4), il est recommandé de réaliser le suivi piézométrique sur les ouvrages de suivi réglementaire dans le secteur de l'usine hydro-métallurgique (si ce n'est pas déjà le cas) et de restituer les résultats (mesures et carte piézométrique) pour chaque campagne dans les rapports de suivi.

### Points de suivi

Pour le suivi physico-chimique, étant donnée la présence de très nombreuses sources potentielles de pollution, il n'est pas raisonnablement envisageable d'avoir un réseau de piézomètres permettant une surveillance de chacune de ces sources. A défaut, il peut être envisagé de positionner des piézomètres supplémentaires en limite aval du site de l'usine afin d'avoir une vision intégratrice de la qualité des eaux souterraines. En cas de dégradation de la qualité sur l'un de ces ouvrages, des ouvrages supplémentaires pourraient être ajoutés afin d'identifier la source de pollution à l'origine de cette dégradation et mettre en œuvre les actions de maîtrise de cette source. C'est d'ailleurs cette approche qui a été suivie suite à l'incident associé au bassin SX à l'intérieur de l'usine.

Plusieurs sources potentielles de pollution sont localisées au sud du site de l'usine, notamment une zone de transit des huiles usagées, une zone de transit des terres souillées par des hydrocarbures (Illustration 22) ou une station-service (Illustration 23). Or, peu d'ouvrages de suivi sont présents dans ce secteur. Il est donc recommandé de compléter le réseau par au moins 2 plateformes en limite aval, au sud du site.

De nombreuses substances organiques sont ou ont été utilisées sur le site de l'usine. Parmi ces substances, plusieurs sont identifiées comme présentant un ou plusieurs dangers pour la santé humaine ou l'environnement :

- Produits soumis à classement ICPE :
  - Cyanex 301 : d'après la fiche de données de sécurité de ce produit (annexes du Volume III – section B. DAE Mai 2007), les phrases de risque associées sont les suivantes :
    - R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
    - R23 : Toxique par inhalation.
    - R22 : Nocif en cas d'ingestion.
    - R34 : Provoque des brûlures.
  - Isopar (n° CAS : 64742-47-8) : Selon la classification et l'étiquetage harmonisés approuvés par l'Union européenne (CLP), cette substance peut être mortelle en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. Par ailleurs, la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques, dans les enregistrements REACH, identifie que cette substance est toxique pour la vie aquatique avec des effets à long terme, est un liquide ou une vapeur inflammable, provoque une irritation de la peau et peut provoquer une somnolence ou des vertiges.
  - Shellsol (n° CAS : 64742-94-5) : Selon la classification et l'étiquetage harmonisés approuvés par l'Union européenne (CLP), cette substance peut être mortelle en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. En outre, la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques, dans les enregistrements REACH, identifie que cette substance est mortelle en cas d'inhalation, est très toxique pour la vie aquatique avec des effets à long terme, est très toxique pour la vie aquatique, provoque des dommages aux organes en cas d'exposition prolongée ou répétée, est un liquide ou une vapeur inflammable, est soupçonnée de provoquer le cancer, est nocive en cas d'ingestion, provoque une grave irritation des yeux, est nocive par contact avec la peau, est soupçonnée de nuire à la fertilité ou à l'enfant à naître, provoque une irritation de la peau, peut provoquer somnolence ou vertiges, peut provoquer une irritation des voies respiratoires et peut provoquer une réaction allergique cutanée.

- Ammoniac (n° CAS : 1336-21-6) : Selon la classification et l'étiquetage harmonisés (CLP) approuvés par l'Union européenne, cette substance provoque de graves brûlures de la peau et des lésions oculaires et est très toxique pour la vie aquatique. Par ailleurs, la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques, dans les enregistrements REACH, indique que cette substance provoque des lésions oculaires graves et peut provoquer une irritation respiratoire.
- D'après l'étude d'impact (Volume III – Section B, mai 2007), « les produits suivants dangereux pour l'environnement sont mis en œuvre dans les procédés » :
  - Isodecanol (n° CAS : 25339-17-7) : Selon la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques dans les notifications CLP, cette substance est toxique pour la vie aquatique avec des effets à long terme, est très toxique pour la vie aquatique, provoque une grave irritation des yeux, peut provoquer des lésions aux organes en cas d'exposition prolongée ou répétée et provoque une irritation cutanée.
  - Triisooctylamine (n° CAS : 25549-16-0) : Selon la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques dans les enregistrements REACH, cette substance est toxique pour la vie aquatique avec des effets durables, est nocive en cas d'ingestion, est suspectée de nuire à la fertilité ou à l'enfant à naître, peut causer des dommages aux organes en cas d'exposition prolongée ou répétée, provoque une irritation de la peau et peut provoquer une réaction allergique cutanée. En outre, la classification fournie par les entreprises à l'Agence Européenne des Produits Chimiques dans les notifications CLP indique que cette substance provoque une grave irritation des yeux et peut provoquer une irritation respiratoire.

D'après PRNC, ces 6 substances ne sont plus présentes sur le site depuis l'arrêt de la raffinerie en 2020.

### **Avis BRGM 31**

#### Paramètres de suivi

Dans le cadre du suivi réglementaire de l'usine, seuls les hydrocarbures totaux sont analysés dans les eaux souterraines. Au vu des produits stockés ou utilisés (tels que gazole et fuel lourd), il est recommandé de suivre également les substances de la famille des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence).

Etant donnée la liste des substances organiques ayant été utilisés et présentant un risque pour la santé humaine ou pour l'environnement (cyanex, isopar, shellsol, ammoniac, isodecanol, triisooctylamine), il conviendrait de vérifier leur absence dans les eaux souterraines *a minima* au cours d'une campagne de prélèvement. Le suivi analytique d'une substance sera prolongé en cas de détection de cette substance et pourra être arrêté dans le cas contraire.

#### **4.7.6 Base-vie**

Les eaux souterraines du secteur de la base-vie ne font l'objet d'aucun suivi dans le cadre des arrêtés n° 11479-2009/PS ou n° 890-2007/PS ; le plan de surveillance du creek de la Baie Nord et du bassin de la Kadji étant limité aux eaux de surface.

Ce secteur ne dispose donc pas de suivi qualitatif des eaux souterraines mais dispose d'une station de suivi biologique (macro-invertébrés) sur la rivière Kadji (station 5-E) et d'une station de suivi physico-chimique dans une doline (station DOL-11).

Sur ce secteur, les risques d'infiltration d'eaux pouvant dégrader la qualité des eaux souterraines sont associés aux activités sur la base-vie et à la gestion des eaux usées de la station d'épuration.

#### **Avis BRGM 32**

##### Points de suivi

Le suivi au droit des stations 5-E (rivière Kadji) et DOL-11 (doline) paraît suffisant pour suivre l'impact potentiel de la station d'épuration de la base-vie.

Toutefois, si les résultats de suivi au droit de la station 5-E (pour laquelle un suivi physico-chimique est recommandé en plus du suivi biologique, cf. 5.8) montrent un impact de la station d'épuration sur la qualité des eaux de surface, un suivi de la qualité des eaux souterraines pourrait être envisagé. Un piézomètre serait alors à implanter à proximité et en aval immédiat de la station d'épuration.

#### **4.7.7 Restitution des résultats de suivi**

Le bilan annuel de la surveillance physico-chimique des eaux souterraines est restitué dans :

- Les rapports annuels de surveillance des milieux récepteurs (ENV\_2) ;
- Les rapports d'incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines (ENV\_8).

Le fait que les résultats et interprétations soient distribués entre deux documents rend difficile l'analyse de la surveillance dans son ensemble.

Il est à noter que les rapports de suivi en eux-mêmes ne sont pas autoporteurs car certains éléments ne sont pas présentés (géologie, hydrogéologie, hydrologie, coupes des forages, ...) probablement pour ne pas alourdir le texte. Néanmoins, il faudrait *a minima* renvoyer vers les textes de référence qui doivent être lus pour comprendre les résultats obtenus.

Par ailleurs, les éléments suivants ont été relevés dans les rapports de suivi :

- Le texte manque parfois de clarté et de précision : « valeurs identiques aux normales mesurées », « comparables aux années précédentes », « valeur élevée supérieure aux normales relevées ».
- Des erreurs ou coquilles restent présentes dont certaines se retrouvent dans des rapports plusieurs années de suite :
  - Coquilles dans les tableaux (référence erronée d'un arrêté dans certains tableaux, fréquence erronée de certains paramètres mesurés...).
  - Erreurs ou absence d'information dans les graphiques (nom du paramètre, unité, ...).
  - Tableaux indiquant le nombre de données disponibles présentant parfois des incohérences dans les calculs (ex : 7 points \* 2 campagnes, il est indiqué 10 mesures attendues).
  - Nombre de points de suivi annoncé dans le texte parfois différent de celui présenté dans les tableaux.

- La présentation des tableaux de suivi manque d'homogénéité : nombre de points d'un tableau à un autre parfois différent sans raison apparente.
- Aucun tableau de données avec les données brutes n'est présenté ; seulement des graphiques parfois peu lisibles, avec des échelles non adaptées aux gammes de valeurs rencontrées.
- Certains graphiques ne sont pas commentés.
- Les commentaires des graphiques portent souvent sur l'évolution entre l'année N et l'année N-1 (hausse, baisse, stabilité) mais pas sur l'évolution globale depuis le début du suivi.

Par conséquent, il est recommandé de :

- Mieux restituer les résultats en ne présentant pas uniquement les graphiques d'évolution des concentrations avec le temps :
  - Suivi de la qualité : en cas de panache de pollution avérée, faire des cartes d'extension du panache.
  - Ajouter les résultats sous forme de tableaux de valeurs.
  - Ajouter les fiches de prélèvements.
  - Ajouter les bordereaux analytiques.
- Aller plus loin dans l'interprétation des résultats :
  - Intégrer les incertitudes analytiques sous forme de barre d'erreur dans les graphiques d'évolution des concentrations avec le temps ;
  - Interpréter les résultats du suivi physico-chimique à la lumière des variations de niveaux d'eau et de la pluviométrie.
  - Comparer à des valeurs guides (comme discuté en 4.5).
  - Suite à la réception des résultats du laboratoire et en parallèle à la rédaction du rapport de suivi, si une valeur anormale est observée :
    - Vérifier les incertitudes sur la mesure et l'analyse (en lien avec le laboratoire), rechercher une explication ;
    - Procéder à un nouveau prélèvement si la démarche précédente ne permet pas d'expliquer le résultat ;
    - Si la tendance se confirme, engager une réflexion plus poussée conformément au plan d'action qui aura été établi.
  - Si une évolution « anormale », inversion de tendance ou dépassement d'une valeur seuil est observée, chercher à expliquer ce constat en se basant sur :
    - Les événements « anthropiques » survenus : changement de protocole, travaux (effet rebond), mise en place ou arrêt d'un pompage...
    - Les événements « naturels » survenus (précipitations très élevées ou inversement, atténuation naturelle d'une pollution résiduelle...)



- Au-delà du rapport de suivi annuel, faire un bilan du suivi (tous les 4 ans par exemple) en mettant en perspective les résultats acquis au cours des années précédentes. Cette prise de recul a pour but de :
  - Vérifier la pertinence du réseau au regard des suivis annuels, de l'évolution des activités industrielles et des connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique : la piézométrie (des pompages ayant pu modifier les écoulements ...), les concentrations (apparition ou évolution d'un paramètre), représentativité des points de mesure et les éventuels nouveaux enjeux (apparition/disparition).
  - Justifier les propositions d'évolution du réseau qui s'avèrent nécessaires, concernant le nombre de points, la fréquence de suivi et/ou les paramètres considérés.

## **4.8 CONCLUSIONS DU BRGM SUR LA SURVEILLANCE ACTUELLE DES EAUX SOUTERRAINES**

### **4.8.1 Etat initial et fond géochimique/hydrogéochimique**

#### **Fond hydrogéochimique (avis 8)**

Il est recommandé de réviser la définition du fond géochimique qui ne peut pas être déterminé en utilisant les données de manière globale au risque d'induire un biais lié (i) soit à une variabilité naturelle, (ii) soit à une influence anthropique. Pour cela, il est recommandé de s'assurer que :

- Les ouvrages utilisés pour la définition du fond hydrogéochimique sont représentatifs de l'aquifère concerné (niveau capté, rattachement du point d'eau à l'aquifère). En cas d'hétérogénéité (i.e. magnésium ou chrome notamment), il pourrait être nécessaire de distinguer des zones hydrochimiques au sein de l'aquifère étudié (i.e. par secteur).
- Les ouvrages utilisés pour la définition du fond hydrogéochimique ne sont pas influencés par l'activité anthropique (par exemple, sulfates sur le secteur de FM25 dans les latérites, AEP ROCHE 2012) afin qu'ils soient exclus du calcul du fond hydrogéochimique si une influence est suspectée ou démontrée.

#### **Eléments traces (avis 8)**

Dans l'ensemble des travaux, on soulignera l'absence ou le peu de valeurs de concentrations sur les éléments traces suivants, faute d'analyse ou de limite de quantification adaptées : arsenic, cobalt, cuivre, nickel, plomb, sélénium, zinc et mercure. A noter qu'à l'exception du cobalt, tous ces éléments sont pris en compte dans l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

### **4.8.2 Surveillance du niveau des nappes**

Quel que soit le secteur, il est recommandé de réaliser un suivi piézométrique sur les ouvrages du secteur (si ce n'est pas déjà le cas) et de restituer les résultats (mesures et carte piézométrique) pour chaque campagne dans les rapports de suivi. Ces résultats sont en effet utiles et nécessaires pour déterminer les sens d'écoulement des eaux souterraines et leur variation dans le temps, et sont également utiles à l'interprétation des résultats du suivi qualitatif (position amont/aval et position du prélèvement par rapport à l'état hautes eaux et basses eaux ; avis 10, 11, 12, 13, 15).

Avec l'allongement des chroniques, il est recommandé d'exploiter l'ensemble des données acquises afin d'observer les éventuelles tendances ainsi que la variabilité saisonnière. De plus, la surveillance des niveaux piézométriques devrait être replacée dans le contexte météorologique de l'année par rapport aux statistiques annuelles (avis 16).

De plus, comme cela est préconisé dans l'avis 13, il est recommandé d'ajouter au moins un point de suivi des eaux souterraines dans le bassin versant de la Kwé Binyi afin de suivre l'influence de la mine sur ce bassin versant situé à proximité immédiate de la limite des impacts attendus.

Pour la comparaison entre les niveaux piézométriques mesurés autour de la fosse et les niveaux estimés par modélisation, il est recommandé de présenter les résultats du modèle actualisé sur la base des données mesurées, pour les années à venir (et pas seulement les résultats du calage entre les niveaux d'eau mesurés et les niveaux simulés). Le point important est effectivement de savoir si l'impact futur attendu est toujours acceptable et conforme à ce qui avait été simulé au moment de la demande d'exploitation (avis 14).

#### **4.8.3 Surveillance physico-chimique**

##### **Valeurs seuils (avis 9)**

Le BRGM n'a pas eu connaissance des procédures associées en cas de dépassement des valeurs seuils établies par PRNC. Dans la mesure où le BRGM n'a pas eu connaissance de ces procédures, il est difficile d'émettre un avis sur les valeurs établies par PRNC. En particulier, la question se pose de savoir quelles sont les actions mises en place si ces valeurs sont atteintes voire dépassées.

Il apparaît qu'il existe de rares valeurs seuils définies par PRNC pour la surveillance des eaux et que celles-ci ne sont pas justifiées. Il est donc recommandé de réaliser un travail à l'échelle globale afin que pour tous les secteurs, différents niveaux de valeurs « guide » soient fixés et d'y associer des actions.

Dans ce sens, il est recommandé d'en définir et d'y associer clairement une ou plusieurs actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de cette valeur. Plusieurs valeurs peuvent être définies pour une même substance afin d'avoir un plan d'action gradué. Par exemple, il peut être envisagé la définition des valeurs suivantes :

1) Seuil d'alerte, associée potentiellement à une augmentation de la fréquence de suivi ;

2) Seuil de déclenchement d'action : par exemple, recherche de la source de la pollution associée potentiellement à la mise en place de piézomètres supplémentaires. Parmi les actions, la priorité doit être donnée à la suppression de la source à l'origine de la pollution. Cela suppose une identification préalable de cette source et ensuite, la mise en œuvre d'actions visant à maîtriser cette source de pollution (réparation de la fuite, pompage/écrémage des produits...).

Il est à noter qu'il existe des valeurs seuils (VS) pour les eaux souterraines permettant d'évaluer le bon état chimique des masses d'eau (cf. Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019 ; Directive 2013/29) qui permettraient d'adapter le niveau d'action à des valeurs de référence.

### **Ajout de points de suivi**

Dans le secteur du parc à résidus et des bassins versants voisins, l'ajout de plateformes de suivi supplémentaires (dans l'aquifère latéritique et l'aquifère principal) en rive gauche de la Kwé Ouest permettrait de suivre l'évolution potentielle des concentrations des différentes substances en provenance du parc à résidus (avis 19).

Il est important de considérer que le réseau de suivi des eaux souterraines (nombre et localisation des piézomètres) est à adapter en fonction de l'évolution du panache, l'objectif étant de savoir où se situe le front du panache (avis 19).

Afin de mieux surveiller les eaux souterraines, il est préconisé d'ajouter des points dans certains secteurs :

le secteur du parc à résidus et de la Kwé Ouest :

- nouveaux piézomètres captant l'aquifère principal au sein de l'aire délimitée par les 3 piézomètres WKBH110, WKBH115 et WKBH116 pour compléter les connaissances sur la piézométrie de la zone de transition (secteur du parc à résidus et des bassins versants voisins ; avis 20),
- au moins un doublet de piézomètres (aquitard/aquifère) sur la berge sud du cours d'eau alimenté par les sources WK17 et WK20, entre les piézomètres WKBH110 et WKBH116, en amont de la station 3E (secteur du parc à résidus et des bassins versants voisins ; avis 20),
- l'ajout d'un point de suivi supplémentaire dans l'aquifère latéritique à proximité du point WTBH02 (ouvrage captant l'aquifère principal) afin de vérifier l'impact latéral compte tenu de l'incertitude sur le devenir du panache lié à la présence du bassin endoréique de la Kwé Ouest (secteur des bassins versants voisins ; avis 21),
- une plateforme piézométrique (captant l'aquifère latéritique et l'aquifère principal) pourrait être utilisée dans le bassin KO4, en rive gauche de la Kwé Ouest afin d'augmenter les données sur la qualité des eaux souterraines, en dehors de l'influence du parc à résidus et de l'UPM (témoin amont), afin de comparer les résultats obtenus dans le cadre du suivi de l'impact associé au parc à résidus (secteur des bassins versants voisins ; avis 21),

le secteur de l'UPM :

- un couple de piézomètres (court et long) dans le secteur sud-ouest de l'unité de préparation du minerai dans l'axe du panache modélisé, en limite aval du site (avis 25),

le secteur du complexe hydro-métallurgique:

- au moins 2 plateformes en limite aval, au sud du site (complexe hydro-métallurgique) afin de suivre les sources potentielles de pollution localisées au sud du site de l'usine (zone de transit des huiles usagées, zone de transit des terres souillées par des hydrocarbures, station-service). En cas de dégradation de la qualité sur l'un de ces ouvrages, des ouvrages supplémentaires pourraient être ajoutés afin d'identifier la source de pollution à l'origine de cette dégradation et de mettre en œuvre les actions de maîtrise de cette source (avis 30),

le secteur de la base Vie :

- un piézomètre de suivi de la qualité des eaux souterraines à proximité et en aval immédiat de la station d'épuration (secteur base-vie) si les résultats de suivi de la station 5-E (pour laquelle un suivi physico-chimique est recommandé en plus du suivi biologique) montrent un impact de la station d'épuration sur la qualité des eaux de surface, (avis 32).

Par ailleurs, le suivi du site d'exploitation minier a été incomplet de 2018 à 2020. Il conviendra de s'assurer de la reprise du suivi des eaux souterraines dans ce secteur. Les premiers résultats étaient attendus en 2021 (ENV\_2 ; avis 26).

Au vu des impacts potentiels associés à l'exploitation de la fosse minière, le suivi actuel de la qualité des eaux de surface autour de la fosse minière apparaît suffisant. Toutefois, en cas de dégradation avérée des eaux de surface, le suivi de la qualité physico-chimique des eaux souterraines devra être envisagée (avis 24).

### **Vérification des points de suivi**

Dans le secteur du port, le nombre d'ouvrages paraît suffisant et ceux-ci paraissent bien placés. Toutefois, en l'absence de carte piézométrique de cette zone, il est difficile de confirmer le rôle de témoin amont joué par le piézomètre 7-2 (avis 17).

Il se pourrait que la forte salinité des eaux interfère sur les résultats des teneurs en hydrocarbures. Il serait préférable, si possible, d'avoir un point de suivi hors influence d'eau saline ou alors s'assurer que la salinité n'a pas un impact sur la mesure des teneurs en hydrocarbures (avis 18).

Dans le secteur du parc à résidus et des bassins versants voisins, aucune information sur l'aquifère alimentant les sources suivies n'est fournie dans les rapports de surveillance. Il serait important de préciser cette information afin de pouvoir interpréter correctement les résultats des analyses des piézomètres et ceux des sources (avis 19).

Il conviendra de justifier l'absence d'ouvrage de suivi de la qualité des eaux souterraines en aval de la verse « SMLT » (avis 27).

### **Vérification de l'état des points de suivi**

Il est recommandé de s'assurer du bon état de l'ensemble des ouvrages (colmatages, corrosion...) et de leur représentativité (voir recommandation R2) (avis 29).

### **Paramètres de suivi**

Pour la zone du port, concernant la liste des paramètres suivis (pH, conductivité, DCO et HT), étant donné le stockage de produits tels que du gazole et du fuel lourd, il est recommandé de suivre également les substances de la famille des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 17).

Dans le secteur de l'unité de préparation du minerai, étant donné la possibilité que les perturbations chimiques actuelles soient dues à des infiltrations d'eau de procédé, il serait pertinent d'intégrer *a minima* le magnésium, les éléments traces et le nickel, en accord avec la liste des paramètres suivis sur le secteur du parc à résidus (avis 26).

Dans ce même secteur, il est recommandé de vérifier l'absence de produit non miscible (lentille de flottant) et de produit dissous dans les eaux souterraines au droit des ouvrages récemment créés (4-z6 et 4-z6a) (avis 28). Par ailleurs, étant donné la présence d'un stockage de carburant, le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans les eaux souterraines apparaît pertinent. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 28).

Dans le secteur du complexe hydro-métallurgique, seuls les hydrocarbures totaux sont analysés dans les eaux souterraines dans le cadre du suivi réglementaire de l'usine. Compte tenu des produits stockés ou utilisés (tels que gazole et fuel lourd), il est recommandé de suivre également les substances de la famille des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 31).

Dans ce même secteur, étant donnée la liste des substances organiques ayant été utilisées et présentant un risque pour la santé humaine ou pour l'environnement (cyanex, isopar, shellsol, ammoniac, isodecanol, triisooctylamine), il conviendrait de vérifier leur absence dans les eaux souterraines (avis 31).

Par souci de cohérence avec le réseau de suivi des eaux de surface pour lequel les nitrates sont analysés (stations 6-BNOR1 et 6-T), il conviendrait d'ajouter le suivi des nitrates au droit des points de suivi des eaux souterraines du complexe hydro-métallurgique.

### **Problématique « Nitrates »**

Dans la mesure où des nitrates ont été détectés en fortes concentration, il est recommandé d'intégrer l'analyse des nitrates au suivi mensuel (avis 23).

### **Limites de quantification**

Les limites de quantification appliquées dans le cadre du suivi de la qualité des eaux souterraines doivent être cohérentes avec les normes de potabilité (As : 10 µg/L ; Cd : 5 µg/L ; Pb : 10 µg/L) et/ou aux les valeurs de fond géochimique attendues (zinc) (avis 22).



## 5 Surveillance des eaux de surface

### 5.1 DOCUMENTS EXPERTISES

Les documents plus particulièrement analysés dans la présente section sont :

#### **Demande d'autorisation**

- Demande d'autorisation d'exploitation des installations classées – Volume III Etude d'impact – Projet Goro Nickel - Goro Nickel – Mai 2007 (ENV\_5)
- Demande d'autorisation d'exploitation des installations classées – Volume III Etude d'impact – Parc à résidus miniers de la Kwé Ouest – Vale NC – Septembre 2007 (ENV\_6)
- Demande d'autorisation d'exploitation minière – Livret C – Etude d'impact sur l'environnement – Vale NC – Octobre 2015 (ENV\_7)

#### **Rapports complémentaires**

- Direction de l'environnement - 2011 - Expertise du plan de suivi des eaux superficielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie (ENV\_11)
- Etude de l'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique – Vale – Janvier 2015 (Annexe ENV\_7)
- Plans de suivi environnementaux (ENV\_18)
- Freshwater Environment – Supplemental Baseline Technical report - RESCAN Octobre 2000
- Synthèse sur la Qualité des eaux souterraines et superficielles - Secteur de Goro– A2EP Avril 2012 – draft report
- Analyse approfondie de la Qualité des eaux souterraines et superficielles - Secteur de Goro - A2EP Avril 2014

#### **Rapports sur la surveillance**

- Surveillance des milieux récepteurs – Qualité des eaux de surface. Rapports annuels 2010 à 2020 – Vale NC – (ENV\_3)
- Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC – 2017 à 2019 (ENV\_8)

### 5.2 ENJEUX LOCAUX ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le tableau suivant (Tableau 2) recense la présence de différents captages prélevant les eaux de surface dans le secteur de la mine.

Dénomination	Bassin Versant	Type de suivi	Statut	Autorisation	Utilisation de l'eau captée	Coordonnées RGNC 91	
						X	Y
Captage lac de barrage de Yaté	Lac de Yaté	Captage	Actif	Arrêté n° 70-2007/PS du 12 février 2007	Approvisionnement en eau des installations de VNC et de la centrale à charbon de Prony Energies. Alimentation en eau potable de la base-vie, de l'Usine, de l'Unité de Préparation du Minerai et de Prony Energies pendant la phase d'exploitation.	488618	227090
Captage du Grand lac pour la pépinière	Plaine des lacs	Captage	Actif	Arrêté n° 551-2014/ARR/DDR du 2 avril 2014	Alimentation en eau de la pépinière de VNC	493969	214324
Captage du grand lac pour le camp de la géologie	Plaine des lacs	Captage	Actif	N°710-2013/ARR/DDR du 10 juin 2013	Alimentation en eau du camp de la géologie	494066	214500
Captage dans la Kué Ouest et Kué principale	Kué Ouest et Kué principale	captage	Actif	Arrêté n° 1059-2005/PS du 25 août 2005	Alimentation en eau potable de la base-vie et en eau industrielle des installations de chantier pendant la durée de la construction. Alimentation en eau industrielle de l'Unité de Préparation de Minerai pour l'exploitation.	E 699 530 E 701 425 (UTM IGN 72)	N 7 531 810 N 7 532 080 UTM IGN 72)
Captage de la Truu	Truu	Captage	Actif	Aucune autorisation de prélèvement enregistrée	Alimentation en eau potable du village de la Truu.	ND	ND
Captage de la Kué Binyi	Kué Binyi	Captage	Actif	Demande d'autorisation de prélèvement en cours d'instruction (Mairie de Yaté)	Alimentation en eau potable des tribus depuis le Nord de Yaté jusqu'à Goro	503 478	215 747
Captage de la Wajana	Wajana	Captage	Actif	Arrêté n° 81/300/CG du 23/06/1981	Alimentation en eau potable de la tribu de Goro Alimentation électrique par hydroélectricité	503 859	212 158
Captage de la Kué Nord	Kué Nord	capatage	Actif	Arrêté n°1339-2011/ARR/DENV du 3 mai 2011	Alimentation en eaux brutes des installations (arrosages)	498 856	211 150

Tableau 2 : Localisation et description des captages (source : DAEM, 2015 – Livret D, Volet E)

Au Sud, est également implanté un captage d'alimentation en eau potable sur la rivière Trou bleu à destination de l'Hôtel Kanua Tera.

Par ailleurs, il est à noter que la Plaine des Lacs est classée en zone RAMSAR (convention 2014).

### 5.3 CONNAISSANCE DU SYSTEME ET IMPACTS POTENTIELS

Au regard de l'impact de l'activité du site sur les sols et les eaux souterraines, plusieurs sources d'impact ont été identifiées :

- d'une part l'altération de la qualité des eaux (et des sédiments) et indirectement un impact sur la biodiversité (terrestre et dulçaquicole),
- d'autre part, une modification du fonctionnement hydrologique (disponibilité de la ressource en eau, évolution des débits, crue et modification des régimes érosion/sédimentation).

L'étude de la modification du régime hydrologique et l'altération de la qualité des rivières sont présentées dans la DAEM 2015 (Livret C – volet C § 5.2). Les modifications des débits des cours d'eau sont liées aux conséquences des perturbations du ruissellement et de l'infiltration liés au défrichement, l'imperméabilisation des sols ou la mise en place de réseaux de drainage. La perturbation des niveaux piézométriques en raison des interconnexions entre les eaux de surface et les eaux souterraines affectent également les débits des cours d'eau. Cet impact peut être positif ou négatif selon le gradient hydraulique.

Selon la qualité des eaux rejetées dans les cours d'eau et/ou celle des eaux souterraines drainées par le réseau hydrographique, on peut s'attendre à des modifications de la qualité chimique des eaux de surface.

#### 5.3.1 Rivière la Kwé

La Kwé est issue de trois principaux affluents (Ouest, Est, et Nord) et son bassin versant représente plus de 4 000 ha.

Les principales infrastructures pour l'exploitation minière sont installées sur les bassins versants de la Kwé Nord et de la Kwé Ouest. Le parc de stockage à résidus est localisé sur l'affluent ouest de la Kwé. A l'aval, ces deux bassins versants se déversent dans le bassin versant de la Kwé principale.

Le défrichement et le terrassement des zones d'activité modifient le régime hydrologique. En diminuant l'infiltration des eaux, les volumes et les vitesses de ruissellement augmentent, ce qui accentue les crues et l'érosion des sols et des berges. En 2019, près de 26 ha ont été défrichés dans le cadre du projet Lucy.

#### 5.3.2 Creek Baie Nord

Ce bassin versant a été sensiblement modifié depuis l'installation de la raffinerie/usine (détournement des eaux, terrassement) qui ont modifié l'écoulement et les débits du cours d'eau.

L'altération potentielle de la qualité de l'eau et des sédiments du creek Baie Nord résulte principalement :

- des rejets d'eaux de ruissellement (eaux de drainage externe et interne) de la raffinerie ;
- des rejets des effluents traités issus de la centrale de Prony Energies (jusqu'à 250 m<sup>3</sup>/h) ;
- du rejet des effluents de la station d'épuration de la base-vie (limite maximum de 700 m<sup>3</sup>/j soit 25 % du débit d'étiage), renvoyé à l'unité 285 depuis 2009.

L'activité anthropique sur ce bassin présente également des risques résultant de déversements accidentels (bassin de décantation, séparateur d'hydrocarbures, stockage et manutention de produits dangereux ou d'hydrocarbures...) et de fuites (réseaux de drainage, cuve de rétention...) associées à l'exploitation du site.

### 5.3.3 Bassins versants voisins

La rivière des Kaoris prend sa source dans la réserve du Pic du Grand Kaori et son exutoire est situé en Baie du Carénage, la longueur du cours d'eau est estimée à environ 5 km. Sa source est localisée au Sud du Lac en Huit.

La rivière Kadji prend sa source au Sud de la Réserve du Pic du Grand Kaori et son exutoire se jette dans la Baie Nord. Elle est localisée à plus de 2 km au Nord-Ouest de la base-vie et au Sud-Est de la rivière des Kaoris.

La rivière Trou Bleu est localisée au Sud-Est de la Réserve Naturelle "Forêt Nord". L'exutoire se situe au niveau de la Baie de Port Boisé.

La rivière Wajana est localisée au Sud-Ouest de la Tribu de Goro et prend sa source à plus de 2 km au Nord-Est de l'exploitation minière. Son exutoire est situé au niveau de la Baie de Goro.

La Rivière Kwé Binyi est localisée au Nord de l'exploitation minière. Sa source est localisée à l'Est de la Plaine des Lacs et son exutoire est situé en Baie Taaré.

## 5.4 ETAT INITIAL ET FOND GEOCHIMIQUE

L'état initial des eaux de surface du secteur étudié a été évalué dans le cadre de l'étude RESCAN FreshWater (2000). Cette étude rapporte des données sur les rivières de la Kwé, la Wajana, la Kwé Binyi, la Trou Bleu et le Creek Baie Nord.

Cette étude a montré que les concentrations des éléments suivants étaient inférieures aux limites de détection : arsenic ( $<0,1 \mu\text{g/L}$ ), antimoine ( $<0,05 \mu\text{g/L}$ ), cadmium ( $<0,05 \mu\text{g/L}$ ), cuivre ( $<0,1 \mu\text{g/L}$ ), plomb ( $<0,05 \mu\text{g/L}$ ), mercure ( $<0,05 \mu\text{g/L}$ ), sélénium ( $<1 \mu\text{g/L}$ ), argent ( $<0,01 \mu\text{g/L}$ ) et zinc ( $<1 \mu\text{g/L}$ ). Les concentrations en aluminium sont comparables aux eaux de Nouvelle-Calédonie (NC) (jusqu'à  $12 \mu\text{g/L}$ ). Les concentrations en chrome sont quant à elles beaucoup plus élevées que les teneurs moyennes en NC ( $1$  à  $4,5 \mu\text{g/L}$ ). Les concentrations en cobalt sont également élevées (jusqu'à  $2,6 \mu\text{g/L}$ ). Compte-tenu du contexte latéritique, les concentrations sont élevées en fer (jusqu'à  $0,14 \text{ mg/L}$ ). Les concentrations en manganèse se distribuent de  $0,12 \mu\text{g/L}$  à  $5,7 \mu\text{g/L}$ . Les concentrations en nickel sont relativement élevées comparativement au contexte de NC ( $0,9$  à  $40 \mu\text{g/L}$ ) ; ce qui est directement corrélé aux teneurs en nickel dans les sols et les sédiments du secteur étudié. L'étude conclut que le fond hydrochimique est élevé pour les éléments suivants : chrome, cobalt, manganèse et nickel en raison de leurs teneurs élevées dans les sols ainsi que pour les éléments majeurs magnésium et sodium, en lien avec le contexte local.

L'étude A2EP (2012) indique que le faciès des eaux de surface diffère significativement du faciès des eaux de l'aquitard latéritique. On retrouve néanmoins des similitudes avec les eaux de l'aquifère qui s'expliquent par le fait que l'aquifère saprolitique contribue au débit de base des cours d'eau. Les eaux superficielles sont cependant moins minéralisées que les eaux souterraines.

L'étude montre également la possibilité d'une variation temporelle des concentrations dans les eaux de surface pour certains éléments tels que le chrome et le magnésium.

Les analyses réalisées sur les eaux du Lac de Yaté (Annexe III-B-13 DAE ICPE 2007), indique des concentrations élevées en arsenic (5 µg/L), cadmium (2,4 µg/L), chrome (20 µg/L), plomb (4 µg/L), cuivre (4 µg/L) et fer (50 µg/L). Il n'est pas indiqué d'analyse pour le nickel. Par ailleurs, il n'est pas précisé s'il s'agit d'analyses réalisées sur la phase dissoute ou totale.

#### **Avis BRGM 33**

##### Fond hydrogéochimique

La caractérisation du fond hydrogéochimique semble incomplète avec une forte variabilité entre les cours d'eau et les plans d'eau selon les études considérées. Les concentrations en métaux apparaissent plus élevées dans le Lac Yaté que celles analysées dans les cours d'eau, les raisons de cette différence nécessitent d'être analysées. Il conviendrait d'intégrer le lac Yaté et les plans d'eau à la caractérisation du fond hydrogéochimique.

De plus, la présence de ces éléments traces dans le milieu indique que ces éléments doivent être suivis par PRNC avec des méthodes ayant des limites de quantification adaptées permettant de quantifier les paramètres tel que l'arsenic, le cadmium et le plomb au regard des seuils de potabilité des eaux.

## **5.5 VALEURS REGLEMENTAIRES ET LIMITES**

Aucune valeur réglementaire n'est préconisée dans les arrêtés d'autorisation d'exploitation où figurent les différents suivis à effectuer dans les eaux de surface des différents bassins versants.

En 2007, dans la DAE ICPE (ENV\_5), les critères de qualité présentés de l'eau de surface sont basés sur :

- les critères de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine ;
- les « Predicted No Effect Concentration » (PNEC) lorsqu'elles existent ;
- les résultats de l'analyse Rescan 2000, sur la rivière Carénage.

#### **Avis BRGM 34**

##### Valeurs seuils

Comme discuté pour le suivi des eaux souterraines, il est utile d'utiliser des valeurs de comparaison afin d'interpréter les résultats obtenus. Dans ce sens, il est recommandé d'en définir et d'y associer clairement une ou plusieurs actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de cette valeur.

Il est à noter que, en complément des critères de qualité présentés dans la DAE ICPE, il existe des Normes de Qualité (NQE) pour les eaux de surface permettant d'évaluer le bon état chimique des masses d'eau (cf. Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019 ; Directive 2013/29).



## 5.6 SURVEILLANCE DES DEBITS

Les estimations faites par PRNC concernant les impacts sur les lacs et cours d'eau aboutissent aux conclusions suivantes (DAEM 2015, Livret C Volet C) :

- Pour le Xere Wapo, les 2 modèles montrent sans ambiguïté que des épisodes d'assèchement saisonniers voire permanents devraient se mettre en place dès la 9<sup>ème</sup> année d'exploitation de la fosse minière.
- Pour le lac Robert, le rabattement le plus marqué (modèle FM25) est retenu dans le cadre de l'évaluation d'impact : des épisodes d'assèchement saisonniers voire permanents devraient se mettre en place dès la 12<sup>ème</sup> année d'exploitation de la fosse minière.
- Pour le secteur de la Plaine des Lacs, les perturbations induites par la fosse après 18 ans d'exploitation sont faibles voire non significatives.
- Aucune perturbation hydrogéologique majeure n'est attendue notamment sur les bassins du creek de la crête Sud, de la Truu, de l'ancienne mine des japonais et de l'Entonnoir.
- Pour la Kwé Nord et la Kwé Est, l'influence attendue des aménagements miniers est très importante. Des phénomènes d'à-sec sont attendus hors période de crue.
- Pour la Wajana, la baisse du débit de base serait modérée, en moyenne de l'ordre de 10 %.
- La baisse de la contribution des bassins endoréiques de la Kwé Est amont et de l'Entonnoir au débit de la Truu serait également modérée (de l'ordre de 10 à 20 %). Sur cette base, aucune modification significative du débit de base de la rivière Truu n'est attendue durant l'exploitation minière.
- Pour les autres rivières (creek de la crête Sud, et Kwé Binyi), aucune modification du débit de base n'est non plus attendue.

L'évaluation des impacts du projet d'extension de la fosse minière sur le débit des cours d'eau (ENV\_7) est synthétisée sur la carte ci-après (Illustration 24).

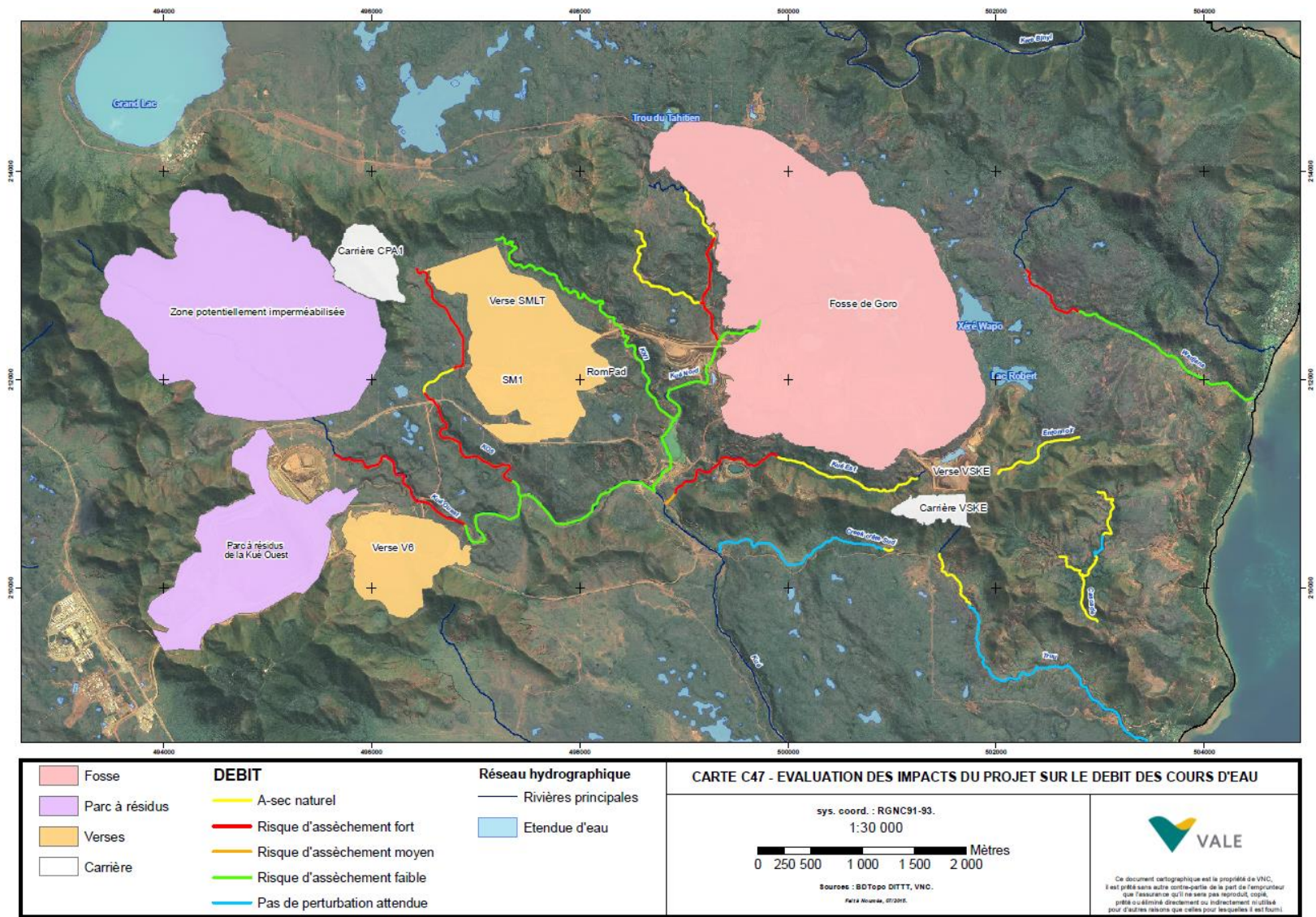


Illustration 24 : Evaluation des impacts du projet d'extension de la fosse minière sur le débit des cours d'eau (ENV\_7)

### 5.6.1 Réseau et suivi

Le suivi des débits est assuré par six stations localisées sur l'emprise de l'exploitation et en périphérie tel que défini dans l'arrêté n° 2698-2016 (Illustration 25).

- Une station sur la Wajana (WJ-01),
- Une station sur la Kwé Binyi. Cette station n'est pas positionnée sur les cartes des bilans annuels de l'activité minière (ENV\_8) car le suivi n'est pas encore démarré. Sur la base des coordonnées GPS indiquées, il semble que la station soit prévue près de l'embouchure, en aval.
- Une station sur la rivière Trou Bleu (3-C). Sur ce bassin versant aucun impact n'a été évalué car il n'est pas attendu de modification du bilan hydrologique. Le débit de cette station aura donc pour objectif de servir de station de référence.
- Une station sur la Truu (TR-01). Cette station est située dans une zone évaluée comme non impactée. Ainsi la station doit permettre de vérifier l'absence d'impact sur le cours d'eau dans sa partie aval.
- Une station sur la Kwé principale (1-A=KAL). Cette station permet le suivi direct de l'impact hydrologique de l'exploitation minière sur la Kwé principale.
- Une station sur le creek Crête Sud (CCS-01). La station est située dans une zone évaluée comme non impactée, en aval du cours d'eau. Ainsi la station doit permettre de vérifier l'absence d'impact sur le cours d'eau dans sa partie aval.



*Illustration 25 : Localisation des points de suivi du débit des cours d'eau dans le cadre de l'arrêté relatif à l'exploitation de la fosse minière (source : BRGM à partir des points de suivi fournis par PRNC)*



### **Avis BRGM 35**

#### Points de suivi

La station Wajana, située en aval de la zone évaluée comme fortement impactée, est positionnée de façon à surveiller de faibles impacts. Cependant, elle ne permet pas de quantifier un éventuel impact fort de l'exploitation en amont. Ainsi, il serait pertinent d'implanter une station de suivi localisée en amont du cours d'eau afin de surveiller l'impact potentiel de l'activité minière sur ce bassin versant.

La station Kwé Binyi semble prévue très en aval du cours d'eau. Si l'objectif est de garantir l'absence d'impact de l'activité minière sur ce cours d'eau, il est préférable de rapprocher la station de la zone attendue comme impactée ou de compléter le suivi par une nouvelle station sur le cours d'eau ou par un piézomètre.

### **5.6.2 Interprétation des résultats / traitement des données**

Le suivi des débits est présenté dans les rapports annuels (ENV\_8). Les résultats sont restitués dans le rapport annuel de 2018 mais sont absents des rapports de 2017 et 2019 (« *données non validées* »). Les suivis et leur interprétation ne sont donc pas présentés et sont annoncés comme étant reportés à un rapport ultérieur.

### **Avis BRGM 36**

#### Restitution des résultats

Il est recommandé de restituer les résultats de manière annuelle afin d'identifier un éventuel écart entre les impacts mesurés et ceux attendus.

## **5.7 SURVEILLANCE LIMNIMETRIQUE**

L'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 (autorisation d'exploitation minière) définit deux stations limnimétriques pour assurer la mesure des niveaux d'eau dans le lac Robert et dans le lac Xere Wapo pour suivre leur assèchement, tel que prévu dans l'étude d'impact hydrogéologique (DAEM, 2015). Cet arrêté définit également un suivi limnimétrique au droit des six stations pour lesquels un suivi du débit est imposé (cf. 0).

### **Avis BRGM 37**

#### Points de suivi

En complément de ce suivi, il serait pertinent de disposer d'un suivi des plans d'eau au nord de la Fosse de Goro, notamment au niveau du Trou du Tahitien et éventuellement de la Plaine des Lacs. Ce complément doit se faire en accord avec les conclusions de l'expertise traitant de la question 5<sup>17</sup> de l'arrêté provincial du 18 mars 2021.

<sup>17</sup> Etude hydrogéologique visant à préciser le risque de perturbation des eaux lié à l'exploitation minière, notamment dans la zone de la Plaine des Lacs et les cours d'eau à proximité de la tribu de Goro (Wajana, Truu, Kwé Binyi).

## 5.8 SURVEILLANCE PHYSICO-CHIMIQUE

Le suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface est réglementé, en termes de point de suivi, de paramètre d'analyse et de fréquence de suivi, par différents arrêtés :

- n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 (Utilités),
- n° 11479-2009/PS du 13 novembre 2009 (des stations d'épuration n° 5 et n° 6),
- n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (de l'usine, de l'unité de préparation du minerai et du centre industriel de la mine),
- n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de déchets issus du procédé - LUCY)
- n° 1239-2017/ARR/DIMENC du 7 avril 2017.
- n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 (autorisation d'exploitation minière)

La carte ci-après localise les différents points de suivi (Illustration 26).



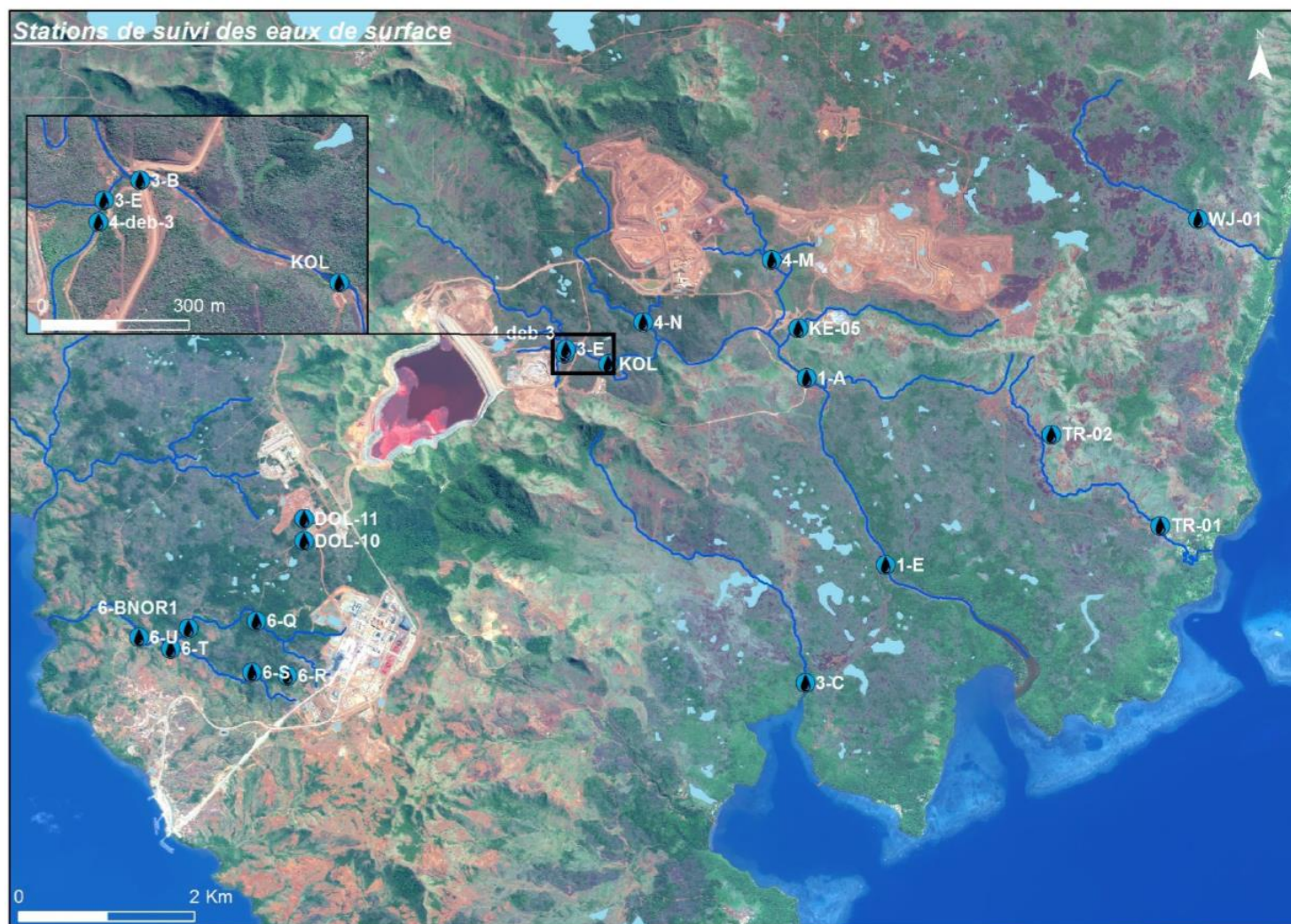


Illustration 26 : Carte de localisation des différents points de suivi physico-chimique des eaux de surface (ENV\_3)

Il est à noter que parmi les stations de mesure présentées en Annexe III-A-3-3 du DAE ICPE 2007, certaines stations ont été déplacées ou supprimées (5-E ; 5-D ; 2-B à 2-H, 2-K). Des justifications seraient à apporter sur ces points.

### 5.8.1 Site d'exploitation minier et bassins versants voisins

Afin d'assurer le suivi de la qualité des eaux de surface lié à l'activité minière, l'arrêté n° 2698-2016 relatif à l'exploitation minière établit 3 stations (sur la Truu, sur la Kwé principale et sur la rivière Trou Bleu). Cet arrêté définit à *minima* le suivi des paramètres suivants : aluminium, ammonium, arsenic, cadmium, calcium, carbonates, chlorures, chrome et chrome VI, cobalt, cuivre, fer, nickel, nitrates, manganèse, mercure, potassium, plomb, sodium, zinc, hydrocarbures. Le suivi est mensuel pour la Kwé et la rivière Trou Bleu et semestriel sur la Truu.

Ce suivi est complété par 5 stations pour un suivi *in situ* (sur la Kwé Binyi, sur la Wajana, sur la Truu, sur la Kwé principale et sur la rivière Trou Bleu). Les paramètres de suivi sont : pH, conductivité, oxygène dissous, température.

L'arrêté n° 3690-2017 relatif au parc à résidus définit un suivi continu de la station sur la Kwé principale (station KAL) pour les paramètres *in situ* (conductivité, débit, Eh, matières en suspension, oxygène dissous, pH, température, turbidité).

#### **Avis BRGM 38**

##### Points de suivi

Sur la base des connaissances hydrogéologiques, des connexions hydrauliques ou des échanges d'eau entre le bassin de la Kwé et les bassins voisins sont suspectés voire avérés d'après les informations disponibles dans le programme d'amélioration de la connaissance de 2016 (Complément\_1). Dans ce contexte, des contaminations des eaux souterraines pourraient atteindre les bassins versants voisins et être drainées par les cours d'eau.

Kwé Binyi : le point 2-K initialement prévu (Annexe III-A-3-3 DAE ICPE 2007) a été déplacé. Des justifications seraient à apporter sur ce point. Par ailleurs, une station de suivi écologique est présente sur ce cours d'eau. Afin de pouvoir interpréter les résultats de cette station, un suivi physico-chimique (*a minima* trimestriellement) sur la Kwé Binyi serait pertinent.

Wajana : le point 2-E initialement prévu (Annexe III-A-3-3 DAE ICPE 2007) a été déplacé. Des justifications seraient à apporter sur ce point. Par ailleurs, la station actuelle (WJ-01) de suivi en continu des paramètres physico-chimiques est située dans la partie aval du cours d'eau. Elle ne permet donc pas de quantifier un éventuel impact fort de l'exploitation en amont. Comme pour le suivi du débit, il serait pertinent d'implanter une station de suivi localisée en amont du cours d'eau afin de surveiller l'impact potentiel de l'activité minière sur ce bassin versant pour assurer un suivi physico-chimique (*a minima* trimestriellement).

Truu : le point 2-C initialement prévu (Annexe III-A-3-3 DAE ICPE 2007) a été déplacé. Des justifications seraient à apporter sur ce point.

Trou Bleu : la station actuellement suivie (3C) est localisée en aval du bassin de Trou Bleu. Ce point est exposé à la dilution par les apports du bassin versant du Trou Bleu, ce qui limite la signature de la recharge amont potentiellement impactée par KO2. Un suivi en amont du cours d'eau serait donc pertinent. Il est recommandé d'étudier le positionnement :

- d'une station sur la rivière Trou Bleu de manière à capter suffisamment d'eau représentative des écoulements souterrains issus de l'amont (potentiellement KO2) en limitant la dilution par les apports latéraux.

- d'une station sur un cours d'eau à l'ouest de Trou Bleu, directement au sud du parc à résidus pour surveiller l'absence d'échange entre le bassin de Port Boisé et celui de la Kwé Ouest à cet endroit.

#### Fréquence de suivi

Le suivi semestriel de la Truu est à justifier au regard de la variabilité des résultats obtenus. Si la variabilité est significative, un suivi plus fréquent (mensuel par exemple, comme sur les stations de la Kwé et de la rivière Trou Bleu) devra être réalisé.

### 5.8.2 Stockage de résidus

L'arrêté n° 3690-2017 définit le suivi en aval du site de stockage des résidus au droit de quatre stations sur la Kwé Ouest (3-E ; KOL) et sur la Kwé principale (KAL ; 1-E).

Les paramètres de suivi sont les suivants :

Paramètre	Remarque	Périodicité de l'auto-surveillance
Mesures in-situ		
Suivi de la phase solide en suspension Turbidité		En continu
Suivi physico-chimique : pH, Eh, température, conductivité électrique, oxygène dissous		En continu
Mesures en laboratoire		
Alcalinité : bicarbonates, carbonates, hydroxydes	Fraction dissoute	En continu (KOL) Bihebdomadaire (3-E et KAL) Bimensuelle (1E)
Anions majeurs : HCO <sub>3</sub> , F, Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>	Fraction dissoute	
Cations majeurs : Na, K, Ca, MG, NH <sub>4</sub>	Fraction dissoute	
Métaux : Al, As, Cr, Cr VI, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sn	Fraction dissoute	
Silice : SiO <sub>2</sub>	Fraction dissoute	
DCO + hydrocarbures totaux en cas de valeurs anormales sur la DCO	Fraction dissoute	
Matières en suspension		
DBO	Fraction dissoute	Mensuelle

*Tableau 3 : Paramètres et fréquence de suivi au droit des stations implantées sur la Kwé, en aval du parc à résidus*

### **Avis BRGM 39**

#### Points de suivi

Le suivi sur la Kwé parait adapté, en termes de points de suivi, de paramètres et de fréquence pour suivre les impacts physico-chimiques potentiels en aval du parc à résidus sur ce cours d'eau.

### **5.8.3 Secteur de l'unité de préparation du minerai**

L'arrêté n° 1467-2008 relatif à l'unité de préparation du minerai définit quatre stations en aval du complexe minier : une station sur la Kwé Nord (4-M), une station sur la Kwé Ouest (4-N) et deux stations sur la Kwé principale (1-A, 1-E).

Les paramètres suivants sont suivis trimestriellement : conductivité, pH, température, DCO, alcalinité, matières en suspension, turbidité, chlorures, sulfates, sodium, potassium, calcium, magnésium, manganèse, chrome VI, hydrocarbures totaux.

En complément, un suivi en continu est assuré sur la station 1-A pour les paramètres *in situ* (conductivité, pH, température, matières en suspension) et débit.

### **Avis BRGM 40**

#### Point de suivi

L'implantation de la station 4-N sur la Kwé Ouest est pertinente car elle se trouve dans l'axe du panache de sulfate simulée (cf. Illustration 21).

#### Paramètres de suivi

Comme recommandé pour les eaux souterraines, étant donné la possibilité que les perturbations chimiques actuelles soient dues à des infiltrations d'eau de procédé, il serait pertinent d'intégrer à minima l'analyse du magnésium, des éléments traces et du nickel dans le suivi de eaux de surface de l'unité de préparation du minerai, comme cela est fait sur le secteur du parc à résidus.

Comme pour les eaux souterraines, le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans les eaux de surface apparait pertinent en plus des seuls hydrocarbures totaux. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence).

### **5.8.4 Creek Baie Nord : complexe hydro-métallurgique**

Le suivi du secteur du complexe hydro-métallurgique, implanté en amont du creek de la Baie Nord, est encadré par plusieurs arrêtés :

- L'arrêté n° 11479-2009/PS, relatif à l'exploitation de la station d'épuration (STEP) de la base-vie, définit le suivi physico-chimique sur trois stations : 6-BNOR1, 6-T, DOL-10.
- L'arrêté n° 1467-2008, relatif à l'usine, définit le suivi sur trois stations : 6-Q, 6-R, 6-S.
- L'arrêté n° 890-2007/PS (utilités) définit les suivis sur trois stations : 6-Q, 6-T, 6-U.



La doline (DOL-10) fait l'objet d'un suivi semestriel pour les paramètres suivants : alcalinité, ammonium, calcium, chlorures, conductivité, COT, DCO, potassium MES, magnésium, sodium, nitrates, oxygène dissous, pH, sulfates, température.

Pour les stations 6-Q, 6-R et 6-S, les paramètres suivants sont suivis mensuellement (liste 4 de l'arrêté n° 1467-2008) : calcium, alcalinité, chlorures, conductivité, chrome VI, DCO, hydrocarbures totaux, potassium, matières en suspension, magnésium, Mn, Na, pH, sulfates, température, turbidité.

Pour les stations 6-T et 6-U, ce suivi mensuel est limité aux paramètres : chlorures, DCO, sulfates, conductivité, MES, pH, température.

Les stations 6-BORN1 et 6-T font l'objet d'un suivi trimestriel sur les paramètres suivants : alcalinité, ammonium, calcium, chlorures, conductivité, COT, DBO5, DCO, potassium, matières en suspension, magnésium, sodium, nitrates, oxygène dissous, pH, sulfates, température.

#### **Avis BRGM 41**

##### Paramètres de suivi

Le suivi des nitrates et de l'ammonium est limité à un suivi trimestriel sur les stations 6-BNOR1 et 6-T. Ceci semble insuffisant en termes de nombres de stations compte tenu des pressions liées aux activités de PRNC. Il serait souhaitable de mettre en place un suivi plus en amont qui permettrait de mieux anticiper de potentiels impacts liés au site (effet de dilution vers l'aval).

Le suivi au droit des différentes stations pourrait être complété par l'analyse des phosphates afin d'assurer un suivi des nutriments pouvant causer des risques d'eutrophisation dans les eaux de surface.

On note également l'absence de suivi de métaux autre que le chrome VI et le manganèse sur le creek de la Baie Nord. Il serait pertinent d'intégrer *a minima* les éléments traces et le nickel, en accord avec la liste des paramètres suivis sur le secteur du parc à résidus.

En cas de détection de substances organiques autres que hydrocarbures dans les eaux souterraines (cyanex, isopar, shellsol, ammoniac, isodecanol, triisooctylamine), il est recommandé d'ajouter ces substances au programme analytique des eaux superficielles, *a minima* lors d'une campagne de prélèvement. Le suivi analytique d'une substance sera prolongé en cas de détection de cette substance et pourra être arrêté dans le cas contraire.

Comme pour les eaux souterraines, le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) apparaît pertinent. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence).

#### **5.8.5 Kadji : Base-vie**

Le suivi physico-chimique des eaux de surface dans le secteur de la base-vie est réalisé uniquement à la station DOL-11 défini dans le cadre de l'arrêté n° 11479-2009/PS.

Les paramètres suivis semestriellement sur cette station sont : alcalinité, ammonium, calcium, chlorures, conductivité, COT, DCO, potassium, matières en suspension, magnésium, sodium, nitrates, oxygène dissous, pH, sulfates, température.



Une station est également présente pour le suivi des macro-invertébrés au niveau d'une station (5-E, suivi volontaire) sur la rivière Kadji.

#### **Avis BRGM 42**

##### Paramètres de suivi

Afin de compléter le suivi réalisé au niveau de la base-vie (DOL-11), il est recommandé d'ajouter un point de suivi physico-chimique (en incluant *a minima* azote, nitrates et phosphates) au niveau du cours d'eau (rivière Kadji). Ce point pourrait être situé au niveau de la station 5-E afin de compléter le suivi des macro-invertébrés déjà assuré dans le cadre du suivi volontaire.

#### **5.8.6 Baie de Prony : Port**

Il n'existe pas de suivi des eaux de surface dans ce secteur car l'impact des activités de PRNC ne sont pas attendues sur les eaux douces du fait de la proximité avec le milieu marin.

#### **5.8.7 Restitution des résultats de suivi**

Les données de la surveillance des eaux de surface sont rapportées annuellement dans deux documents distincts :

- Surveillance des milieux récepteurs – Qualité des eaux de surface. Rapports annuels 2010 à 2019 – Vale NC – (ENV\_3)
- Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC – 2017 à 2019 (ENV\_8).

Le fait que les résultats et interprétations soient distribués entre deux documents rend difficile l'analyse de la surveillance dans son ensemble.

Les remarques sont globalement similaires à celles faites sur les eaux souterraines.

Il est notamment noté :

- Que le document en lui-même n'est pas autoporteur,
- Quelques coquilles et erreurs restent présentes dans le texte ou dans certains tableaux :
  - Le nombre de points de suivi dans les tableaux de présentation ne correspondent pas toujours au texte du rapport.
  - L'unité n'est pas précisée pour certains graphiques.
- Aucun tableau de données avec les données brutes n'est présenté ; seulement des graphiques parfois peu lisibles, avec des échelles non adaptées aux gammes de valeurs rencontrées.
- Certains graphiques ne sont pas commentés.
- Les commentaires des graphiques portent souvent sur l'évolution entre l'année N et l'année N-1 (hausse, baisse, stabilité) mais pas sur l'évolution globale depuis le début du suivi.

Par conséquent, il est recommandé de :

- Mieux restituer les résultats en ne présentant pas uniquement les graphiques d'évolution des concentrations avec le temps :
  - Ajouter les résultats sous forme de tableaux de valeurs.
  - Ajouter les fiches de prélèvements.
  - Ajouter les bordereaux analytiques.
- Aller plus loin dans l'interprétation des résultats :
  - Intégrer les incertitudes analytiques sous forme de barre d'erreur dans les graphiques d'évolution des concentrations avec le temps ;
  - Interpréter les résultats du suivi physico-chimique à la lumière des précipitations et des débits des cours d'eau.
  - Comparer à des valeurs guides (comme discuté en 4.5).
  - Suite à la réception des résultats du laboratoire et en parallèle à la rédaction du rapport de suivi, si une valeur anormale est observée :
    - Vérifier les incertitudes sur la mesure et l'analyse (en lien avec le laboratoire), rechercher une explication ;
    - Procéder à un nouveau prélèvement si la démarche précédente ne permet pas d'expliquer le résultat ;
    - Si la tendance se confirme, engager une réflexion plus poussée conformément au plan d'action qui aura été établi.
  - Si une évolution « anormale », inversion de tendance ou dépassement d'une valeur seuil est observée, chercher à expliquer ce constat en se basant sur :
    - Les événements « anthropiques » survenus : changement de protocole, travaux (effet rebond), mise en place ou arrêt d'un pompage...
    - Les événements « naturels » survenus (cours d'eau en période de crue ou d'étiage ...).
- Au-delà du suivi annuel, faire un bilan du suivi (tous les 4 ans par exemple) en mettant en perspective les résultats acquis au cours des années précédentes. Cette prise de recul a pour but de :
  - Vérifier la pertinence du réseau au regard des suivis annuels, de l'évolution des activités industrielles et des connaissances sur le fonctionnement hydrologique : les concentrations (apparition ou évolution d'un paramètre), représentativité des points de mesure et les éventuels nouveaux enjeux (apparition/disparition).
  - Justifier les propositions d'évolution du réseau qui s'avèrent nécessaires, concernant le nombre de points, la fréquence de suivi et/ou les paramètres considérés.

## **5.9 CONCLUSIONS DU BRGM SUR LA SURVEILLANCE ACTUELLE DES EAUX DE SURFACE**

### **5.9.1 Etat initial et fond géochimique**

#### **Fond hydrogéochimique (avis 33)**

La caractérisation du fond hydrogéochimique semble incomplète. Il existe une forte différence de concentrations en éléments traces entre les cours d'eau et les plans d'eau selon les études considérées. Cela semble indiquer la présence d'éléments traces dans le milieu donc le risque d'une potentielle remobilisation liées aux activités du site industriel. Il conviendrait d'intégrer le lac Yaté et les plans d'eau à la caractérisation du fond hydrogéochimique.

De plus, la présence de ces éléments traces dans le milieu indique que ces éléments doivent être suivis par PRNC avec des méthodes ayant des limites de quantification adaptées permettant de quantifier les paramètres tel que l'arsenic, le cadmium et le plomb au regard des seuils de potabilité.

#### **Valeurs seuils (avis 34)**

Comme discuté pour le suivi des eaux souterraines, il est utile d'utiliser des valeurs de comparaison afin d'interpréter les résultats obtenus. Dans ce sens, il est recommandé d'en définir et d'y associer clairement une ou plusieurs actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de cette valeur.

Il est à noter que, en complément des critères de qualité présentés dans la DAE ICPE, il existe des Normes de Qualité (NQE) pour les eaux de surface permettant d'évaluer le bon état chimique des masses d'eau (cf. Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019 ; Directive 2013/29).

### **5.9.2 Surveillance des débits**

#### **Ajout de points de suivi**

Il serait pertinent d'implanter de nouvelles stations de suivi sur le bassin versant de la rivière Wajana, en amont du cours d'eau afin de surveiller l'impact potentiel de l'activité minière sur ce bassin versant (avis 35).

La station Kwé Binyi semble prévue très en aval du cours d'eau. Si l'objectif est de garantir l'absence d'impact de l'activité minière sur ce cours d'eau, il est préférable de rapprocher la station de la zone attendue comme impactée ou de compléter le suivi par une nouvelle station sur le cours d'eau ou par un piézomètre (avis 35).

#### **Interprétation des résultats / traitements des données**

Il est recommandé de restituer les résultats sur le suivi des débits de manière annuelle afin d'identifier un éventuel écart entre les impacts mesurés et ceux attendus (avis 36).

### 5.9.3 Surveillance limnimétrique

#### Ajout de points de suivi

En complément du suivi limnimétrique actuellement en place, il serait pertinent de disposer d'un suivi des plans d'eau au nord de la Fosse de Goro, notamment au niveau du Trou du Tahitien et éventuellement de la Plaine des Lacs. Ce complément doit se faire en accord avec les conclusions de l'expertise traitant de la question 5 (E5) de l'arrêté provincial du 18 mars 2021 (avis 37).

### 5.9.4 Surveillance physico-chimique

#### Ajout de points de suivi

Il serait pertinent d'ajouter des points de suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans les secteurs suivants :

- suivi physico-chimique (*a minima* trimestriellement) sur la station de suivi écologique de la Kwé Binyi (avis 38),
- nouvelle station de suivi localisée en amont du cours d'eau Wajana afin de surveiller l'impact potentiel de l'activité minière sur ce bassin versant (suivi physico-chimique *a minima* trimestriellement ; avis 38),
- nouvelle station en amont de la rivière Trou Bleu et nouvelle station sur un cours d'eau à l'ouest de Trou Bleu (avis 38).

#### Vérification des points de suivi

Les points de suivi initialement prévu (Annexe III-A-3-3 DAE ICPE 2007) et listés ci-dessous ont été déplacés, des justifications seraient à apporter sur ce point (avis 38) :

- point 2-K sur la rivière Kwé Binyi,
- point 2-E sur la rivière Wajana,
- point 2-C sur la rivière Truu.

#### Paramètres de suivi

Comme recommandé pour les eaux souterraines dans le secteur de l'UPM, étant donnée la possibilité que les perturbations chimiques actuelles soient dues à des infiltrations d'eau de procédé, il serait pertinent d'intégrer, si cela n'est pas déjà réalisé par PRNC, *a minima* l'analyse du magnésium, des éléments traces et du nickel dans le suivi physico-chimique des eaux de surface de l'unité de préparation du minerai, comme cela est fait sur le secteur du parc à résidus (avis 40).

Le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) apparaît pertinent. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 40).

Dans le bassin du creek Baie Nord, dans le secteur du complexe hydro-métallurgique, il conviendrait, si cela n'est pas déjà réalisé par PRNC, de compléter le suivi actuel des différentes stations par l'analyse des phosphates (risques d'eutrophisation dans les eaux de surface ; avis 41).

Dans ce même secteur, il serait pertinent d'intégrer *a minima* les éléments traces et le nickel, en accord avec la liste des paramètres suivis sur le secteur du parc à résidus (avis 41).

Pour les stations en amont des stations 6-BNOR1 et 6-T au niveau du creek Baie Nord, il est recommandé de prévoir le suivi des nitrates et de l'ammonium (avis 41).

Dans ce même secteur, en cas de détection de substances organiques autres que hydrocarbures dans les eaux souterraines (cyanex, isopar, shellsol, ammoniac, isodecanol, triisooctylamine), il est recommandé d'ajouter ces substances au programme analytique des eaux superficielles (avis 41).

Dans ce même secteur, le suivi des paramètres de type HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) apparaît pertinent. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne d'échantillonnage. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou en cas de présence de stockage et/ou d'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 41).

Dans le secteur de la rivière Kadji, au niveau de la base-vie, il est recommandé de faire un suivi physico-chimique (en incluant *a minima* azote, nitrates et phosphates) sur le point 5-E (interprétation des résultats obtenus sur les macro-invertébrés et identification d'un éventuel lien entre dégradation « biologique » au droit de cette station et la station d'épuration de la base-vie) (avis 42).

### **Fréquence de suivi**

Le suivi semestriel de la Truu est à justifier au regard de la variabilité des résultats obtenus. Si la variabilité est significative, un suivi plus fréquent (mensuel par exemple, comme sur les stations de la Kwé et de la rivière Trou Bleu) devra être réalisé (avis 38).



## 6 Surveillance des sédiments

### 6.1 DOCUMENTS EXPERTISES

Les documents plus particulièrement analysés dans la présente section sont :

- Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, Volume III, Section C – Evaluation des effets, mai 2007
- Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, Livret C – Etude d'impact sur l'environnement. Volet B – Etat initial du site et son environnement.
- Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, Livret D – Gestion et protection des eaux superficielles et souterraines. Volet B – Etat des lieux hydrologique et hydrogéologique.
- Surveillance des milieux récepteurs, rapport annuel de 2009 à 2020.
- Expertise du plan de suivi des eaux superficielles de la Société VALE Nouvelle- Calédonie rapport de synthèse (Projet V1b CL). (ENV\_11).
- Protocole de suivi de la végétation d'intérêt patrimoniale à proximité d'ouvrages miniers VALE 2016.
- Suivi de la végétation d'intérêt patrimoniale à proximité d'ouvrages miniers octobre 2015 à octobre 2020.
- Suivi de l'état de santé de la ripisylve octobre 2017 à novembre 2020.
- Etude de l'engravement de la rivière Kwé, de son estuaire et de la baie – Prolongation du suivi des pièges à sédiments. E.M.R., VALE INCO, Rapport final, 2010.

### 6.2 ENJEUX LOCAUX

Les enjeux locaux portent principalement sur une atteinte de la biodiversité dulçaquicole.

### 6.3 ETAT INITIAL ET FOND GEOCHIMIQUE

Le Tableau 4 (extrait des rapports DAEM – Livret C – volet B et Livret D – volet E (2015), tableau 43) présente la synthèse des mesures réalisées dans les sédiments des rivières de la région de Goro. Les gammes des teneurs des 8 éléments du suivi (As, Cd, Cr, Co, Pb, Mn, Ni et Zn) sont comparables voire, plus faibles que les gammes de données des sédiments de la rivière Carénage utilisée comme rivière de référence. A l'exception de la teneur en manganèse des sédiments de la rivière Kuébini aval à 9000 mg/kg et la teneur en chrome des sédiments de la rivière Wajana à 15400 mg/kg qui sont au-dessus des teneurs maximales de la rivière Carénage. A noter que ces 2 rivières ne font pas partie du suivi.

Paramètres	Unités	Kué Principale				Kué Ouest		Kué Est	Kué Bini				Wadjana				Synthèse des données		Carénage		Valeurs guides françaises sol		
		Centre		Aval		FW4	2000	1994	Amont		Aval		Amont		Aval		min	max	Amont		VDSS	VClus	VClusn
		FW3	2000	FW17	2000				FW12	2000	FW1	2000	FW13	2000	FW6	2000			FWR1-FWR2	2000			
		min	max	min	max	min	max		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			
Phosphore	mg/kg	<0,2	0,5	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	na	<0,2	<0,2	<0,2	1,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,2	<0,2	<0,2			
Azote Total	%	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	na	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,13			
Potassium	mg/kg	<620	<800	<620	<630	<630	<630	<20	<400	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<400	<800	<1000	<2000			
Soufre Total	%	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08	0,11	na	0,07	0,09	0,05	0,09	0,06	0,07	0,1	0,12	0,05	0,12	0,07	0,14			
Calcium	mg/kg	35	57	33	43	<30	<30	na	<30	21	46	76	39	47	34	35	21	76	66	191			
Magnésium	mg/kg	450	1 190	450	488	1 190	2 210	835	115	144	3 930	17 700	1 560	2 190	382	482	115	17 700	980	6 630			
Sodium	mg/kg	<300	<400	<330	<330	<330	<330	<20	<200	<400	<300	<400	<300	<400	<300	<400	<200	<400	<500	<700			
Sulfate	mg/kg	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na			
Carbone organique total	%	0,33	0,57	0,26	0,31	0,31	0,42	na	0,76	1,15	0,31	0,53	0,49	0,64	0,31	0,52	0,26	1,15	0,55	2,05			
Aluminium	mg/kg	15 430	24 500	14 930	15 930	17 020	20 230	7 150	15 100	19 500	13 500	18 000	18 000	22 100	15 800	18 200	7 160	24 500	35 200	51 300			
Antimoine	mg/kg	0,1	0,16	0,09	0,15	0,13	0,27	na	0,13	0,31	0,12	0,15	0,06	0,13	0,11	0,17	0,06	0,31	0,1	0,3	50	100	250
Argent	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	na	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			
Arsenic	mg/kg	3,1	3,8	2,5	3,3	1,33	1,66	5	1,47	5,4	2,9	5,2	1,17	5,2	5,2	7,7	1,17	7,7	4,13	10,1	19	37	120
Cadmium	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,4	<0,4	10	20	60
Chrome	mg/kg	10 300	13 200	10 700	11 200	8 740	9 490	9 440	8 790	13 200	8 500	11 500	8 370	12 300	12 200	15 400	3 440	15 400	11 900	14 700	65	130	7 000
Cobalt	mg/kg	145	508	136	697	597	1 050	151	255	421	325	710	680	824	147	235	136	1 050	1 070	1 510	120	240	1 200
Cuivre	mg/kg	21	39	21	24	34	42	13	16	21	28	44	46	57	31	34	13	57	49	62	95	190	950
Fer	mg/kg	320 030	448 000	307 030	345 000	313 000	340 000	151 000	270 000	394 000	315 000	431 000	417 000	512 000	389 000	509 000	151 000	512 000	511 000	584 000			
Plomb	mg/kg	1	1	<1	1	1	2	15	2	4	1	2	1	2	<1	1	<1	15	2	4	200	400	2000
Manganèse	mg/kg	1 630	3 570	1 450	7 350	4 210	6 160	906	1 370	3 390	2 840	9 000	4 700	5 840	1 430	1 820	906	9 000	6 670	6 980			
Mercure	mg/kg	0,056	0,078	0,052	0,091	0,047	0,055	<0,2	0,078	0,161	0,065	0,255	0,118	0,135	0,058	0,091	0,047	0,255	0,073	0,116	3,5	7	690
Nickel	mg/kg	1 720	5 020	1 830	2 040	4 040	5 230	1 840	1 460	2 080	3 880	6 330	6 540	7 450	2 100	2 710	1 460	7 450	6 470	11 800	70	140	930
Selenium	mg/kg	0,5	1,3	0,3	0,6	0,2	0,3	na	0,1	0,7	0,6	1,3	0,2	1,5	0,6	1,7	0,1	1,7	2,4	4,5			
Zinc	mg/kg	84	193	85	97	159	189	55	90	136	141	226	268	322	120	141	55	322	280	365	4 500	9 000	

Note : Les résultats d'analyses indiqués pour l'année 2000 proviennent de l'étude RESCAN 2000.

De manière générale 2 à 3 échantillons ont été prélevés par station en mai 2000 afin de garantir une bonne représentativité de l'échantillonnage.

Pour la Kué Est les résultats indiqués proviennent d'un échantillon prélevé par SNC-Lavalin en octobre 1994.

La rivière Carénage est utilisée comme rivière de référence car elle est suffisamment éloignée de la zone du projet

Tableau 4 : Etat initial de la qualité des sédiments de rivière dans la région de Goro (2000)

## 6.4 VALEURS REGLEMENTAIRES ET LIMITES

Il n'existe pas de valeurs réglementaires dans les sédiments et les sols. Généralement, les teneurs sont comparées au fond pédo-géochimique local quand celui-ci a pu être déterminé. Dans le cas présent, ces valeurs n'existent pas, il est alors possible de se référer à des valeurs anciennes (avant impact anthropique) ou à des valeurs provenant de zones voisines non impactées par des activités anthropiques. C'est ce qui a été fait avec les teneurs déterminées lors de l'étude RESCAN (Tableau 4). Il est aussi possible, comme mentionné dans la DAEIC de 2007, de comparer par rapport à des valeurs guides d'autres pays. Les données ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council) pour les sédiments sont dérivées à partir de tests de toxicité et n'ont pas été déterminées pour tous les éléments (Tableau 5 extrait de la DAEIC, 2007, Tableau 56).

Paramètre	Unité	Rivière Carénage FWR1, FWR2 2000		ANZECC sédiments
		min	max	
Phosphore	mg/kg	<0,2	<0,2	-
Azote total	%	0.03	0.13	-
Calcium	mg/kg	66	191	-
COT	%	0.55	2.05	-
Magnésium	mg/kg	980	6630	-
Potassium	mg/kg	<1000	<2000	-
Sodium	mg/kg	<500	<700	-
Soufre total	%	0.07	0.14	-
<b>Métaux - métalloïdes - non métaux</b>				
Aluminium	mg/kg	36200	51300	-
Antimoine	mg/kg	0.1	0.3	2
Argent	mg/kg	<0,1	<0,1	1
Arsenic	mg/kg	4.13	10.1	20
Cadmium	mg/kg	<0,4	<0,4	1.5
Chrome	mg/kg	11900	14700	80
Cobalt	mg/kg	1070	1510	-
Cuivre	mg/kg	49	62	65
Fer	mg/kg	511000	584000	-
Plomb	mg/kg	2	4	50
Manganèse	mg/kg	6670	8980	-
Mercure	mg/kg	0.073	0.116	0.15
Nickel	mg/kg	6470	11800	21
Sélénium	mg/kg	2.4	4.5	-
Zinc	mg/kg	280	355	200

Tableau 5 : Critères de référence pour la qualité des sédiments de rivières

### Avis BRGM 43

#### Valeurs guides

Il ne semble pas cohérent de comparer les valeurs guides de l'ANZECC aux teneurs totales obtenues sur les sédiments de la rivière. Les valeurs guides indiquent 80 mg/kg pour le chrome et 21 mg/kg pour le nickel alors que les teneurs moyennes dans la rivière Carénage sont comprises entre 11900 et 14700 mg/kg pour le chrome et entre 6470 et 11800 mg/kg pour le nickel.

Pour vérifier l'impact potentiel d'une pollution anthropique, il serait nécessaire de comparer avec les valeurs de fond géochimique local, la rivière Carénage semble beaucoup plus adaptée comme rivière de référence.

## 6.5 STATIONS DE SUIVI

Dans la demande d'autorisation (DAEIC, Volume III, Section C – Evaluation des effets, mai 2007), il est écrit que « les modifications apportées au projet initial (suppression du barrage) réduisent l'ampleur des préoccupations. Toutefois, l'apport de sédiments résultant de l'exploitation minière demeure une préoccupation au regard de la qualité de l'eau de la rivière Kwé. Au vu de ces considérations, les EIE retenus sont (en outre) : la qualité des sédiments d'eau douce ».

Plusieurs stations ont été identifiées afin d'assurer ce suivi à différents endroits du site (Tableau 6 à Tableau 8, Illustration 6) :

Station	Localisation	Justification	Coordonnées GPS
6-Q	Bras Nord du creek de la Baie Nord	Aval des points de rejet de la zone Nord du site, et en amont du point de rejet de la STEP de la base vie	Est 695487 Nord 7528921
6-R	Doline à l'Ouest des aires de stockage	Doline en aval du site industriel	Est 695838 Nord 7528292
6-S	Bras Sud du creek	Aval des points de rejet de la zone Sud du site	Est 695433 Nord 7528335
6-T	Creek Baie Nord confluence	Confluence de tous les affluents du Creek de la Baie Nord, en aval du site	Est 694508 Nord 7528610

Tableau 6 : Stations de contrôle au niveau du site industriel.

Station	Localisation	Justification	Coordonnées GPS
4-M	Rivière Kwé Nord bras n°1 (Ouest), en aval rejet de la préparation de minerai et du centre de maintenance de la mine	Aval des points de rejets du centre de préparation du minerai et du centre de maintenance de la mine	Est 701545 Nord 7532834
4-N	Rivière Kwé Ouest, en aval rejet de la préparation de minerai et du centre de maintenance de la mine		Est 700066 Nord 7532103

Tableau 7 : Stations au niveau des centres de préparation du minerai et de la maintenance de la mine.

Station	Localisation	Justification	Coordonnées GPS
1-A	Kwé principale amont	Aval rejets mine, centre industriel de la mine et stockage des résidus	Est 701789 Nord 7531647
1-E	Kwé principale aval	Aval rejets mine, centre industriel de la mine et stockage des résidus	Est 702675 Nord 7529508

Tableau 8 : Stations au niveau des bassins versants limitrophes :

Concernant ces deux stations 1-A et 1-E, aucune justification du maintien de leur emplacement respectif n'est donnée dans les rapports de suivis annuels. En 2010, l'objectif d'une étude sur l'engravement de la rivière Kwé était d'identifier, de positionner, de mesurer et de procéder à des prélèvements d'échantillons sur les zones de dépôts sédimentaires (appelées stations) tout le long de la rivière. La Kwé Ouest et la Kwé principale ont été parcourues sur 6 km et 25 stations ont été identifiées correspondant à des zones d'accumulation supérieures à quelques mètres carrés. La caractérisation granulométrique des sédiments n'a pas permis la mise en évidence d'un gradient granulométrique vers l'aval. De plus, il n'a pas été constaté d'engravement anormal

le long de la rivière même si aucun référentiel n'existe pour permettre une comparaison. Enfin, il n'a pas été possible de déterminer si les plages d'accumulation de sédiments avaient pour origine l'activité anthropique ou l'érosion naturelle. Pour 6 des 25 stations, il a été estimé des volumes d'engravement entre 30 et 100 m<sup>3</sup> voire supérieur à 100 m<sup>3</sup>. Certaines des plages les plus importantes sont en aval des stations 1-A et 1-E. Rien dans les rapports de surveillance des milieux ou autres rapports ne mentionne cette étude et n'explique la raison du maintien, peut être justifié, des stations 1-A et 1-E à leurs emplacements.

#### **Avis BRGM 44**

##### Points de suivi :

Un suivi de la turbidité au niveau de la station KAL complété par un suivi visuel de l'état de la rivière en aval pour vérifier d'éventuels envasements semblent plus adapté que des mesures ponctuelles au niveau des stations 1-A et 1-E.

## **6.6 SUIVI DES SEDIMENTS**

Afin de détecter les pollutions chroniques induites par les activités industrielles, des suivis sont mis en place conformément aux arrêtés :

- n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 (utilités),
- n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (de l'usine, de l'unité de préparation du minerai et du centre industriel de la mine),
- n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de déchets issus du procédé - LUCY).

D'après l'arrêté n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 qui concerne au minimum 3 stations de la rivière de la Baie Nord (6Q, 6T et 6U), il est demandé de faire une surveillance mensuelle de la nature et de la quantité des sédiments (annexe IV de l'arrêté). Pour la quantité de sédiment, il est indiqué que la sédimentation sera caractérisée au moyen de pièges à sédiment. Par contre, il n'est pas précisé ce qui est attendu par « nature des sédiments ».

D'après l'arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 qui concerne 7 stations de la rivière de la Baie Nord (6Q, 6T et 6S), de la rivière Kwé Nord bras n° 1 (4M), de la rivière Kwé Ouest (4N) et de la rivière Kwé principale (1A et 1E), il est demandé de faire une surveillance trimestrielle (annexe X de l'arrêté). La méthode de prélèvement des sédiments se fait soit avec des pièges à particules (rapport « hauteur/diamètre > 8) soit avec des bennes de volume suffisant sans plus de précision. La liste des éléments chimiques à doser (Liste 3 de l'annexe X) est la suivante : cadmium, cobalt, cuivre, chrome, manganèse, plomb, zinc, arsenic et nickel.

D'après l'arrêté n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 qui concerne 2 stations de la rivière Kwé Ouest (3A et 3B), il est demandé de faire une surveillance mensuelle de la nature et de la quantité des sédiments ainsi que l'analyse du gypse (annexe IX de l'arrêté). La méthode de prélèvement des sédiments se fait soit avec des pièges à particules (rapport « hauteur/diamètre > 8) ou des bennes de volume suffisant sans plus de précision. Par contre, il n'est pas précisé ce qui est attendu par « nature des sédiments ». Il est aussi demandé de faire une surveillance annuelle pour l'analyse des éléments suivants : cadmium, cobalt, cuivre, chrome, chrome VI, manganèse, plomb, zinc, arsenic et nickel.



Toujours dans l'arrêté n° 3690-17, il est demandé que l'exploitant réalise ou fasse réaliser périodiquement des prélèvements et des mesures des plages de sédiments (article 8.5.1) pour les rejets de substances susceptibles de s'accumuler dans l'environnement.

Au total, 10 stations ont été définies pour le suivi de la composition et de la quantité des sédiments des bassins versants de la rivière de la Baie Nord (CBN), de la Kwé Ouest (KO), de la Kwé Nord bras n° 1 (KN) et de la Kwé Principale (KP) (Tableau 9).

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Fréquence*	Raison d'être	RGN 91 Est	RGN 91 Nord
6-T	CBN	Sédiments	M	Arrêté n° 890-2007/PS	491882,1	207360,9
6-U	CBN	Sédiments	M	Arrêté n° 890-2007/PS	491517,2	207491,4
6-Q	CBN	Sédiments	M	Arrêté n° 890-2007/PS Arrêté n° 1467-2008/PS	492859	207678,4
6-S	CBN	Sédiments	T	Arrêté n° 1467-2008/PS	492808,9	207092,2
4-M	KN	Sédiments	T	Arrêté n° 1467-2008/PS	498889,4	211632,5
4-N	KO	Sédiments	T	Arrêté n° 1467-2008/PS	497415,6	210891,5
1-A	KP	Sédiments	T	Arrêté n° 1467-2008/PS	499142	210447
1-E	KP	Sédiments	T	Arrêté n° 1467-2008/PS	500042,1	208314,8
3-A	KO	Sédiments	M et A	Arrêté n° 3690-2017/ARR/DIMENC	495575	211479
3-B	KO	Sédiments	M et A	Arrêté n° 3690-2017/ARR/DIMENC	496478,1	210820,1

*Tableau 9 : Tableau récapitulatif des différentes stations de suivis : Localisation et description des points de suivi de la nature et de la quantité des sédiments (extrait du rapport de 2020 sur la surveillance des milieux récepteurs).*

Les résultats de ces suivis sont présentés dans les rapports annuels.

#### **Avis BRGM 45**

##### Nature des sédiments

Des précisions sont à apporter concernant ce qui est attendu par « nature des sédiments » cités dans certains arrêtés de suivi.

#### **6.6.1 Protocole d'échantillonnage**

Les protocoles d'échantillonnage des sédiments et les paramètres analysés sont précisés dans le document de Vale sur les méthodes d'échantillonnage (PRO-5102-EN). Celui-ci indique que 2 fois 1 kg de sédiments sont prélevés avec une pelle dans les zones de dépôts des cours d'eau, (zones de faible énergie) afin de prélever la fraction de sédiments la plus fine possible (= fraction sur laquelle se précipite les polluants). Le prélèvement doit toujours être fait sur le même transect et suivant la largeur du cours d'eau, 2 ou 3 pelletées sont nécessaire pour assurer un échantillonnage représentatif de la zone. Le 1<sup>er</sup> kilogramme est dédié à l'analyse granulométrique pour 5 fractions argile/limon/sable sans plus de précision et le 2<sup>ème</sup> kilogramme est dédié à l'analyse des métaux et paramètres chimiques.

Or, d'après les arrêtés, les prélèvements devraient être faits soit avec des pièges à particules (rapport « hauteur/diamètre > 8), soit avec des bennes de volume suffisant.

Il est indiqué que les prélèvements sont interdits en période de crue et qu'ils doivent être faits à partir de berges stables (de préférence depuis un pont).

#### **Avis BRGM 46**

##### Prélèvements des sédiments

Il semble que les prélèvements de sédiments réalisés ne suivent pas les recommandations des arrêtés. Si cela est justifié, il est nécessaire de le préciser dans les rapports de suivi annuel.

#### **6.6.2 Paramètres**

Les paramètres analysés sont conformes à la liste des paramètres listés dans les arrêtés pour les analyses chimiques (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, As et Ni) sauf pour le chrome VI. Ce dernier n'est mentionné que dans l'arrêté n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 mais aucune analyse de chrome VI et même de gypse ne sont mentionnées dans les rapports de suivi après cette date (rapports de suivi 2018, 2019 et 2020).

Il n'est pas précisé sur quelle fraction sont analysés les métaux, à savoir le sédiment brut ou le sédiment tamisé à 2 mm.

En ce qui concerne le suivi de la nature et quantité de sédiment, il n'est pas précisé dans les arrêtés ce qui est précisément attendu. Il n'est donc pas possible d'affirmer que ce qui a été fait est conforme. D'après le document de Vale sur les méthodes d'échantillonnage PRO-5102-EN, il a été proposé une granulométrie 5 fractions (argile/limon/sable).

#### **Avis BRGM 47**

##### Paramètres de suivi

Différentes précisions sont nécessaires :

- Vérifier si le paramètre chrome VI est analysé conformément à ce qui est préconisé dans l'arrêté n° 3690-2017,
- Préciser sur quelle fraction sont analysés les métaux (sédiment brut ou sédiment tamisé à 2 mm).

#### **6.6.3 Fréquence et période de prélèvements**

En général, le nombre de suivis effectués correspond au nombre de suivis préconisés (Tableau 10). Sauf en 2012 et 2013 où il manque certains suivis qui ne sont pas expliqués car il est écrit dans les rapports : « L'ensemble des stations imposées dans les arrêtés cités en introduction a été échantillonné ». Par contre en 2014 et 2020, où les suivis n'ont pas tous pu être effectués, il est précisé que cela est dû à des blocages des accès au site.

En 2015, les données ne concernent que le premier semestre et il n'y a pas d'explication.

Suivi	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments		Nature et quantité des sédiments	
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Nombre de suivis préconisés dans les arrêtés	60	20	60	15	60	20	60	20	60	20	30	10	60	20	60	20	60	20	60	20	60	20
Nombre de suivis effectués	60	20	60	15	60	19	60	16	50	10	30	10	60	20	60	20	60	20	60	20	40	10
% de suivis effectués	100	100	100	100	100	95	100	80	83	65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	50

Tableau 10 : Tableau récapitulatif du suivi des sédiments de 2010 à 2020 :

Les prélèvements sont faits mensuellement ou trimestriellement sans autre précaution que d'éviter les périodes de crues pour des raisons de sécurité.

D'après l'arrêté n° 3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 qui concerne 2 stations de la rivière Kwé Ouest (3A et 3B), il est demandé de faire une surveillance annuelle pour l'analyse des éléments suivants : cadmium, cobalt, cuivre, chrome, chrome VI, manganèse, plomb, zinc, arsenic et nickel. Rien n'indique quel prélèvement mensuel doit faire l'objet de cette analyse ou si c'est un prélèvement supplémentaire.

Il n'y a rien concernant les prélèvements des plages de sédiments (article 8.5.1).

#### Avis BRGM 48

##### Prélèvements

Lorsque des prélèvements ne sont pas réalisés, il serait nécessaire de préciser la raison dans les rapports de suivi annuel.

Il faudrait également préciser quels sont les prélèvements qui regroupent l'ensemble des paramètres demandés.

## 6.7 RESULTATS

### 6.7.1 Interprétation des résultats / traitement des données

#### a) Granulométrie des sédiments

Pendant 10 ans, des sédiments ont été prélevés au niveau de 10 stations. Les prélèvements sont faits de façon à obtenir un échantillon composite représentatif de la largeur du lit du cours d'eau. Il n'y a ni donnée ni photographie pouvant indiquer le nombre de prélèvements et sous quelle hauteur d'eau ils ont été prélevés. L'état des berges n'est pas mentionné et il n'est pas fait mention si la zone peut correspondre à des zones d'accumulation de sédiments.

Dans le premier rapport (2010), il est écrit que les études granulométriques sont sous-traitées au laboratoire Lab'Eau et que les catégories granulométriques ont changées (Tableau 11). D'après les figures dans les différents rapports de 2010 à 2019, il n'y a pas de données sur les fractions « graviers » (> 2000 µm) et « argiles » (< 2 µm). Cette dernière semble être jointe à la fraction des « limons ». Dans toutes les figures montrant la répartition granulométrique, une catégorie est mentionnée comme « sables » alors qu'il est vraisemblable que cette catégorie soit les « limons grossiers ».

Classe	Limites de taille (µm) Laboratoire VNC 2008-2009	Limites de taille (µm) Laboratoire Lab'Eau 2010
Graviers	>1700	>2000
Sables grossiers	1700-220	2000-200
Sables fins	220-45	200-50
Limons grossiers	45-20	50-20
Limons fins (+argiles)	<20	20-2
Argiles		<2

*Tableau 11 : Fractions granulométriques avant et après 2010.*

D'après le protocole décrit dans de Vale sur les méthodes d'échantillonnage (PRO-5102-EN), il a été proposé de faire des granulométries 5 fractions en précisant seulement argile/limon/sable. Il n'y a que dans le rapport de 2010, où les proportions de 5 fractions sont présentées :

- Graviers,
- Sables grossiers,
- Sables fins,
- Sables (erreur, en réalité limons grossiers voir annexe IX du rapport de 2010),
- Limons fins et argiles.

Dans les rapports de 2011 à 2019, les histogrammes ne présentent que 4 fractions :

- Sables grossiers,
- Sables fins,
- Sables (l'erreur se répète dans tous les rapports),
- Limons fins et argiles.

Les résultats sont présentés seulement sous forme d'histogrammes et aucune donnée chiffrée n'est donnée sauf la 1<sup>ère</sup> année. Cette même année sont aussi présentés les taux de graviers mais pas les années suivantes. Pourtant, il semblerait que la fraction correspondant aux graviers a bien été déterminée au moins en 2011 comme on peut le constater sur l'illustration 27. A gauche résultats extraits du rapport DAEM – Livret C – volet B (2015) comparés à droite aux résultats de granulométrie du rapport de suivi de 2011.

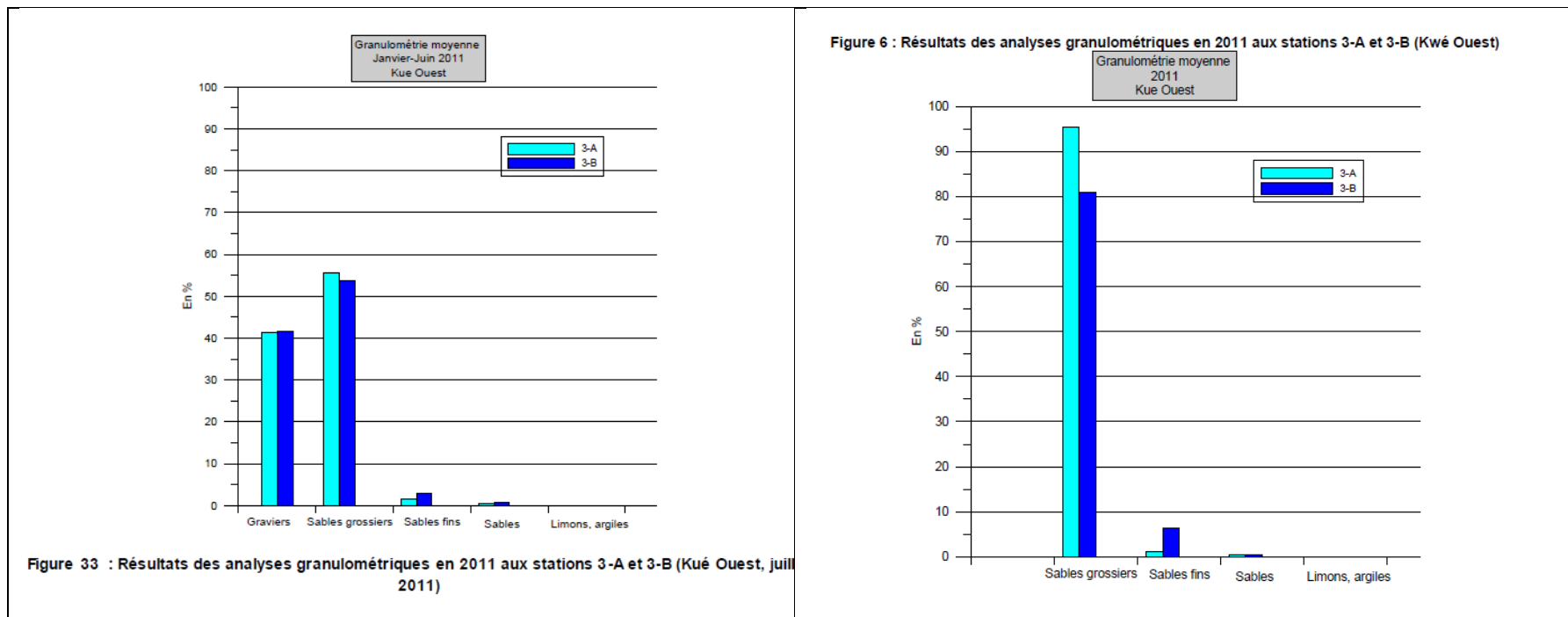
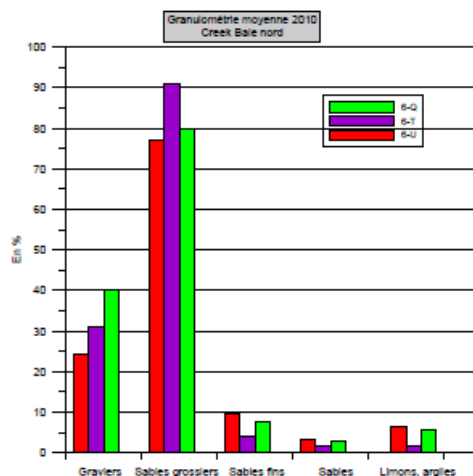


Illustration 27 : Résultats des analyses granulométrique de 2011 des stations 3-A et 3-B extraits (à gauche) du rapport DAEM (2015) et (à droite) du rapport de suivi de 2011.



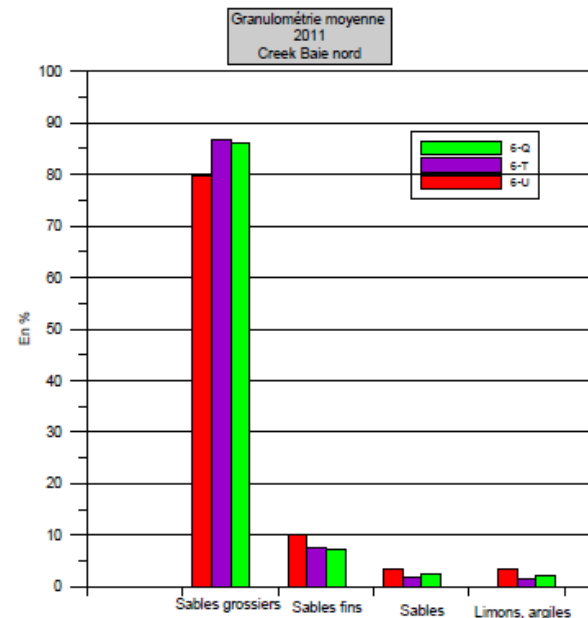
Si cette fraction a bien été déterminée, cela explique pourquoi pendant 10 ans, les sédiments sont toujours décrits comme présentant une granulométrie dominée par les graviers et les sables grossiers. Comme le montre l'illustration 28, les résultats de la fraction « gravier » n'ont été présentés que la 1<sup>ère</sup> année de suivi en 2010, les années suivantes seules 4 fractions sont présentées.



La granulométrie des sédiments dans le creek de la Baie Nord est dominée par des sédiments grossiers (sables grossiers, graviers et blocs de taille plus importante) pour toutes les stations de suivi.

La figure ci-dessous présente les résultats moyens obtenus lors campagnes d'échantillonnage au cours de l'année 2010 aux stations 3-A et 3-B, situées dans la rivière Kwé Ouest.

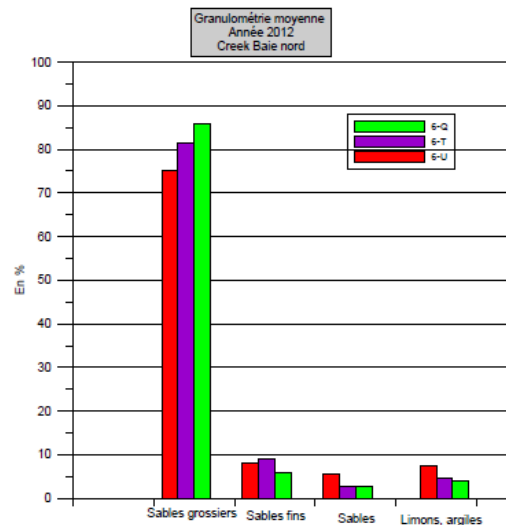
Figure 5 : Résultats des analyses granulométriques en 2011 du Creek Baie Nord



La granulométrie des sédiments dans le creek de la Baie Nord est dominée par des sédiments grossiers pour toutes les stations de suivi.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. La figure 5 présente les résultats moyens obtenus lors des campagnes d'échantillonnage des sédiments sur le creek de la Baie Nord en 2012.

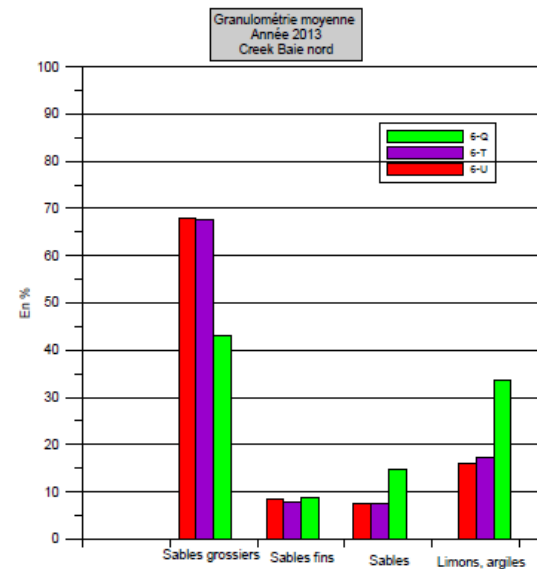
Figure 5 : Résultats des analyses granulométriques en 2012 du Creek Baie Nord



Comme les années précédentes, les résultats des analyses granulométriques en 2012 montrent que la granulométrie des sédiments dans le Creek de la Baie Nord est dominée par des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700 µm.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. La figure 6 présente les résultats moyens obtenus lors des campagnes d'échantillonnage des sédiments sur le creek de la Baie Nord en 2013.

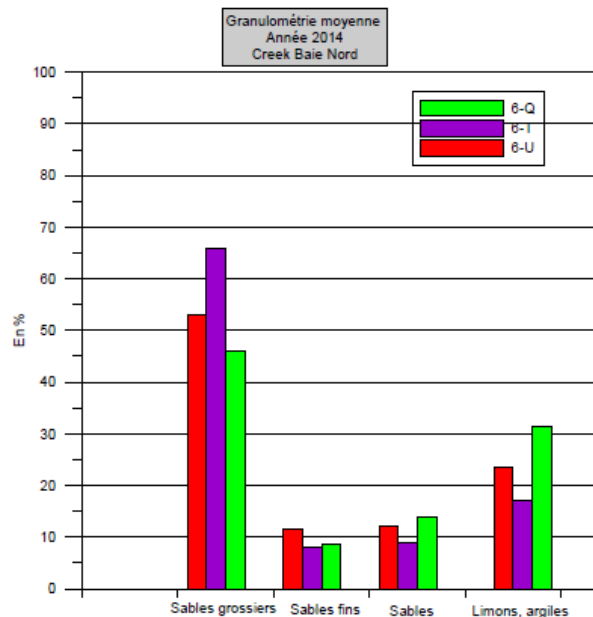
Figure 6 : Résultats des analyses granulométriques en 2013 du Creek Baie Nord



Comme les années précédentes, les résultats des analyses granulométriques montrent que la granulométrie des sédiments dans le Creek de la Baie Nord est dominée par des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700 µm. A l'exception de la station 6-Q, située en amont du Creek de la Baie Nord, où les limons et argiles (taille < 20 µm) sont aussi bien représentée au niveau de cette station.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. Les histogrammes ci-dessous présentent résultats moyens obtenus lors des campagnes de prélèvements des sédiments sur le creek Baie Nord et de la Kwe en 2014.

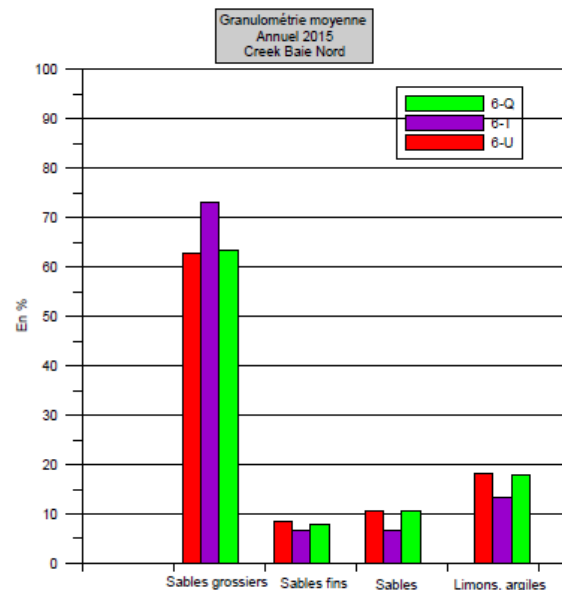
Figure 27 : Résultats des analyses granulométriques en 2014 du Creek Baie Nord



Les analyses granulométriques des sédiments révèlent une dominance des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700  $\mu\text{m}$ . Les limons et argiles (taille  $<20\mu\text{m}$ ) sont aussi bien représentée au niveau des stations du creek de la Baie Nord.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. Les histogrammes ci-dessous présentent les résultats moyens obtenus lors des campagnes de prélèvements des sédiments sur le creek Baie Nord et de la Kwe en 2015.

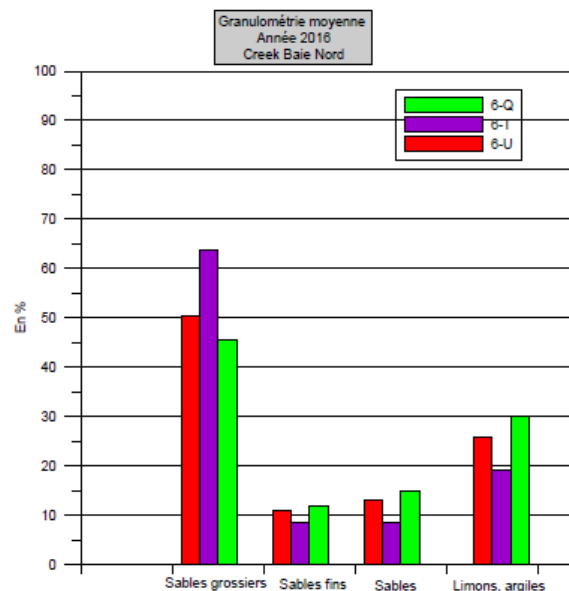
Figure 25 : Résultats des analyses granulométriques en 2015 du Creek Baie Nord



Comme les années précédentes, les analyses granulométriques des sédiments révèlent une dominance des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700  $\mu\text{m}$ . Les limons et argiles (taille  $<20\mu\text{m}$ ) sont aussi bien représentés au niveau des stations du creek de la Baie Nord.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. Les histogrammes ci-dessous présentent les résultats moyens obtenus lors des campagnes de prélèvements des sédiments sur le creek Baie Nord et de la Kwé en 2016.

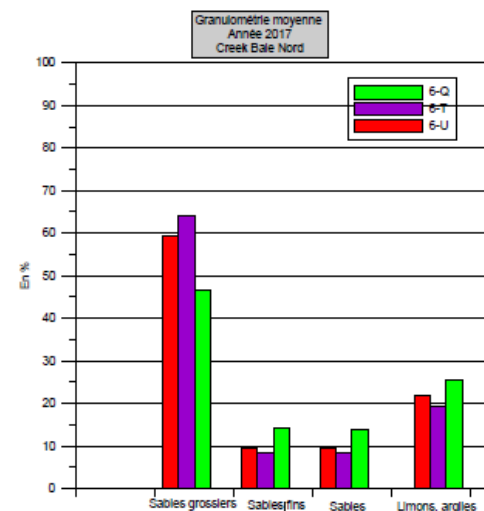
Figure 28 : Résultats des analyses granulométriques en 2016 du Creek Baie Nord



Comme les années précédentes, les analyses granulométriques des sédiments révèlent une dominance des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700 µm. Les limons et argiles (taille <20µm) sont aussi bien représentés au niveau des stations du creek de la Baie Nord.

La nature des sédiments est déterminée essentiellement par la granulométrie des sédiments échantillonnés. Les histogrammes en Figure 41 et Figure 42 présentent les résultats moyens obtenus lors des campagnes de prélèvements des sédiments sur le creek Baie Nord et de la Kwé en 2017.

Figure 41 : Résultats des analyses granulométriques en 2017 du Creek Baie Nord



Comme les années précédentes, les analyses granulométriques des sédiments révèlent une dominance des sables grossiers dont la taille est comprise entre 220 et 1700 µm. Les limons et argiles (taille <20µm) sont aussi bien représentés au niveau des stations du creek de la Baie Nord.



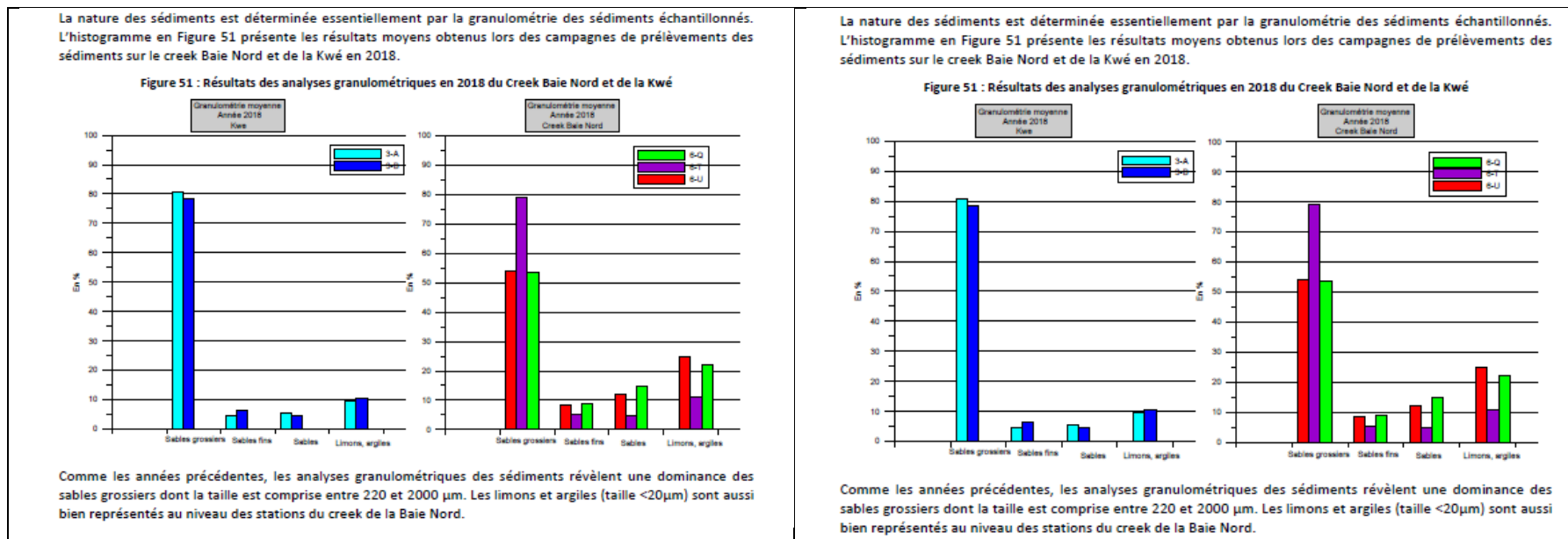


Illustration 28 : Histogrammes des fractions granulométriques de 2010 à 2019 (extraits des différents rapports de suivi)

Le pourcentage de la fraction fine ( $< 20 \mu\text{m}$ ) augmente petit à petit pour atteindre 30 % en 2016 (creek de la baie nord) et pourtant la granulométrie est toujours décrite comme étant grossière. Aucun lien n'est fait avec les résultats de la turbidité (et les MES) qui pourrait expliquer la détérioration de la qualité du milieu comme le montre les résultats de l'indice biotique sédimentaire (IBS).

Aucun résultat de granulométrie n'est présenté dans le dernier rapport de 2020 même si les conclusions sont toujours les mêmes.

Présentée sous la forme d'un histogramme, la moyenne des 12 granulométries effectuées par an ne permet pas de voir s'il peut y avoir des variations durant l'année. Il est difficile d'interpréter ces résultats et de voir ce qu'ils peuvent apporter.

#### **6.7.1.1 Analyses chimiques des sédiments**

L'analyse du chrome VI n'est demandée que dans l'arrêté datant de 2017, pourtant dès le rapport de 2011, les analyses sur certains paramètres sont indiquées comme devant être faites (As, Cd, Co, Cr, chrome VI, Mn, Ni, Pb, Zn et matière sèche) mais il n'y a ni analyse du chrome VI ni analyse de la matière sèche dans aucun des rapports de suivi.

Avant 2010, les teneurs en chrome sont entre 4 et 5 % puis chutent à ~1 % pendant 2 ans pour remonter à 4-5 % avec parfois des valeurs à plus de 10 % jusqu'en 2020 où les teneurs retombent à ~1 % (figures ci-dessous). Les variations sont les mêmes quelle que soit la station. La seule explication donnée serait un changement de laboratoire pour les analyses faites avant 2010 mais rien n'est dit pour expliquer pourquoi les valeurs rechutent en 2020. De plus, ces valeurs sont largement au-dessus des limites de détection des appareils analytiques et il est difficile de comprendre ces variations. Pendant plusieurs années (Illustration 29), les teneurs en chrome sont largement au-dessus des teneurs mesurées en 2000 dans les mêmes rivières et dans la rivière Carénage (entre 0,8 et 1,5 % en Cr ; Tableau 43, Etat initial de la qualité des sédiments, Livret C – Volet B) mais la seule interprétation donnée est : « les teneurs élevées de certains éléments sont considérées comme étant du fond pédo-géochimique ».

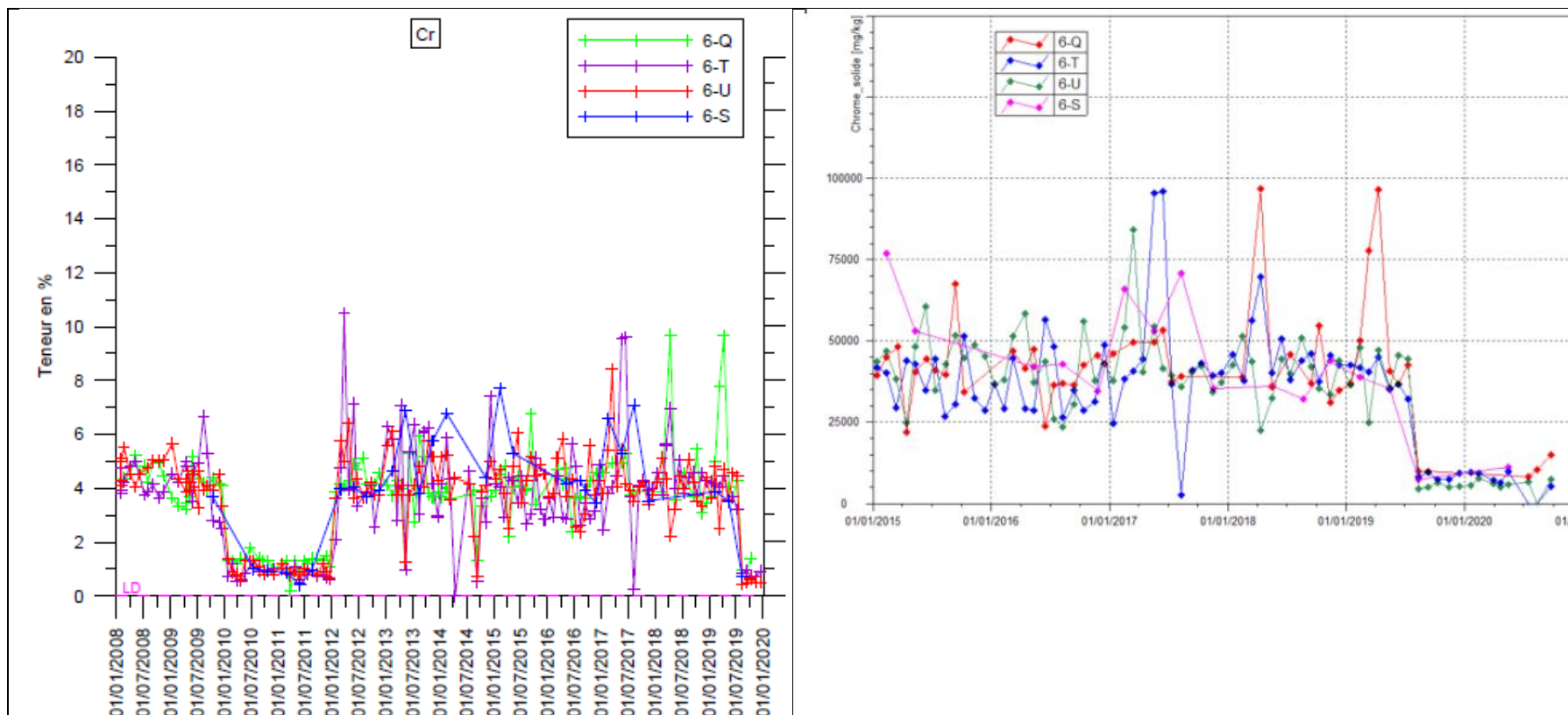


Illustration 29 : (à gauche) données du 01/02/2016 au 01/01/2020 extraites du rapport de suivi de 2019 et (à droite) zoom sur les données de 01/01/2016 à 01/01/2020 extraites du rapport de 2020 (attention les couleurs ne sont pas les mêmes pour les stations des 2 figures).

En général, les données des différentes stations ne sont pas comparées aux gammes des concentrations rencontrées dans les sédiments de la rivière Carénage. Il est nécessaire de faire cette comparaison afin de comprendre pourquoi certains métaux ont des concentrations systématiquement au-dessus des concentrations de référence.

Les variations des concentrations au cours du temps ne sont pas non plus interprétées. Par exemple, la concentration en nickel peut varier du simple au double sur certaines stations et pour d'autres être multipliée par cinq (Station 4 N) sans qu'aucune hypothèse/explication ne soit proposée.

Idem pour le plomb, les concentrations pour toutes les stations chutent toutes vers la mi année en 2019 passant d'un minimum de 50 mg/kg à ~15 mg/kg sans explication.

## **6.7.2 Restitution des résultats de suivi**

### ***a) Contenu du rapport de suivi – interprétation des résultats***

Il est difficile de déterminer si le nombre de stations et le nombre de suivis dans l'année est suffisant car l'interprétation des données n'est pas suffisamment poussée.

Les données brutes des fractions granulométriques et des analyses chimiques ne sont pas présentées sauf dans le rapport de 2010.

Il n'y a pas d'explication sur la façon dont sont calculés les pourcentages des fractions, et il y a un doute sur le nombre de fractions : il est impossible de savoir si la répartition se fait sur quatre fractions comme cela est présenté sur les histogrammes des rapports de suivis ou cinq fractions comme le laisse notamment penser une figure dans le document DAEM de 2015.

Aucun lien n'est fait entre les analyses granulométriques, les résultats de turbidité (et de MES) et les résultats de l'indice biotique sédimentaire (IBS). Pourtant, la comparaison entre ces données aurait permis de voir que le suivi des sédiments tel que proposé n'est peut-être pas adapté.

De même, les analyses chimiques ne sont pas comparées avec les données de l'état initial (DEAM, 2007) où sont mentionnés (Tableau 5 correspondant au tableau 56 dans Volume III section C) les critères retenus pour la qualité des sédiments de rivières par rapport à la rivière Carénage ou les données du Tableau 4 du présent rapport sur l'état initial du site et son environnement (correspondant au tableau 43 du livret C Volet B, même étude RESCAN mais avec un peu plus de détail). Ce dernier donne les teneurs des éléments dans les différentes rivières en 2000.

#### **6.7.2.1 Présentation du rapport de suivi**

Chaque année, il est rappelé que les catégories granulométriques ont changées entre 2009 et 2010. Dans le tableau de présentation des catégories granulométriques, il est écrit : « cinq fractions » avant 2010 et « six fractions » après 2010 et pourtant seules quatre sont présentées dans les histogrammes.

La présentation des résultats annuels des granulométries sous forme d'histogrammes des moyennes des prélèvements mensuels ne permet pas d'identifier des changements.

Chaque année, la liste des paramètres chimiques indique l'analyse du chrome VI et de la matière sèche, mais aucun de ces paramètres n'est présenté dans les résultats des sédiments. Ces deux paramètres sont en fait suivis et apparaissent dans les tableaux des annexes sur la qualité des eaux.

Il en est de même pour la présentation des concentrations en métaux des sédiments, il y a beaucoup de résultats par figure et les échelles des ordonnées « écrasent » les données et il est difficile de se rendre compte de l'évolution des concentrations au cours du temps. Il aurait été intéressant d'ajouter sur les figures les gammes de concentrations de la rivière de référence pour mieux visualiser les écarts par rapport à ce référentiel.

En l'absence des tableaux des données brutes, il est nécessaire de présenter les résultats sur des figures moins chargées et avec des interprétations plus poussées pour comprendre les résultats.

## **6.8 CONCLUSIONS DU BRGM SUR LA SURVEILLANCE ACTUELLE DES SEDIMENTS**

Les analyses ponctuelles faites mensuellement ou trimestriellement ne semblent pas être adaptées pour la surveillance des sédiments. De plus, certains résultats sont présentés sous forme de moyenne annuelle ce qui rend peu lisible toute variation du milieu.

L'analyse chimique des sédiments reflète plus le fond pédo-géochimique de la zone qu'une contamination anthropique due aux activités minières. Une analyse chimique plus ciblée, en particulier sur la fraction fine des sédiments ( $< 20 \mu\text{m}$  voire  $< 2 \mu\text{m}$ ) ou sur les particules en suspension permettrait peut être mieux d'identifier un impact anthropique.

Le suivi mensuel des sédiments n'apporte rien pour identifier un éventuel dysfonctionnement par contre le suivi de la turbidité au niveau des stations existantes est beaucoup plus pertinent et utile car des mesures de correction peuvent être prises rapidement si la turbidité augmente anormalement. Un renforcement du suivi de la turbidité au niveau de certaines stations actuelles (suivi en continu et non mensuel au droit des stations 6-R, 4-M et 4-N), complété par un suivi visuel de l'état des rivières, serait pertinent.



## **7 Surveillance des figures d'érosion**

### **7.1 DOCUMENTS EXPERTISES**

Les documents analysés dans la présente section sont les rapports annuels concernant l'activité minière :

- Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines – Vale NC (ENV\_8) pour les années 2017, 2018 et 2019.

Les annexes contenant les fiches de suivi des figures d'érosion de l'année 2019 sont manquantes ou n'ont pas été fournies par Prony NC.

### **7.2 ENJEUX LOCAUX ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE**

Les enjeux locaux portent principalement sur les infrastructures de la mine (notamment la stabilité des pistes d'accès et le réseau de collecte d'eaux pluviales) ainsi que sur la qualité des eaux de ruissellement.

Cette surveillance fait suite à l'arrêté n° 2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016.

### **7.3 SUIVI DES FIGURES D'EROSION**

#### **7.3.1 Méthode**

En 2017, 6 zones de surveillance ont été sélectionnées dans l'emprise du périmètre de l'exploitation minière selon des critères géomorphologiques via un traitement SIG et des observations de terrain. Les critères de choix sont : l'accessibilité, la pente moyenne et la valeur d'indice potentiel d'érosion mais ne sont pas détaillés dans les rapports de suivi de l'incidence des activités minières. Cet état des lieux initial des zones d'arrachement et d'érosion remarquables a été transmis au service Mines et Carrières de la DIMENC par courrier référencé G-DG-EN-C-20170928-205 du 28 septembre 2017. La carte du fichier AEM\_EROSION\_CARTE\_SUIVI.pdf présente une cartographie de l'indice d'érosion (en t/ha/an) en 5 classes (0-12, 12-50, 50-150, 150-1000 et > 1000 t/ha/an) et le positionnement des 6 points de surveillance.

Les 6 points sont nommés FE GP, FE BSKN, FE CLS, FE KO, FE CPKE et FE VSKE. Cette surveillance a été mise en place par prise de photos (3 points photo par site). La surveillance est assurée par VNC notamment après les événements pluvieux intenses. Il est également mentionné que « l'état du lit des creeks, des berges et de la végétation rivulaire situés en aval immédiat des figures d'érosion retenues seront inspectés annuellement (suivi photographique) ».

Les suivis photographiques des 3 années 2017, 2018 et 2019, sont mentionnés dans les 3 rapports annuels cités précédemment (ENV\_8).

Les conclusions des 3 rapports sont identiques : « Le suivi visuel sur le terrain et l'interprétation des photos montre une stabilité globale des figures d'érosion. La comparaison des images satellites 2017, 2018 et 2019 ne permet pas de détecter des changements dans l'emprise au sol des figures d'érosion. L'interprétation des photos prises sur le terrain confirme le maintien stable des formes et des lignes caractéristiques ». Dans le rapport de 2019, une comparaison des photos satellites de 2017, 2018 et 2019 est également réalisée pour les 6 points. Les fiches de suivi de chaque point sont situées dans les annexes. Les fiches de l'année 2019 n'ont pas été fournies (Tableau 12).

Points de surveillance	2017 Rapport annuel	2018 événement pluvieux intense	2018 événement pluvieux intense	2018 événement pluvieux intense	2019
FE GK	25/08/2017	20/02/2018	05/04/2018	28/09/2018	?
FE BSKN	24/08/2017	27/02/2018	05/04/2018	27/09/2018	?
FE CLS	24/08/2017	27/02/2018	05/04/2018	27/09/2018	?
FE KO	24/08/2017	27/02/2018	05/04/2018	27/09/2018	?
FE CPKE	24/08/2017	27/02/2018	05/04/2018	27/09/2018	?
FE VSKE	25/08/2017	27/02/2018	05/04/2018	27/09/2018	?

Tableau 12 : Dates de suivi de figures d'érosion

### 7.3.2 Fréquence

La fréquence de suivi est adaptée au phénomène (1 surveillance par an puis après les événements pluvieux intenses).

### 7.3.3 Interprétation des résultats / traitement des données

Les figures d'érosion suivies sont des lavakas situés à proximité d'aménagements (notamment des pistes) de l'exploitation minière. Ces figures d'érosions sont très anciennes et semblent stables lorsqu'il n'y a pas de changement d'occupation des sols<sup>18</sup> et ont peut-être été réactivées lors de la création des aménagements mais semblent stabilisées. Elles n'ont en effet pas réagi aux événements pluvieux importants de 2018. Leur suivi doit être poursuivi, ainsi qu'une inspection plus globale du site (en cas d'apparition de nouvelles figures d'érosion).

<sup>18</sup> Brosens L., Broothaerts N., Campforts B., Jacobs L., Razanamahandry V.F., Van Moerbeke Q., Bouillon S., Razafimbelo T., Rafolisy T., Govers G. (2022) Under pressure: Rapid lavaka erosion and floodplain sedimentation in central Madagascar, Science of The Total Environment, Volume 806, Part 2, 150483, ISSN 0048-9697.

#### **7.4 CONCLUSIONS DU BRGM SUR LA SURVEILLANCE ACTUELLE DES FIGURES D'ÉROSION**

Le suivi semble adapté dans l'état actuel des choses et au regard des documents consultés. Les figures d'érosion suivies ont probablement été réactivées par les aménagements miniers. Le suivi actuel doit être poursuivi. En cas de réactivations détectées lors des prochains suivis, un renforcement de la surveillance devra être mis en place aux abords des infrastructures, notamment pistes, retenues d'eau, etc.



## 8 Conclusions et recommandations

### 8.1 SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE

D'une manière générale, les différents réseaux de suivi des eaux souterraines et des eaux de surface sont jugés pertinents pour mesurer les impacts générés pour l'exploitation de PRNC. Des avis visant à améliorer les suivis ont toutefois été formulés par le BRGM dans la présente expertise. Certains autres avis sont plus généraux et concernent certains voire l'ensemble des secteurs.

- Recommandation R1

Les détails relatifs des avis sont fournis dans le présent rapport. Selon les secteurs, ces remarques concernent le nombre de points de suivi, leur localisation, les paramètres suivis et/ou la fréquence de suivi (avis 13, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 38, 40, 41, 42). Une première recommandation (R1) est donc de prendre en compte ces avis pour l'amélioration des plans de suivi.

- Recommandation R2

- Effectuer des vérifications, plus ou moins régulières, des ouvrages de suivi pour garantir la bonne représentativité du point d'accès à l'eau souterraine comme la mesure de la profondeur de l'ouvrage ou la mesure du rabattement au cours de la purge (ceci nécessite de disposer d'un état initial de l'ouvrage comportant un essai de débit ou au moins d'avoir archivé le rabattement initial lors de la première purge de l'ouvrage). L'évolution de ces paramètres peut être un indice de dégradation de l'ouvrage. Une inspection caméra peut également être utile afin de vérifier « *de visu* » l'état de l'ouvrage. Celle-ci peut être réalisée régulièrement (par exemple tous les 8 ans) notamment en cas d'hydrogéochimie « agressive » (comme par exemple des pH faibles ou forts, une biodégradation en cours, de fortes teneurs en fer, manganèse, ...);
- En cas de doute sur le bon état d'un ouvrage, réaliser les contrôles listés ci-dessus;
- En cas de détérioration d'un ouvrage, réparer l'ouvrage si cela est possible, et dans le cas contraire, le remplacer par un autre ouvrage de suivi. Si l'ouvrage présente des détériorations pouvant induire une dégradation de la qualité des eaux souterraines (mises en communication de plusieurs niveaux aquifères, infiltration d'eaux polluées depuis la surface, ...), il conviendra de le reboucher et ce dans le respect de la réglementation en cours.

- Recommandation R3

Réaliser les prélèvements d'un même secteur géographique de façon synchrone, c'est à dire dans un laps de temps le plus court possible au sein des différents compartiments (eaux de surface, eaux souterraines, sédiments et biote) afin de s'affranchir de la variabilité à court terme (événement pluviométrique). Vérifier que ces prélèvements sont bien réalisés aux périodes les plus pertinentes (étiage, basses eaux/hautes eaux) (avis 2).



- Recommandation R4

Augmenter la fréquence des suivis dans les cas suivants :

- Forte variabilité constatée des valeurs mesurées ;
- Tendance significative à la hausse ou à la baisse d'un ou plusieurs paramètres.

- Recommandation R5

En cas d'accident notable ou d'incident (déversement accidentel, fuite de conduite, ...) induisant le déversement dans le milieu de produits présentant des risques pour l'environnement et/ou la santé humaine, vérifier la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines du secteur proche en aval du point de pollution (secteur à définir en fonction de la quantité de substances déversées et des premiers résultats d'analyses) fréquemment (par exemple, quotidiennement pendant au moins une semaine) et ce aussi longtemps que nécessaire jusqu'à ce que le risque associé à la pollution soit acceptable. En cas de pollution persistante, le secteur surveillé sera étendu autant que nécessaire en aval du point de pollution jusqu'à atteindre des ouvrages non impactés.

- Recommandation R6

Revoir le protocole de prélèvement des eaux souterraines en vue de l'analyse des hydrocarbures totaux (avis 1) ainsi que le protocole de remplissage des flacons (avis 1).

- Recommandation R7

Adapter certaines méthodes analytiques afin de disposer de limites de quantification plus basses. Cela concerne en particulier l'ammonium, le phosphore, l'arsenic, le cadmium, le plomb, le zinc et les hydrocarbures totaux (avis 5, 6, 8, 22, 33). Une attention devra également être portée sur la distinction entre les limites de détection et les limites de quantification qui sont parfois confondues (avis 5).

- Recommandation R8

Ajouter le suivi des substances appartenant à la famille des HAP lorsque le suivi des hydrocarbures totaux est déjà réalisé. Le suivi des substances appartenant à la famille des BTEX est également recommandé, *a minima* lors d'une première campagne de caractérisation. Ce suivi sera prolongé en cas de détection des BTEX ou pour les secteurs comportant le stockage et/ou l'utilisation de carburants légers (type essence) (avis 17, 28, 31, 40, 41).

- Recommandation R9

- Ajouter des points de suivi dans les secteurs où des manques ont été identifiés (avis 19, 20, 21, 25, 30, 32, 35, 37, 38) ;
- Répondre aux questions soulevées sur les points de suivi et corriger le cas échéant (avis 17, 18, 19, 25, 27, 38).

- Recommandation R10

Réviser le fond hydrogéochimique naturel des eaux souterraines et eaux de surface à partir d'analyses garantissant une limite de quantification adaptée aux concentrations rencontrées et en s'assurant de la représentativité des points retenus afin de minimiser les biais liés à une variabilité naturelle ou à une influence anthropique (avis 8, 33).

- Recommandation R11

Mieux restituer les résultats du suivi piézométrique en ne présentant pas seulement des graphiques d'évolution des niveaux avec le temps, notamment :

- Généraliser le suivi de la piézométrie dans les différents secteurs (si cela n'est pas déjà fait actuellement ; avis 10, 11, 12, 13, 15) et revoir l'exploitation des résultats en réalisant notamment des cartes piézométriques des différents aquifères, les replacer dans le contexte météorologique de l'année par rapport aux statistiques annuelles et analyser l'évolution des chroniques dans le temps, en lien avec la variabilité saisonnière et annuelle (avis 2, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 30, 36).
- Comparer les niveaux piézométriques mesurés autour du parc à résidus et les niveaux estimés par modélisation (avis 11) ;
- Comparer les niveaux piézométriques mesurés autour de la fosse minière et les niveaux estimés par modélisation : présenter les résultats du modèle actualisé sur la base des données mesurées pour les années à venir (et pas seulement les résultats du calage entre les niveaux d'eau mesurés et les niveaux simulés ; avis 14).

- Recommandation R12

Prendre en compte les remarques faites sur les rapports de suivi en eux-mêmes qui sont consignées dans le présent rapport aux points 4.7.7 (eaux souterraines) et 5.8.7 (eaux de surface).

- Recommandation R13

Aller plus loin dans l'interprétation des résultats des suivis sur la qualité des eaux, notamment :

- Faire des cartes d'extension en cas de panache de pollution avérée (avis 1, 3, 4, 7) ;
- Intégrer les incertitudes analytiques, notamment sous forme de barres d'erreur dans les graphiques d'évolution des concentrations avec le temps ;
- Interpréter les résultats de suivi sur l'ensemble des données historiques, dans la mesure du possible, et non pas par rapport à la seule année précédente (n-1), et déterminer notamment s'il existe des tendances dans les évolutions ;
- Interpréter les résultats à la lumière des variations de la pluviométrie, de la piézométrie, du débit des cours d'eau et des éventuels événements « anthropiques » survenus (changement de protocole de prélèvement, interférence de terrain... ; avis 16).

- Recommandation R14

Mettre en place et utiliser des valeurs de référence auxquelles comparer les résultats de suivi physico-chimique et y associer clairement une ou plusieurs actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de ces valeurs (avis 9, 16, 34). Plusieurs valeurs peuvent être définies pour une même substance afin d'avoir un plan d'action gradué. Par exemple, il peut être envisagé la définition des valeurs suivantes :

- 1) Seuil d'alerte, associé potentiellement à une augmentation de la fréquence de suivi ou du nombre de points de surveillance ;
- 2) Seuil de déclenchement d'action en cas de pollution avérée: Parmi les actions, la priorité doit être donnée à la suppression de la source à l'origine de la pollution. Cela suppose une identification de cette source et ensuite, la mise en œuvre d'actions visant à maîtriser cette source de pollution (réparation de la fuite, pompage/écrémage des produits...).

- Recommandation R15

Au-delà du rapport de suivi annuel, faire un bilan du suivi (tous les 4 ans par exemple) en mettant en perspective les résultats acquis au cours des années précédentes, comme consigné dans le présent rapport aux points 4.7.7 (eaux souterraines) et 5.8.7 (eaux de surface).

## 8.2 SURVEILLANCE DES SEDIMENTS

Dans l'état actuel des données disponibles sur les sédiments, il semble compliqué de juger de la pertinence du suivi mis en place.

Plusieurs recommandations sont proposées :

- Recommandation R16

Reprendre l'ensemble des données sur les sédiments acquises et utilisées dans les rapports de suivi, vérifier les différentes fractions ainsi que les gammes déterminées (4 ou 5 gammes), regarder l'évolution dans le temps et au cours de l'année, revoir les interprétations réalisées.

- Recommandation R17

Revoir les protocoles d'analyses en faisant une analyse chimique plus ciblée, en particulier sur la fraction fine des sédiments ( $< 20 \mu\text{m}$  voire  $< 2 \mu\text{m}$ ) ou sur les particules en suspension permettrait peut-être de mieux identifier un impact anthropique.

- Recommandation R18

Revoir la présentation des données pour les présenter sous forme de tableaux des données brutes, et sur des figures moins chargées, avec des interprétations plus poussées pour comprendre les résultats.

- Recommandation R19

Renforcer le suivi de la turbidité au niveau de certaines stations actuelles (suivi en continu et non mensuel), complété par un suivi visuel de l'état des rivières.

### 8.3 SURVEILLANCE DES FIGURES D'ÉROSION

Le suivi des figures d'érosion semble adapté dans l'état actuel des choses et au regard des documents consultés. Les figures d'érosion suivies ont probablement été réactivées par les aménagements miniers.

- Recommandation R20
  - Poursuivre le suivi actuel ;
  - En cas de réactivations détectées lors des prochains suivis, renforcer la surveillance aux abords des infrastructures, notamment pistes, retenues d'eau, etc.



## **Annexe 1**

### **Tableau de synthèse des remarques**





N°	Recommandation	Réponse du pétitionnaire	Proposition de priorité de la part du pétitionnaire	Avis de l'expert
<b>Eaux souterraines/eaux de surface</b>				
1	Prendre en compte les avis émis dans le rapport	Les 21 avis visés par cette recommandation seront examinés au cas par cas	P2	Pas de nouvelle remarque.
2	S'assurer du bon état des ouvrages de suivi et en cas de doute, réaliser les contrôles adéquats	La vérification de l'intégrité des ouvrages est faite de manière routinière. En cas de dégradation sur les ouvrages de suivi, les ouvrages sont remis en opération. Nous disposons également d'un standard de rebouchage des ouvrages en cas de fin d'utilisation ou de dégradation.	P2	Sauf erreur de la part du BRGM, les éléments relatifs à la vérification du bon état des ouvrages (quelle fréquence ? quels critères ? ...) ou à leur rebouchage n'ont pas été fournis par PRNC au BRGM. Il n'est donc pas possible d'émettre un avis sur ces éléments.
3	Réaliser les prélèvements prévus sur les différents compartiments environnementaux sur un secteur dans un laps de temps le plus court possible	Une étude de faisabilité sera prochainement lancée	P2	Pas de nouvelle remarque.
4	Augmenter les fréquences de suivi en cas de dérive des paramètres suivis ou de fortes variabilités	C'est déjà le cas dans les pratiques actuelles	P1	Remarque maintenue.
5	Vérifier fréquemment la qualité des eaux suite à un accident/incident et aussi longtemps que nécessaire jusqu'à ce que le risque associé à la pollution soit acceptable	C'est déjà le cas dans les pratiques actuelles	P1	Remarque maintenue.
6	Revoir les protocoles de prélèvements et conditionnement des eaux souterraines en vue de l'analyse des hydrocarbures	Evaluation de la faisabilité en fonction de la norme mentionnée par le BRGM (nous sommes en attente de la réception de la norme)	P2	Pas de nouvelle remarque.
7	Adapter certaines méthodes analytiques afin d'améliorer les limites de quantification	Nous allons vérifier la possibilité avec le laboratoire interne	P2	Pas de nouvelle remarque.

N°	Recommandation	Réponse du pétitionnaire	Proposition de priorité de la part du pétitionnaire	Avis de l'expert
8	Ajouter des paramètres de suivi (HAP et BTEX) pour la surveillance des polluants organiques de types hydrocarbures.	Nous allons programmer une campagne ponctuelle pour confirmation de l'absence de polluants organiques. En discussion avec le laboratoire interne pour vérifier la possibilité de baisser les limites de détection en HT, ou identifier des paramètres indirects (ex : COT) permettant de détecter la présence de polluants.	P2	Pour les BTEX, le suivi est recommandé <i>a minima</i> lors d'une première campagne d'échantillonnage mais pour les HAP, au vu des produits stockés ou utilisés, le suivi est recommandé à chaque campagne.
9	Ajouter des points de suivi notamment sur les bassins versants voisins	Nous considérons que la couverture des points de suivi est suffisante pour comprendre et détecter tous changements dans le milieu. Néanmoins, nous regardons en détail la faisabilité d'installer de nouveaux points de suivi par secteur d'influence si besoin.	P2	Recommandation maintenue.
10	Réviser le fond hydrogéochimique	Nous allons partager cette recommandation avec les pouvoirs publics.	P3	Pas de nouvelle remarque.
11	Mieux restituer les résultats du suivi piézométrique	Cette recommandation sera prise en compte dans nos futurs rapports de restitution aux autorités.	P3	Pas de nouvelle remarque.
12	Prendre en compte les remarques sur les rapports de suivi	Nous regardons comment améliorer nos rapports de suivi en conservant l'objectif d'en faire des documents de synthèse	P3	Pas de nouvelle remarque.
13	Aller plus loin dans l'interprétation des résultats de suivi de la qualité des eaux	L'objectif principal de l'exploitant est d'identifier les impacts et vérifier leur cohérence avec les impacts attendus. La valorisation scientifique de ces données est réalisée dans un autre cadre (ex: utilisation de données par le CNRT)	P3	Les recommandations faites portent davantage sur une analyse « de base » des données brutes que sur une valorisation scientifique de ces données.
14	Définir des valeurs de référence pour la comparaison des résultats et des actions associées à leur dépassement	Cela doit faire partie des missions des pouvoirs publics, et non de l'exploitant.	P1	Pas de nouvelle remarque.

N°	Recommandation	Réponse du pétitionnaire	Proposition de priorité de la part du pétitionnaire	Avis de l'expert
15	Faire un bilan du suivi (tous les 4 ans par exemple)	Nous prenons en compte cette recommandation	P3	Pas de nouvelle remarque.
<b>Sédiments</b>				
16	Reprendre l'ensemble des données disponibles	Les objectifs du suivi des sédiments doivent être redéfinis avec les autorités	P3	Maintien des recommandations et nous encourageons vivement à redéfinir un protocole de suivi.
17	Revoir les protocoles d'analyses		P3	
18	Revoir la présentation des données		P3	
19	Renforcer le suivi de la turbidité au niveau de certaines stations actuelles (suivi en continu et non mensuel), complété par un suivi visuel de l'état des rivières	<p>Nous allons échanger avec les pouvoirs publics pour vérifier la pertinence de cette recommandation.</p> <p>Nous notons que le suivi ponctuel de la turbidité n'apporte pas d'informations interprétables et pertinentes ; et nous nous posons la question de la poursuite de ce type de suivi.</p>	P3	Maintien des recommandations.
<b>Figures d'érosion</b>				
20	Poursuivre le suivi actuel et le renforcer en cas d'activation détectée	C'est déjà le cas dans les pratiques actuelles	P1	Pas de nouvelle remarque.



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**