



(ID Modèle = 454988)

Ineris - 206644 - 2747664 - v1.0

20/12/2022

Expertise ayant pour objet l'évaluation de l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) générés par l'usine du Sud – Expertise E6

PRONY RESOURCES NEW CALEDONIA

PRÉAMBULE

Le présent document a été établi sur la base des informations transmises à l'Ineris. La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations fournies.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du présent document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La prestation ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser le document après cette date.

L'établissement du présent document et la prestation associée sont réalisés dans le cadre d'une obligation de moyens.

Au vu de la mission qui incombe à l'Ineris au titre de l'article R131-36 du Code de l'environnement, celui-ci n'est pas décideur. Ainsi, les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre de cette prestation ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur. Par conséquent la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du présent document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour toute utilisation du document en dehors de son objet.

En cas de contradiction entre les conditions générales de vente et les stipulations du présent préambule, les stipulations du présent préambule prévalent sur les stipulations des conditions générales de vente.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction Sites et Territoires

Rédaction : BOUR OLIVIER – AMARA ANIS – MIGNE VIRGINIE – DALLET MELISSA - PASCAL PANDARD – GREAUD LAURIANE

Vérification : BONNARD ROSELINE - BAROUDI HAFID – SANDRINE ANDRES

Approbation : Document approuvé le 20/12/2022 par BAROUDI HAFID

Liste des personnes ayant participé à l'étude : CHARPIN NICOLAS, CREOCEAN, IRD

Table des matières

1	Contexte et objectifs de l'étude	7
2	Construction de l'expertise	8
2.1	Expertise mobilisée	8
2.2	Contours et limites de l'expertise	9
2.3	Documents utilisés	10
3	Synthèse des données d'entrées non spécifiques aux milieux.....	11
3.1	Enjeux de la préservation des ressources et du suivi dans la zone d'influence de Prony Resources NC	11
3.2	Contexte particulier des milieux naturels de la zone de l'Extrême Sud	11
3.3	Contexte lié aux installations de Prony	11
4	Suivi du Milieu air ambiant.....	13
4.1	Réglementation applicable	13
4.2	Polluants à surveiller	13
4.3	Méthodes de prélèvement et d'analyse.....	15
4.4	Points de prélèvement.....	16
4.5	Période de prélèvement	21
4.6	Interprétation des résultats	22
4.7	Conclusion pour le suivi du milieu air.	23
5	Suivi du milieu biologique des eaux de surface	24
5.1	Contexte et objectif.....	24
5.2	Méthodologie utilisée et fréquence de suivi et périodicité	26
5.3	Avis sur la pertinence des suivis existants	27
5.4	Adéquation des indicateurs de suivi.....	33
5.5	Préconisations en matière de suivi de la faune dulçaquicole.....	36
6	Suivi du milieu marin	40
6.1	Présentation du suivi	40
6.2	Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau	41
6.3	Suivi des concentrations en manganèse et nickel dans le champ proche du diffuseur.....	44
6.4	Suivi de la qualité de la matrice sédimentaire	46
6.5	Suivi de densités de flux verticaux de particules.....	47
6.6	Suivi du taux d'accumulation sédimentaire	49
6.7	Suivi du biote	50
6.8	Surveillance de l'herbier de la baie Kwé	57
6.9	Conclusion sur le milieu marin.....	58
7	Suivi de la faune terrestre.....	61
7.1	Contexte général des suivis de la faune	61
7.2	Avifaune	61
7.3	Herpétofaune	65
7.4	Myrmécofaune	69
7.5	Suivi des espèces exogènes (espèces exotiques envahissantes (EEE)).....	71
7.6	Conclusion	73
8	Suivi de la flore	75

8.1	Suivi des espèces rares et menacées (ERMs)	75
8.2	Suivi de l'état de santé de la flore forestière	76
8.3	Suivi des lisières forestières	81
8.4	Suivi de la Ripisylve.....	84
8.5	Suivi annuel de l'état de santé des massifs forestiers par télédétection sur 9 massifs forestiers	
	89	
8.6	Suivi des espèces exogènes pour la problématique de la flore	90
8.7	Synthèse pour la flore terrestre	92
9	Suivi des impacts sanitaires	94
9.1	Aspect méthodologique	94
9.2	Principaux milieux récepteurs et voies d'exposition des populations.....	94
9.3	Analyse critique	97
9.4	Conclusions et recommandations	106
10	Conclusion et recommandations générales	109
10.1	Conclusion	109
10.2	Recommandations opérationnelles générales	109
10.3	Recommandations de développement méthodologique	110
10.4	Synthèse des avis et recommandations par thématique	110
11	Références	113
12	Annexes.....	114

Table des illustrations

Figure 1: Emprise des installations de PRNC (en rouge) sur les différents bassins versants impactés – Source OÉIL.....	17
Figure 2 : Zone d'étude de la caractérisation environnementale des milieux [carte tirée de la DDAE] 18	
Figure 3 : Localisation du site industriel dans son environnement (zone d'après google)	18
Figure 4 : Localisation des stations météorologiques (DDAE)	19
Figure 5 : Localisation des emplacements du suivi de la qualité de l'air (Google earth)	20
Figure 6 : Localisation des stations de suivi de la faune piscicole et carcinologique dans le périmètre des activités de PRNC (Source : Vale Nouvelle-Calédonie, 2020).....	25
Figure 7 : Localisation des stations de suivi de la faune macrobenthique dans le périmètre des activités de PRNC (Source : Vale Nouvelle Calédonie, 2020)	26
<i>Figure 8 : Localisation des stations de suivi physico-chimique (d'après Evolution géochimique des eaux lagonnaires - Rapport de synthèse 2010-2020 »).....</i>	42
Figure 9 Extrait du rapport AEL présentant les résultats de modélisation prédictive.....	45
Figure 10 : Extrait de la localisation des stations faisant l'objet d'une mesure de densité des flux verticaux de particules (ENV_4, AEL, 2019).	48
<i>Figure 11 : Localisation des stations de surveillance du milieu marin, VALE (2020).....</i>	51
<i>Figure 12 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C) de 20 m de long (VALE, 2019).....</i>	53
Figure 13. Localisation des lieux de vie autour du site industriel (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p19)	95
Figure 14. Localisation des captages en eau potable dans la zone d'implantation du site industriel (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p36)	96

Sélection d'acronymes

Acronymes généraux

AEP : Alimentation en Eau Potable
AQMS : Air Quality Monitoring Station
ASQA : Association de Surveillance de la Qualité de l'Air
EEE : Espèces Exotiques Envahissantes
EIE : Eléments Importants pour l'Environnement
ERM : Espèce Rare et Menacée
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
JONC : Journal Officiel de Nouvelle Calédonie
NHC : Nickel Hydroxyde Cake
NOEC : No-Observed-Effect Concentration
OEIL : Observatoire de l'Environnement de Nouvelle Calédonie
PNEC : Predicted No Effect Concentration

Acronymes liés aux méthodes

IBNC : Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie
IBS : Indice BioSédimentaire
IDNC : Indice Diatomique de Nouvelle-Calédonie
IPA : Indices Ponctuels d'Abondance
LIT : Line Intercept Transect
TLV : Transects à Largeur Variable

Acronymes liés aux zones

FN : Forêt Nord
PP : Pic du Pin
PDGK : Pic Du Grand Kaori
SMLT : Stockage de Minerai Long Terme

Résumé

Dans le cadre d'un arrêté, l'inspection des installations classées de la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (DIMENC) a prescrit à Prony Resources NC la réalisation d'études sur sept aspects différents, dont l'étude n°6 qui a pour objet le réseau actuel de surveillance des impacts.

Les avis ont pour objectif d'évaluer si les réseaux et stratégies de surveillance actuels sont 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) et de fournir si besoin des recommandations concernant les moyens et les dispositions permettant d'assurer une surveillance optimale de l'ensemble de ces effets.

Cette usine détenue par Prony Resources NC, a pour objectif d'extraire du minerai latéritique et de le traiter par un procédé hydrométallurgique, visant à produire 60 000 t/an de nickel et 4 500 t/an de cobalt. Les différentes installations comprennent une mine à ciel ouvert, une usine hydro métallurgique, un port et un parc de stockage des résidus. Les rejets ont fait l'objet de plusieurs études de risque en particulier pour ce qui concerne l'impact sur les différents milieux (marin, eaux superficielles et souterraines, air ambiant, milieux terrestres, ...).

Pour répondre à ces questions, l'Ineris a constitué une équipe projet composée d'experts internes à l'institut et d'expert externes (IRD, CREOCEAN, hydrobiologiste) afin de traiter les aspects liés aux milieux/thématique suivants : air ambiant, suivi biologique des eaux superficielles, milieu marin, faune et flore terrestre, impacts sanitaires.

Si les analyses des suivis des milieux expertisés montrent que globalement des efforts importants sont réalisés pour suivre de manière pertinente ces milieux, avec des difficultés propres à chaque milieu pour permettre de discerner l'impact lié à l'exploitation, une situation plus contrastée existe selon les milieux et thématiques en termes de compléments à prévoir pour la mesure des impacts. Des recommandations ou améliorations sont proposées dans chaque section du rapport et une sélection des 25 recommandations / améliorations les plus importantes est reprise en synthèse.

Pour citer ce document :

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, rapport Ineris - 206644 - 2747664

Mots-clés :

Revue critique, réseau de surveillance, usine du Sud, Nouvelle-Calédonie, Prony Resources NC

1 Contexte et objectifs de l'étude

Implanté dans la partie 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 NC, a pour objectif d'extraire du minerai latéritique et de le traiter par un procédé hydrométallurgique, visant à produire 60 000 t/an de nickel et 4 500 t/an de cobalt.

Les rejets, issus des différentes installations comprenant une mine à ciel ouvert, une usine hydro métallurgique, un port et un parc de stockage des résidus, ont fait l'objet de plusieurs études de risque en particulier pour ce qui concerne l'impact sur les différents milieux (marin, eaux superficielles et souterraines, air ambiant, milieux terrestres, ...).

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

Les activités de Prony Resources NC ont fait l'objet d'arrêtés relatifs à la surveillance des milieux prescrivant les mesures, les seuils de polluants et les fréquences.

La surveillance des milieux est spécifiée dans de nombreux arrêtés dont une liste non exhaustive est présentée en annexe 6.

Dans le cadre de l'Arrêté n° 692-2021/ARR/DIMENC du 18 mars 2021, l'inspection des installations classées de la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (DIMENC) fixe à la société VALE Nouvelle-Calédonie S.A.S. des mesures complémentaires relatives à la mesure des impacts de ses installations sisées communes de Yaté et du Mont-Dore. Parmi ces prescriptions figure la réalisation d'études sur sept aspects différents. L'étude n°6 a pour objet le réseau actuel de surveillance des impacts.

Il s'agit de réaliser une revue critique visant à évaluer l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) générés par l'exploitation de l'usine du Sud. Celle-ci doit répondre aux attentes et inquiétudes des populations du Grand Sud.

Les avis rendus devront permettre de définir si les données disponibles sont suffisantes pour répondre aux deux questions précises posées par la DIMENC :

- 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) ?
- Le cas échéant, quels devraient être les moyens et les dispositions permettant d'assurer une surveillance optimale de l'ensemble de ces effets ?

L'Ineris répond aux besoins exprimés dans le cahier des charges transmis en version 2 le 12 octobre 2021 pour la surveillance des impacts sur les milieux suivants :

- air ambiant ;
- eaux superficielles (suivi biologique des macroinvertébrés et de la faune) ;
- milieu marin ;
- sols (faune, flore) ;
- impacts sanitaires.

Les aspects suivants sont traités par le BRGM dans le cadre d'un accord de groupement :

- surveillance de la qualité des eaux souterraines ;
- surveillance de la qualité des eaux de surface sur les volets quantitatifs et chimiques, soit la physico-chimie des eaux et le suivi des sédiments (quantitatif et physico-chimique).

Les aspects complémentaires suivants ont été traités par une sous-traitance :

- surveillance par le suivi de la faune et de la flore terrestre ;
- surveillance par le suivi des stations marines ;
- surveillance biologique des eaux douces.

Des échanges entre l'Ineris et le BRGM ont été réalisés pour permettre une cohérence d'ensemble.

2 Construction de l'expertise

2.1 Expertise mobilisée

L'Ineris, expert en évaluation et prévention et des risques que les activités économiques font peser sur l'environnement, la santé, la sécurité des personnes et des biens, a sollicité une équipe composée de divers spécialistes afin de répondre au mieux à la question posée. L'équipe est composée d'experts internes à l'institut en chimie, évaluation de risques environnementaux et écotoxicologie et d'experts externes.

Tableau 1 : Equipe projet interne mise en place pour l'expertise

Expert	Spécialité	Organisation
Olivier BOUR - <u>Chef de projet pour la mission</u>	Transfert de polluants dans les milieux eaux/sols	Ineris – Direction sites et territoires - Unité TPEC
Lauriane GREAUD – expert pollution des eaux de surface	Surveillance chimique des milieux aquatiques, pollution des eaux	Ineris – Direction Milieux et Impact sur le Vivant
Pascal PANDARD – expert aspects écotoxicologiques	Ecotoxicologie – volet bio surveillance	Ineris – Direction Milieux et Impact sur le Vivant - Unité ESMI
Anis AMARA - expert risques sanitaires	Exposition et évaluation des risques sanitaires	Ineris – Direction sites et territoires - Unité ISAE
Mélissa DALLET - expert risques pour le milieu marin	Evaluation de risque pour les écosystèmes	Ineris - Direction Milieux et Impact sur le Vivant - Unité ETES/cellule mixte Ineris/Ifremer
Virginie MIGNE-FOUILLEN – expert surveillance de l'air	Surveillance chimique du milieu air autour des ICPE	Ineris – Direction sites et territoires - Unité PROX
Roseline BONNARD – expert aspects sanitaires (contrôle qualité)	Exposition, évaluation et modélisation des risques sanitaires	Ineris – Direction sites et territoires - Unité ISAE
Hafid BAROUDI (contrôle qualité)	Environnement minier et impacts environnementaux	Ineris – Direction sites et territoires - Directeur
Sandrine ANDRES (contrôle qualité)	Valeurs de référence pour l'homme et l'environnement, l'exposition environnementale	Ineris – Direction Milieux et Impact sur le Vivant Responsable de l'Unité ETES

Tableau 2 : Equipe externe IRD mise en place pour l'expertise

Expert	Spécialité	Organisation
Eric VIDAL – expert avifaune	Ecologue spécialisé en milieu insulaire, mammifères et oiseaux	UMR Entropie
Hervé JOURDAN – expert herpétofaune	Conservation durable des écosystèmes terrestres insulaires, espèces endémiques et invasives	UMR IMBE
David BRUY- expert Flore	Flore, conservateur de l'herbier de Nouméa	UMR AMAP
Vanessa HECQUET- expert Flore	Flore	UMR AMAP

Tableau 3 : Equipe Externe CREOCEAN mise en place pour l'expertise

Expert	Spécialité	Organisation
Brigitte RAVAIL – expert qualité du milieu marin	Benthos, flore marine	CREOCEAN Polynésie
Fanny SEGUIN – expert récif corallien et mesure	Récif corallien	CREOCEAN Polynésie

Tableau 4 : Expertise du milieu dulcicole

Expert	Spécialité	Organisation
Nicolas CHARPIN – expert milieu dulcicole	Hydrobiologiste-Ictyologiste	Nicolas CHARPIN – expert indépendant

2.2 Contours et limites de l'expertise

L'avis des experts composant l'équipe projet est donné sur la base des éléments factuels présentés dans l'ensemble de la documentation étudiée : rapports, études et bases de données. L'expertise fournie n'a pas eu pour vocation à se substituer aux études, notamment pour compléter d'éventuelles lacunes, ni à réaliser des synthèses de ces études, mais à analyser la méthode employée, les hypothèses formulées et les éventuelles limites.

L'expertise comprend donc les points suivants :

- L'analyse des documents, données, études fournies par Prony Resources NC et autres sources de données jugées pertinentes pour la compréhension des problématiques ;
- La rédaction d'un rapport final de la revue critique comportant la synthèse de la phase d'expertise des documents par thématique (éventuelles difficultés rencontrées, données complémentaires recueillies) et les réponses aux questions posées le cas échéant et/ou des recommandations pour la mise en œuvre d'études ou l'acquisition de données complémentaires pour permettre d'atteindre les objectifs de la demande ;
- La présentation des résultats au comité de suivi mis en place par la Province Sud ou toute autre instance désignée par Prony Resources NC.

L'expertise ne comprend pas :

- Le retraitement des données notamment pour recalcul des modélisations à l'aide de logiciels différents de ceux mis en œuvre dans les études disponibles. Les constats sont réalisés sur la

base des données disponibles, voire sur les données brutes redemandées à l'exploitant et/ou aux bureaux d'études ayant générée les données ou réalisé les modélisations.

- La mise en œuvre des recommandations formulées.

Ce présent rapport constitue le rapport final de la revue critique.

2.3 Documents utilisés

Les documents utilisés ont été listés dans les annexes 1 à 5.

On peut souligner le nombre important de suivis mis à disposition.

De ce fait la documentation a fait l'objet d'une répartition entre experts et la documentation consultée est présentée par milieu du fait de son importance.

Dans les cas où la documentation fournie n'a pas été suffisante (pour le suivi sanitaire des différents milieux, principalement le milieu marin), car les études se sont arrêtées en 2014, les documents ont été recherchés dans ceux fournis pour l'étude E4 (l'évaluation de l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement), sans pouvoir trouver toujours des réponses aux questionnements. Ce manque relatif de données a ainsi été essentiellement rencontré pour les aspects sanitaires.

Dans les milieux naturels, *a contrario*, un nombre très important de données est présent, sans pour autant pouvoir toujours l'exploiter pour la question posée de l'impact du fait du grand nombre de variables susceptibles d'interférer (dont les aspects climatiques) dans ces types de milieu (milieu marin et milieu biologique). De ce fait les suivis réalisés fournissent un très grand nombre de données appréciables pour évaluer la biodiversité du milieu, mais l'utilisation de ces données pour évaluer l'impact de la zone d'influence de Prony nécessite encore des développements méthodologiques ou plus simplement le rapprochement des suivis des zones sources.

De ce fait, dans de rares cas, une consultation du site de l'Observatoire de l'Environnement de Nouvelle Calédonie (OEIL) a été réalisée pour tenter de retrouver une référence non présente, la bibliothèque numérique de l'OEIL étant particulièrement bien fournie.

La seule intervention externe au groupement Ineris-BRGM a été la demande réalisée par l'IRD auprès de la société Bluecham qui présente une expertise particulière qui n'a pas encore fait l'objet de publication, en particulier pour valider certains indices de suivi par satellite de la végétation relatifs à l'étude Végusine.

3 Synthèse des données d'entrées non spécifiques aux milieux

3.1 Enjeux de la préservation des ressources et du suivi dans la zone d'influence de Prony Resources NC

La zone d'influence des installations de Prony jouxte des milieux remarquables protégés tels que les réserves botaniques de forêt humides constituant des reliques des anciennes forêts et la présence de zones marines inscrites au patrimoine de l'UNESCO.

Une des caractéristiques du milieu naturel de cette zone est la présence d'un milieu pauvre en sels nutritifs ayant généré une adaptation de la flore et de la faune. De ce fait, un fort caractère endémique de la flore et de la faune est présent, de l'ordre de 70 %. La pauvreté des sols génère également une croissance lente qui explique la vulnérabilité forte du milieu à des variations rapides anthropiques, dont l'activité minière fait partie.

Un des enjeux du suivi de ces milieux biologiques est donc de pouvoir disposer de suivi d'espèces sentinelles qui réagissent assez rapidement aux variations du milieu pour permettre une adaptation de l'activité minière à ce milieu remarquable ou pour permettre d'identifier les dysfonctionnements potentiels (et adaptations nécessaires) .

Ces espèces sentinelles ou un suivi de type biomarqueurs peuvent être intégrés dans des indices utilisés pour qualifier le milieu. Le milieu des eaux dulcioles de Nouvelle Calédonie dispose ainsi d'une avance avec le développement de 3 indices (l'Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC), l'Indice BioSédimentaire (IBS) et l'Indice Diatomique de Nouvelle-Calédonie (IDNC)) pour quantifier la qualité des eaux douces.

Les eaux superficielles et les eaux marines constituent également des ressources importantes pour les populations locales, pour respectivement l'alimentation en eau potable et pour la pêche.

3.2 Contexte particulier des milieux naturels de la zone de l'Extrême Sud

Le contexte général de cette zone est un contexte de sol latéritique où l'érosion est importante sur le secteur de l'extrême Sud. Celle-ci génère des apports du fait de la grande vulnérabilité des sols et des pentes fortes existantes. La vulnérabilité des sols est principalement liée à la perte de couverture végétale par l'activité minière, les feux, et le développement de zones d'habitat. L'importance des précipitations sur la zone de l'extrême Sud induit un contexte très favorable à la création et à la mobilisation des sédiments.

Les phénomènes cycloniques présentent ainsi un retentissement important dans le lagon du fait de l'apport massif de matériel terrigène. Dans le cas des dolines, on peut craindre une évolution plus rapide vers un comblement ou une modification de celles-ci. Les compartiments biotiques sont en relation étroite avec l'accumulation de sédiments dans une évolution normale, l'accélération de l'évolution pourrait ainsi réduire la diversité des peuplements.

3.3 Contexte lié aux installations de Prony

Le site Prony Resources NC est situé au sud de la Nouvelle-Calédonie, sur les territoires des communes du Mont-Dore et de Yaté. Le site de l'usine se trouve à une altitude comprise entre 150 et 170 m au-dessus du niveau de la mer. Il est entouré de collines au sud, à l'est et au nord, d'altitude comprise entre 200 et 400 m. Au nord-est en limite du site de la raffinerie se situe la Réserve botanique de la Forêt Nord (DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p. 8).

3.3.1 Emprise de l'installation

L'activité de Prony Resources NC devrait s'étendre à l'horizon d'une trentaine d'années d'exploitation minière sur une surface de plus de 700 ha.

L'installation comprend une fosse minière (la mine) de plus de 50 m de profondeur dans le bassin versant de la Kwé. Le minerai est transporté par camion à l'unité de préparation du minerai (UPM) où il est préparé pour être envoyé à l'usine.

L'usine traite le minerai et produit des résidus qui sont stockés dans un bassin dit KO2 de 130 ha.

Le port de Prony reçoit les produits nécessaires à la production (soufre, calcaire, ...) de l'usine et exporte les produits finis.

La fosse minière, les stocks de minerai et de stériles, l'UPM, la zone de dépôt de résidus sont localisés sur la commune de YATE, dans le bassin versant de la Kwé, et les eaux superficielles de cette emprise arrivent dans la Baie Kwé.

L'usine, la base vie, et le port de Prony sont localisés sur la commune du Mont-Dore, les eaux superficielles arrivant dans la Baie de Prony.

3.3.2 Description des installations minières et des rejets attendus

Prony Resources NC exploite le minerai latéritique et saprolitique pour la production de Nickel Hydroxyde Cake (NHC) par procédé d'hydrométallurgie.

Le minerai est mis sous forme de pulpe après criblage, broyage dans l'unité de préparation du minerai (UPM). Cette pulpe est alors traitée dans l'usine (lixiviation à l'acide sulfurique sous pression). Une neutralisation est alors réalisée au lait de calcaire qui génère une production importante de gypse sous forme de résidus. Le traitement du minerai génère des effluents liquides et des résidus à fraction solides. L'unité 285 produit des résidus à fraction solide qui sont stockés dans le parc à résidus KO2.

La production de NHC devrait à terme atteindre environ 40 000 tonnes/an destiné aux besoins des batteries des véhicules électriques.

Une évolution du stockage des résidus est prévue dès 2022 avec une unité de filtre presse permettant d'obtenir des résidus secs qui seront stockés au droit du stockage actuel.

La variation de la qualité du minerai, mais également la mise en sommeil de la raffinerie (procédé d'extraction et de raffinage), modifie l'exploitation du minerai (les types de traitement, dont la neutralisation, réalisés sur le minerai).

Parmi ces installations, la raffinerie en tant que secteur particulier du site industriel de Prony Resources NC est une des principales installations émettrices de polluants dans l'atmosphère (cf. Caractérisation des pollutions, DDAE, Vol III-Etude d'impact Section B).

Les dégagements gazeux issus des installations sont traités. L'ensemble des effluents liquides générés par le fonctionnement de la raffinerie est neutralisé et traité par l'unité de traitement des effluents du site industriel.

Les diverses installations du site Prony Resources NC sont susceptibles de contaminer chimiquement l'environnement via 3 types de rejets/ résidus :

- les rejets atmosphériques : rejets canalisés (principalement par l'usine hydrométallurgique comprenant le secteur de la raffinerie avec 17 sources d'émissions, incluant la centrale de Prony Energies située à proximité immédiate) et rejets diffus (considérés négligeables dans l'étude d'impact de 2007),
- les rejets liquides : effluents liquides traités et rejetés en mer via un émissaire de plus de 20 km de longueur ;
- les rejets solides : résidus stockés dans le parc KO2.

Les aspects liés au suivi des impacts des rejets atmosphériques sont présentés dans les parties liées au suivi du milieu air (rejets atmosphériques), de l'impact des émissions de SO2 sur l'état de santé de la flore forestière, et dans la partie liée au suivi sanitaire.

4 Suivi du Milieu air ambiant

L'air ambiant fait l'objet par Prony Resources NC d'une surveillance comprenant un suivi des gaz (SO_2 et NO_2), des particules en suspensions (PM_{10} et métaux) et des retombées de poussières. La composition chimique des eaux de pluies est également suivie. L'évolution des activités de l'usine (réduction des activités de transformation) et l'extension de l'exploitation de la mine sont susceptibles de modifier les paramètres du suivi.

4.1 Réglementation applicable

Selon l'étude d'impact (Volume III, section C), les valeurs limites des émissions du site industriel (exprimées en flux et en concentration) sont réglementées par :

- L'arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
- Pour la centrale thermique au fioul lourd : l'arrêté ministériel modifié du 20 juin 2002 relatif aux chaudières présentes dans une installation nouvelle ou modifiée d'une puissance supérieure à 20 MW th. Il faut noter que ce texte a été abrogé par l'arrêté du 26 août 2013, lui-même également abrogé par l'arrêté du 3 août 2018.
- Pour les fours à chaux (co-incinération des huiles usagées) : l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux. Or selon l'industriel, depuis le début de l'exploitation, aucune co-incinération des huiles usagées n'a été effectuée.

En plus de ces textes nationaux (dont l'application reste à vérifier), l'installation est également soumise aux arrêtés préfectoraux suivants (liste non exhaustive) :

- L'arrêté ICPE n° 1467-2008 du 9 octobre 2008, paru au JONC le 24 octobre 2008, est la référence de Vale Nouvelle-Calédonie en matière de respect des différents seuils de polluants présents dans l'air ambiant. Cet arrêté prévoit, dans son article 9.5.3.1 la « surveillance de la qualité de l'air » du site de Goro.
- L'arrêté autorisant l'exploitation du site minier (AEM) n°2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 prévoit la réalisation à fréquence semestrielle de mesure de poussières.
- L'arrêté ICPE n° 375-2019 du 8 juillet 2019 fixe des mesures complémentaires relatives à la surveillance de la qualité de l'air à proximité de l'usine de Goro. Cet arrêté remplace et reprend notamment, les dispositions de l'arrêté n°1946-2012 du 5 septembre 2012, émis suite aux investigations sur les raisons du dépérissement d'une formation végétale à proximité du site industriel.

4.2 Polluants à surveiller

Les retombées atmosphériques issues d'une installation sont constituées de gaz et de particules qui restent en suspension dans l'air ambiant (concentration dans l'air) et/ou qui se déposent sur des compartiments environnementaux intégrateurs (sols, végétaux, eaux superficielles) en contact direct avec l'atmosphère (dépôts atmosphériques).

Dans le cadre de l'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) de 2007 conduite par Néodyme, l'ensemble des composés rejetés par l'installation dans l'atmosphère a été synthétisé dans le tableau repris ci-dessous.

Tableau 5 : Composés rejetés dans l'atmosphère par la raffinerie [DDAE Volume III Section D]

Poussières (PM10)
Acide sulfurique
Composés organiques volatils (COV)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore (exprimé en HCl)
Chlore (exprimé en HCl)
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en Cd + Hg + Tl
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en As + Se + Te
Plomb (Pb et ses composés) pour les installations de combustion
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + Pb + V + Zn
Oxydes de nickel ($\text{NiO} + \text{NiO}_2 + \text{Ni}_2\text{O}_3$) exprimé en Ni
Oxydes d'azote
Oxydes de soufre ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$) exprimé en SO_2 pour l'usine d'acide
Oxydes de soufre ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$) exprimé en SO_2
CO

Dans l'ERS, les composés traceurs de l'activité du site choisis sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Composés traceurs retenus

Groupe de composés	Composé traceur	Etat dans l'atmosphère	Type d'effet sanitaire étudié
Poussières	PM10	Particulaire	A seuil
Acide sulfurique	Acide sulfurique	Gazeux	A seuil
COV	Benzène	Gazeux	A seuil Sans seuil
HAP	Benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, di-benzo(a,h)anthracène, indéno(1,2,3-c,d)pérylène	Gazeux et particulaire	Sans seuil
	Fluoranthène, naphtalène	Gazeux et particulaire	A seuil
Composés inorganiques du chlore	Chlorure d'hydrogène	Gazeux	A seuil
Oxydes de nickel	Monoxide de nickel	Particulaire	A seuil Sans seuil
Oxydes d'azote	Dioxyde d'azote	Gazeux	A seuil
Oxydes de soufre	Dioxyde de soufre	Gazeux	A seuil
Eléments traces métalliques	Arsenic inorganique	Gazeux et particulaire	A seuil Sans seuil
	Cadmium	Gazeux et particulaire	A seuil Sans seuil
	Mercure	Gazeux et particulaire	A seuil
	Chrome VI	Gazeux et particulaire	A seuil Sans seuil
	Nickel	Gazeux et particulaire	A seuil Sans seuil
	Plomb	Gazeux et particulaire	A seuil

Selon les résultats de l'ERS, les risques à seuil et sans seuil relatifs à l'exposition aux composés traceurs pris individuellement sont respectivement inférieurs à 1 et acceptables pour les 3 lieux de vie identifiés autour du site industriel à savoir la base vie, PRONY et Port Boisé. Au regard des différentes cartes de modélisation, Port Boisé ne semblent pas être impacté par les émissions de l'installation.

Suite à ces différentes études et conformément aux exigences réglementaires, la surveillance environnementale réalisée porte d'une part sur les dépôts de poussières incluant la mesure des métaux sur les poussières, et d'autre part la mesure en continu des concentrations en SO₂, NO₂ et PM₁₀ (avec une mesure ponctuelle des métaux sur les PM₁₀) dans l'air. Toutefois, il convient de rappeler que le choix de ces polluants s'est basé sur une étude de 2007, et nécessiterait une mise à jour au regard des évolutions de l'installation (arrêt d'une partie de la raffinerie).

D'autre part, si à l'avenir les fours à chaux devaient fonctionner pour la co-incinération des huiles usagées, il serait alors nécessaire de vérifier si cette activité est soumise à l'arrêté de Métropole du 20 décembre 2002. En effet, dans le cadre de cet arrêté, l'exploitant doit mettre en place un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur l'environnement et celui-ci doit concerner au moins les dioxines et les métaux. Le programme de surveillance devrait être alors mis à jour.

4.3 Méthodes de prélèvement et d'analyse

4.3.1 Concentrations dans l'air

Pour le suivi du SO₂, le rapport annuel de campagne mentionne qu'un analyseur est utilisé. Il permet de mesurer en continu la quantité de SO₂ par fluorescence. Ce dernier est généralement utilisé dans les réseaux de contrôle de la qualité de l'air ambiant et répond aux normes NF X43-019 et NF X43-013. Or la norme NF X 43-019 n'est plus en vigueur. Par ailleurs, la norme NF X43-013 fait référence à une méthode spectrophotométrique au thorin et non à la méthode par fluorescence. Aussi, il convient pour réaliser le mesurage de la concentration en dioxyde de soufre par fluorescence UV, de suivre la méthode normalisée en vigueur NF EN 14212.

Pour le NO₂, un analyseur est utilisé. Il permet de quantifier le dioxyde d'azote présent dans l'air par chimiluminescence. La concentration en NO₂ est calculée à partir de la mesure des NOx et du NO. Cet analyseur est généralement utilisé par les réseaux de contrôle de la qualité de l'air ambiant et répond aux normes NF X43-018 et NF X43-009.

Or la norme NF X43-018 n'est plus en vigueur. Il convient pour réaliser le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence, de suivre la méthode normalisée en vigueur NF EN 14211.

Pour le suivi en continu des PM₁₀, le rapport de campagne mentionne l'utilisation d'un analyseur sans préciser sur quelle métrologie il repose. Seules les normes suivantes sont citées NF X43-021, X43-023, X43-017. Or les normes X43-021 et NF X43-023 ne sont plus en vigueur. Et la norme NF X43-017 ne correspond pas à une méthode couramment utilisée. En effet, la méthode normalisée utilisée par les réseaux de surveillance est la norme NF EN 16450 : Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}).

Pour la mesure des métaux sur les PM₁₀, des prélèvements sur filtre ont lieu pendant 1 semaine pendant 1 mois, soit 4 filtres. Les normes NF X43-023 et NF X43-021 sont citées bien qu'elles ne soient plus en vigueur. Il aurait été préférable de citer la norme en vigueur à savoir la NF EN 12341.

L'analyse chimique est ensuite réalisée selon la norme NF EN 14902.

Selon l'industriel, toutes ces mesures sont réalisées depuis 2011 par l'Association Scal Air qui est propriétaire des stations de mesures et en assure la maintenance, ainsi que le traitement et la mise à disposition des données au public.

4.3.2 Dépôts atmosphériques

Pour la mesure des métaux dans les dépôts atmosphériques, un prélèvement par jauge est réalisé selon la norme NF X43-014 pendant 1 mois, avec une analyse des métaux dans un second temps. Pour l'arsenic, cadmium, nickel et plomb, la norme en vigueur est NF EN 15841. Il serait nécessaire d'y faire référence.

Le rapport de campagne mentionne des prélèvements complémentaires de dépôts atmosphériques sur le site industriel selon une méthode non normalisée. Ces prélèvements sont réalisés pour évaluer l'impact sur les travailleurs. Toutefois, il convient de noter que les résultats ne pourront pas être comparés aux résultats de prélèvements réalisés par jauge au niveau des autres emplacements.

4.3.3 Qualité des eaux de pluies

L'ensemble des analyses de la qualité des eaux de pluies est réalisé par le laboratoire interne de Prony Resources NC qui est accrédité ISO 17025 par le COFRAC.

Les normes NF EN 25667-1 et NF EN 25667-2 sont remplacées par la norme NF EN ISO 5667-1

L'échantillonnage et la mesure des teneurs dans les eaux de pluies suivent des méthodes normalisées.

Les paramètres mesurés (sulfates, nitrates, chlorures et pH) sont analysés sur un volume d'eau de pluie de 300 ml recueilli dans une bouteille en verre d'un litre décontaminée.

Un blanc de terrain/d'échantillonnage est réalisé en remplissant le dispositif de prélèvement d'eau de pluie comprenant le couvercle muni d'une grille et d'un filtre Whatman surmontant un entonnoir en plastique.

Il est précisé que « *sur certains paramètres analysés une correction peut être réalisée à partir des résultats d'analyses du blanc* ». L'importance de la correction et les paramètres concernés ne sont pas précisés. On ne peut donc pas savoir si la correction des résultats à partir des résultats d'analyse du blanc est justifiée ou résulte d'une interférence aléatoire.

La durée d'attente de 7 jours après les premières précipitations permet d'échantillonner les eaux de pluies sur une durée plus longue qu'un prélèvement sur 24 h et maximise la récupération des eaux de pluies. L'influence des dépôts de poussières sur le même intervalle de temps est également augmentée.

4.3.4 Conclusion

Pour les différents prélèvements réalisés, plusieurs normes qui ne sont plus en vigueur sont citées. Une mise à jour des différentes méthodes de référence est nécessaire afin de s'assurer de la bonne réalisation des campagnes de mesures.

4.4 Points de prélèvement

4.4.1 Localisation des émissaires

Selon l'étude d'impact, l'installation présente des émissions canalisées atmosphériques au niveau :

- Des installations de combustion (pour la production d'énergie nécessaire aux opérations de traitement du minerai) ;
- Des unités auxiliaires qui produisent les réactifs nécessaires à l'extraction du nickel et cobalt ;
- Des procédés d'extraction et de raffinage (mis en sommeil pour ces derniers).

La totalité de ces rejets est canalisée dans des émissaires dont la hauteur a été calculée conformément à la réglementation en vigueur.

Les émissions diffuses proviennent principalement des installations de stockage de produits chimiques et des opérations de chargement/déchargement de produits volatils. Ces émissions, considérées négligeables dans l'étude d'impact de 2007, n'ont potentiellement un impact que sur la flore (Cf. Chapitre 8). Des émissions sporadiques de SO₂ provenant de départs de feux du parc à soufre et des incidents sur la zone de production d'acide sulfurique sont également à prendre en compte.

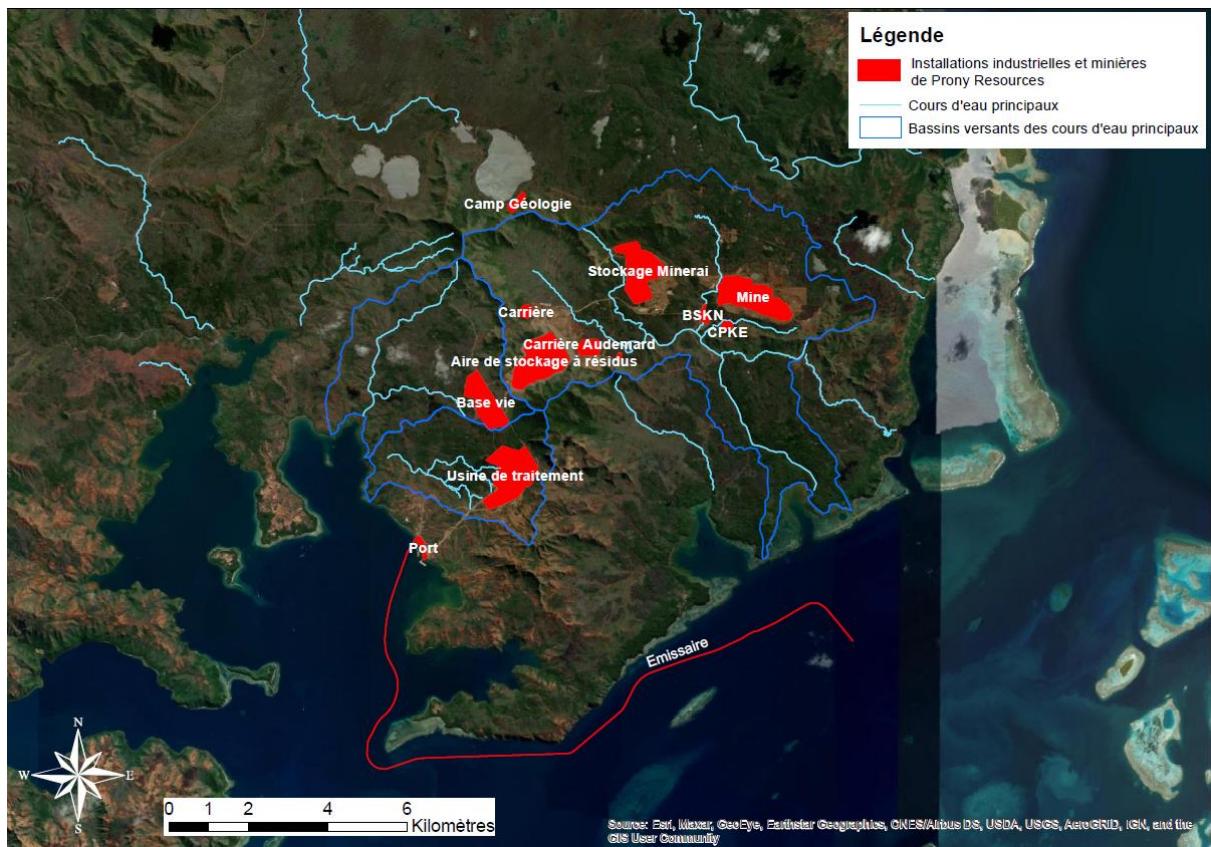


Figure 1: Emprise des installations de PRNC (en rouge) sur les différents bassins versants impactés – Source OIEL

4.4.2 Contexte populationnel et environnemental

Selon les substances et selon l'usage des milieux, l'exposition des populations peut se faire directement par inhalation ou indirectement par ingestion. Ainsi, pour qu'une surveillance de l'air autour d'une installation industrielle soit la plus pertinente possible, il est essentiel de localiser les zones qui pourraient impacter la population générale soit par inhalation soit par ingestion.

Dans la DDAE, la carte ci-dessous présente les différentes parties du site industriel avec ses émissaires.

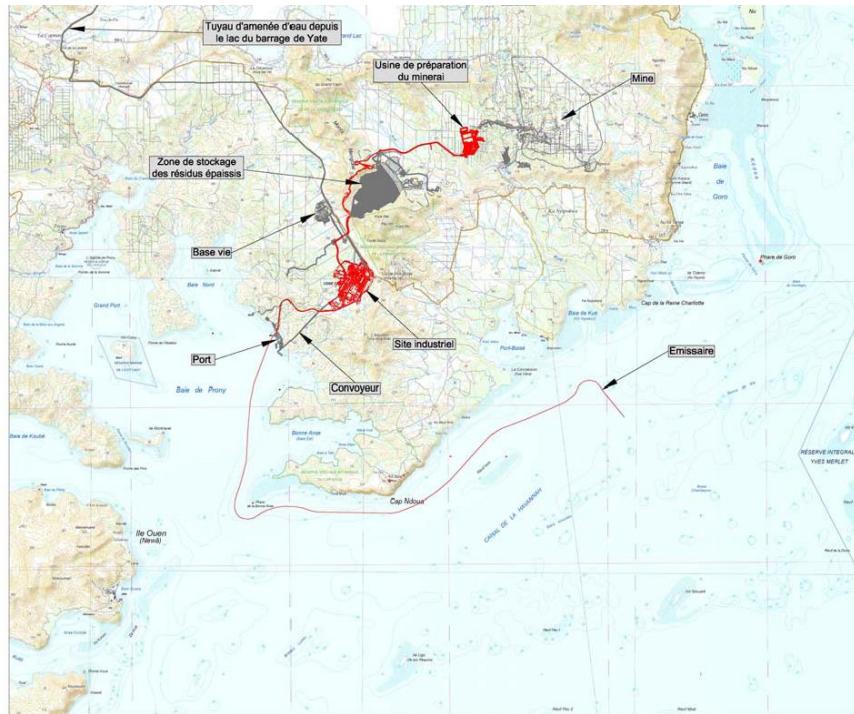


Figure 2 : Zone d'étude de la caractérisation environnementale des milieux [carte tirée de la DDAE]

La Figure 3 présente le site au regard de la population générale qui peut se trouver à proximité ou éventuellement des parcelles à enjeu sanitaire (pâture, jardin...). Nous constatons que le premier hébergement touristique se trouve à 5 km au sud du site au niveau de Port Boisé. La tribu de GORO et le village de PRONY se trouvent à 10 km respectivement à l'est et à l'ouest du site. Enfin, toutes les tribus référencées se situent à plus de 10 km du site. La « base vie » située entre le site industriel et la zone de stockage est la plus susceptible de présenter un risque sanitaire étant donné sa proximité. Par ailleurs, l'environnement autour du site est composé à 80% de maquis et 20% de forêt, typologie qui n'est pas considéré comme vecteur de contamination de la population générale à l'instar des champs de culture par exemple.



Figure 3 : Localisation du site industriel dans son environnement (zone d'après google)

Ainsi, d'un point de vue sanitaire, la surveillance des retombées atmosphériques (qui, pour rappel, incluent les concentrations dans l'air et les dépôts atmosphériques) ne nécessite pas un nombre de prélèvements conséquent ; à minima elle doit comporter un emplacement à la base vie et un

emplacement témoin. L'étude des conditions météorologiques va permettre de compléter si nécessaire les emplacements pour lesquels un enjeu pourrait être mis en évidence.

4.4.3 Conditions météorologiques

Afin de localiser les zones les plus exposées, une étude des conditions météorologiques peut être réalisée. L'étude d'impact disponible présente les conditions météorologiques basées sur différentes stations météos disponibles (Cf. Carte ci-dessous).

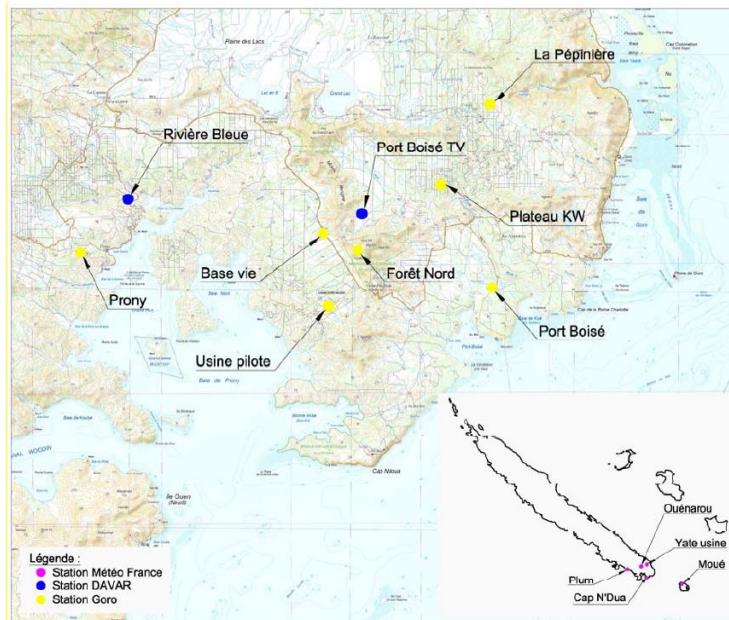


Figure 4 : Localisation des stations météorologiques (DDAE)

La station Ouénarou est la station Météo France la plus proche ; elle se situe à moins de 3 km du site. Les autres, du fait de leur distance, ne peuvent être considérées comme représentatives des conditions météorologiques du site. Par ailleurs, l'exploitant avait également installé trois stations météo et quatre stations anémométriques réparties sur et autour de son site industriel. Suite à une étude de rationalisation de Météo France, le suivi météorologique est depuis 2010-2011 assuré par Météo France au niveau de 2 stations complètes (pluviométrie, vent et rayonnement) sur le site de l'usine (Station Usine), et au nord du gisement pour la Mine (station Ancienne Pépinière).

Au niveau des précipitations, la région présente deux saisons bien distinguées : de mi-novembre à mi-avril (saison chaude) avec des très fortes précipitations et de mi-avril à mi-novembre (saison fraîche) avec des précipitations plus modérées.

L'installation se situe dans une zone très venteuse soufflant principalement d'Est Sud-Est. De forts vents de l'ouest sont enregistrés en saison fraîche. Les vents de faible intensité sont rares dans cette zone. A cela s'ajoutent les cyclones tropicaux que peut subir cette région.

Les conditions météorologiques enregistrées au niveau de l'installation présentent des conditions très dispersives. Le plan d'échantillonnage devra alors se focaliser sous les vents de l'installation. Des points d'échantillonnage pourront être positionnés à différentes distances de l'installation en fonction de l'enjeu sanitaire.

A ce jour le suivi de la qualité de l'air est effectué conformément à la réglementation au niveau de quatre emplacements présentés sur la carte ci-dessous.



Figure 5 : Localisation des emplacements du suivi de la qualité de l'air (Google earth)

Le tableau suivant présente le suivi réalisé au niveau des différents emplacements tels qu'ils sont détaillés dans les rapports de campagne.

Tableau 7 : Programme de surveillance (complété)

Emplacement	Distance du site (km)	Polluants	Période
Base Vie	2,4 (N)	SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀	En continu
		Métaux (As, Cd, Ni, Pb, Hg) sur PM ₁₀ dans l'air	2 campagnes d'1 mois
		Dépôts poussières + métaux (As, Cd, Ni, Pb, Hg)	1 campagne d'1 mois
Utilité	Sur site	SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀	En continu
Forêt Nord	1,6 (N)	SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀	En continu
		Métaux sur PM ₁₀ (As, Cd, Ni, Pb, Hg) dans l'air	2 campagnes d'1 mois
Port Boisé (Arrêté depuis fin 2019)	6,8 (E-SE)	Dépôts poussières + métaux (As, Cd, Ni, Pb, Hg)	2 campagnes d'1 mois
		Dépôts poussières + métaux (As, Cd, Ni, Pb, Hg)	1 campagne d'1 mois

Dans les rapports de campagne, une confusion est constatée entre le suivi des poussières dans l'air et dans les dépôts atmosphériques entraînant des erreurs dans certains tableaux.

L'emplacement « Forêt Nord » ne répond pas à l'objectif d'une surveillance environnementale d'un site industriel, à savoir le suivi de l'impact des rejets atmosphériques sur la population générale. Il doit alors être utilisé pour le suivi de l'impact de l'installation sur la végétation non consommée. Dans ce contexte,

l'expertise du suivi nécessiterait de mieux connaître les objectifs et la cible (flore, faune) pour émettre un avis. Il semblerait que la cible retenue soit essentiellement la flore. De ce fait l'emplacement forêt Nord se justifie par la proximité de l'installation et le statut de réserve de cette forêt.

La qualité des eaux de pluies est suivie sur 7 emplacements, comportant 4 emplacements plus ou moins proche des 4 emplacements de suivi de qualité de l'air, un emplacement en aval lointain (Prony) et deux emplacements faisant fonction de témoins (chute de la madeleine – station limni ; parc provincial de la rivière bleue – station pluvio Ouenarou).

Le suivi mené à l'emplacement « Utilité » n'a pas pour objet de répondre au suivi de l'impact de l'installation sur la population générale. La station « utilité » fournit des informations utiles pour le suivi de la formation rivulaire de chêne gomme impactée par les émissions des installations et les incidents liés à la combustion du soufre.

Du fait des dimensions de l'installation, cette station ne peut suivre toutes les zones d'émissions susceptibles d'impacter en aval la formation rivulaire impactée. Nous proposons donc que la station mobile puisse être utilisée comme par le passé pour compléter le suivi de la station « utilité », en particulier pendant la période de plus grande activité de l'usine.

Un suivi complémentaire des dépôts de poussière a été effectué au niveau de deux emplacements situés au cœur de la mine afin d'évaluer l'impact sur les travailleurs. La méthode de prélèvement n'étant pas détaillée et réalisée selon une norme de référence, les résultats ne pourront être utilisés qu'à titre qualitatif et ne pourront pas être comparés aux résultats des autres emplacements. Et pour rappel, du fait de leur localisation, ces deux emplacements ne répondent pas à l'objectif d'une surveillance environnementale mais à l'impact sur les travailleurs.

Pour la surveillance environnementale menée jusqu'en 2019, seuls deux emplacements pouvaient répondre à l'objectif : « Base Vie » et « Port Boisé ». Au regard de la rose des vents et des données fournies dans le doc de DDAE de 2007, « Port Boisé » pourrait être considéré comme emplacement témoin en le justifiant mais n'est pas présenté comme tel dans les rapports, et « Base vie » comme emplacement impacté. Selon l'arrêté 375-2019/ARR/DIMENC, l'emplacement « Port Boisé » n'est plus suivi.

Une stratégie de mesure adaptée et proportionnée aux faibles enjeux sanitaires du site et des conditions de dispersion pourrait s'appuyer sur une surveillance faite au niveau de la base vie (en cours) et au niveau d'un point témoin (défini à partir d'une modélisation récente ou d'un emplacement remplissant les mêmes fonctions en le justifiant)

De plus, afin de pouvoir interpréter au mieux les résultats, il conviendrait de faire un suivi équivalent (même polluant, même méthode, même période) au niveau de ces deux différents emplacements. Or à ce jour, ce n'est pas le cas.

La localisation précise se fera en fonction des possibilités logistiques disponibles sur le terrain (sécurité du matériel, électricité...)

L'exploitant a fait part à l'Ineris de l'occupation non permanente du village de Prony. Du fait de cette occupation non permanente et de la distance de ce point à l'usine, l'étude de dispersion permettra de statuer sur la nécessité ou non de faire un suivi complémentaire au niveau du village de Prony.

4.5 Période de prélèvement

Pour le SO₂, NO₂ et PM₁₀, le suivi a lieu en continu. Pour la mesure des métaux sur les PM₁₀ dans l'air, deux campagnes d'un mois ont été réalisées (une en saison chaude et l'autre en saison fraîche de manière concomitante au niveau de « base vie » et « Forêt nord »).

En revanche, pour le suivi des dépôts atmosphériques, en 2019, l'unique campagne mensuelle n'a pas eu lieu sur les mêmes périodes au niveau des deux emplacements « Port Boisé » et « Base vie » répondant à l'objectif d'une surveillance environnementale.

Il convient de rappeler qu'une surveillance environnementale doit être menée sur tous les emplacements sur la même période, avec les mêmes méthodes de prélèvements et d'analyses. De plus, pour interpréter au mieux les résultats et savoir dans quelle mesure les points impactés ont été sous les vents, il est nécessaire de faire lien avec les conditions météorologiques enregistrées au cours de la campagne.

En 2019, 4 campagnes de prélèvements et de mesures des eaux de pluies ont été réparties sur l'année. On note que systématiquement l'équivalent d'un paramètre n'a pu être mesuré sur les 4 prévus (pH, sulfates, nitrates, chlorures, paramètre nitrate pour la campagne de juin 2019).

4.6 Interprétation des résultats

4.6.1 Interprétation de la surveillance environnementale

L'interprétation des résultats concernant la qualité de l'air a été expertisée ici uniquement sur les deux emplacements qui répondent à une surveillance environnementale (population générale) à savoir « Base vie » et « Port boisé ».

Les différentes mesures réalisées en continu (NO_2 , SO_2 et PM_{10}) ont été comparées aux différentes valeurs de référence disponibles : objectif de qualité de l'air ambiant, seuils de recommandation et d'information, seuils d'alerte, valeurs limites pour la protection de la santé humaine ou de la végétation/écosystème. Entre 2017 et 2019, on constate une diminution constante des concentrations au niveau de tous les emplacements suivis. La station mobile n'a assuré aucune surveillance en 2018 et 2019. Ces mesures n'ont pas été réalisées à « Port boisé ». Au niveau de « Base vie », aucun dépassement des valeurs de référence n'a été relevé.

Les moyennes annuelles des concentrations en nickel, cadmium, arsenic et plomb sont inférieures aux valeurs cibles données par la Directive n°2003-0164. Il aurait été intéressant de faire une comparaison des concentrations au fil des années pour évaluer leur évolution.

Pour les dépôts atmosphériques, les campagnes menées à « Base vie » et « Port boisé » n'ayant pas eu sur la même période, il n'est pas possible de comparer les résultats. Il semble y avoir des dépôts importants en zinc et nickel. Afin d'améliorer la surveillance des dépôts, il conviendrait de réaliser a minima une campagne commune lors de la saison chaude, période au cours de laquelle il semble y avoir les dépôts les plus importants.

Pour finir, l'Ineris recommande que les conditions météorologiques mesurées durant les campagnes mensuelles soient utilisées dans l'interprétation des résultats.

Concernant la qualité des eaux de pluie, il est précisé qu'aucune valeur réglementaire n'est applicable, aussi seule une vérification des tendances est effectuée en utilisant l'historique et les stations hors influence.

La qualité des eaux de pluie semble suivre la même évolution quel que soit le site de mesure, mais des variations plus ou moins concomitantes dépassant une « ligne de base » sont observées sur plusieurs stations sur les paramètres sulfates et chlorures (Usine, Forêt nord, Base-vie, Prony) principalement. Ici également, seules les conditions météorologiques permettraient de tenter d'évaluer l'importance des différentes paramètres (usine, embruns marins, ...).

4.6.2 Interprétation de la surveillance pour la protection de la flore

Les aspects liés plus particulièrement à la flore (suivi symptomologique) sont décrits dans la partie 8 (Suivi de la Flore).

Ce suivi a pour but principal de répondre aux questions concernant les impacts des émissions (de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote) sur une formation végétale rivulaire à proximité du site industriel, sur la forêt Nord ainsi qu'aux alentours du complexe industriel.

Des valeurs limites pour la protection des végétaux provenant de l'arrêté d'autorisation servent de valeurs guides pour le suivi réalisé. Les expérimentations de fumigations de SO_2 de 7 espèces végétales dont le chêne gomme (une des espèces plus particulièrement impactées sous les vents de l'usine) ont montré que la valeur maximale autorisée pour le centile 99,9 (570 microg/m³) des moyennes horaires est assez proche des valeurs évaluées pour l'absence de symptômes foliaires pour les 7 espèces étudiées de la flore. Du fait de la flore et faune endémique très particulière, il est difficile de se prononcer sur le caractère protecteur ou non de cette valeur limite pour les autres espèces.

Aucune valeur mesurée de SO_2 ne dépasse la valeur limite pour la protection des écosystèmes pour la station forêt Nord. Des dépassements sont relevés sur la station « utilité » sur 4 périodes en 2019

représentant des incidents (feu de gâteau de soufre dans la zone de l'usine d'acide, feux de soufre dans la zone de l'usine d'acide, feux dans la zone de stockage de soufre, rejet de SO₂ lors du redémarrage de l'usine d'acide).

Ces émissions plus ou moins diffuses se sont traduites par des symptômes foliaires sur des zones plus ou moins étendues, à proximité du site et en lisière, pour les émissions diffuses au niveau du sol, et sur une plus grande étendue pour les émissions en cheminée.

Une interprétation plus précise nécessiterait de coupler les informations liées aux incidents (les moyennes horaires) avec les directions des vents pendant ces mêmes périodes. Cette interprétation permettrait de vérifier que l'emplacement de la station utilité permet de détecter et d'évaluer les incidents liés au parc à soufre et à l'usine d'acide, pour les périodes de fonctionnement de l'usine et les régimes des vents associés à cette période de fonctionnement.

4.7 Conclusion pour le suivi du milieu air.

Si la méthodologie appliquée pour le suivi répond globalement aux besoins, sous réserve des améliorations proposées à apporter, il se pose les questions de la stratégie de suivi. Le réseau comprend en effet plusieurs stations dont les objectifs de suivi, voir les méthodes de suivi (suivi sur le site industriel), sont différents.

Pour la surveillance environnementale, une stratégie de mesure adaptée et proportionnée aux faibles enjeux sanitaires du site et des conditions de dispersion pourrait s'appuyer sur une surveillance faite au niveau de la base vie et d'un point témoin (défini à partir d'une modélisation récente ou d'un emplacement remplissant les mêmes fonctions en le justifiant)

De plus, afin de pouvoir interpréter au mieux les résultats, il conviendrait de faire un suivi équivalent (même polluant, même méthode, même période) au niveau de ces deux emplacements.

Du fait de l'occupation non permanente du village de Prony et de la distance de ce point à l'usine, l'étude de dispersion permettra de statuer sur la nécessité ou non de faire un suivi complémentaire au niveau du village de Prony.

Pour la surveillance à visée forestière, nous proposons de vérifier le bon emplacement de la station utilité et de prévoir un renforcement (par la station mobile ou par tout autre moyen) si l'emplacement ne permet pas de détecter les émissions des deux principales sources identifiées, à savoir le parc à soufre et l'usine de production d'acide, dans les limites des contraintes techniques de mise en place.

Une optimisation de l'utilisation de la station mobile est possible, en considérant un suivi semestriel sous les vents des sources d'émissions de SO₂ non couvertes par la station « utilité ».

Une surveillance pendant les mêmes périodes présentant plus clairement les liens avec les conditions météorologiques serait utile, comprenant la saison chaude où des dépôts atmosphériques notables en zinc et nickel seront à confirmer. De manière générale, l'utilisation des conditions météorologiques mesurées durant les campagnes mensuelles est à développer pour l'interprétation de tous les résultats (qualité de l'air, dépôts atmosphériques, qualité des eaux de pluies).

5 Suivi du milieu biologique des eaux de surface

Cette partie a été traitée par Nicolas Charpin, expert indépendant Hydrobiologiste et Ichtyologue

5.1 Contexte et objectif

Actuellement, deux réseaux de suivi biologique sont établis dans le cadre de la surveillance des eaux de surface situées dans le périmètre des activités minières et industrielles. Ces réseaux s'appuient sur l'étude de deux grands groupes faunistiques ; d'une part les poissons et les crustacés décapodes (regroupés sous la terminologie « ichtyofaune et carcinofaune ») et, d'autre part, les macroinvertébrés benthiques (regroupés sous la terminologie « macrofaune benthique »).

L'objectif des suivis dulçaquicoles est de répondre à la réglementation actuellement en vigueur en matière d'évaluation de la qualité biologique des milieux aquatiques vis-à-vis des activités exercées par le complexe PRNC dans le secteur du Grand Sud calédonien.

Des prescriptions techniques relatives à la prévention des risques, des pollutions et des nuisances dont un programme de suivi des eaux de surface et des milieux dulçaquicoles précisant notamment le(s) compartiment(s) biologique(s) à suivre, les méthodologies à employer, la fréquence d'échantillonnage et la restitution des résultats obtenus sont annexées à ces arrêtés.

5.1.1 Ichtyofaune et carcinofaune

Un réseau de surveillance des communautés piscicoles et carcinologiques existe depuis 2009. Celui-ci a évolué au cours des années en termes de nombre de stations. Les 23 stations de suivi se répartissent sur 6 bassins versants (Figure 6). Le bassin versant de la Kwé est le bassin le plus représenté en termes de nombre de stations. Certaines stations ne sont plus suivies depuis 2016 (stations de la Kuébini, KUB-40 et KUB-50) et seule une station a été inventoriée sur le creek Baie Nord lors du dernier suivi réalisé en 2020 (ECOTONE, 2021). Le réseau de suivi des poissons et des crustacés décapodes d'eau douce établi dans le périmètre des activités minières et industrielles de PRNC comptabilise actuellement un total de 16 stations.



Figure 6 : Localisation des stations de suivi de la faune piscicole et carcinologique dans le périmètre des activités de PRNC (Source : Vale Nouvelle-Calédonie, 2020)

5.1.2 Macrofaune benthique

Deux types de milieu sont étudiés ; les cours d'eau appelés également milieux aquatiques lotiques, et les dolines et lacs temporaires et permanents dits milieux lenticques. Le réseau de suivi des macroinvertébrés benthiques est donc composé, à l'heure actuelle, de 16 stations d'échantillonnage en milieu lotique et de 2 stations en milieu lentique ; soit un total de 18 stations (Figure 7).

D'autres bassins versants et/ou stations de suivi ont été étudiés par le passé. Entre 2012 et 2016, le bassin versant de la Truu comprenait 2 stations de suivi supplémentaires, TR-03 et TR-05. Le bassin versant de l'Entonnoir était également étudié au travers d'une station de suivi lotique. Le bassin versant de la Wadjana se composait, quant à lui, de 2 stations sur la doline permanente appelée Xéré Wapo et de 2 stations sur le Lac Robert. S'ajoutaient ainsi au réseau de suivi des macroinvertébrés benthiques 3 stations en milieu lotique et 4 stations en milieu lentique ; représentant un total de 25 stations jusqu'en 2016.



Figure 7 : Localisation des stations de suivi de la faune macrobenthique dans le périmètre des activités de PRNC (Source : Vale Nouvelle Calédonie, 2020)

5.2 Méthodologie utilisée et fréquence de suivi et périodicité

5.2.1 Méthodologie d'échantillonnage

5.2.1.1 Ichtyofaune et carcinofaune

La méthode d'échantillonnage utilisée afin d'étudier les communautés piscicoles et carcinologiques sur les cours d'eau du présent réseau de suivi est la pêche électrique), technique largement utilisée.

Le protocole d'échantillonnage appliqué lors de la dernière campagne d'inventaire piscicole a partiellement suivi la nouvelle méthodologie (ECOTONE, 2021), à savoir le nouveau guide méthodologique et technique rédigé par l'Agence Française pour la Biodiversité en 2018.

Aucune méthode biologique d'évaluation de la qualité des eaux calédoniennes n'a, à ce jour, été développée pour ce compartiment faunistique. Néanmoins, plusieurs outils et métriques biologiques sont utilisés afin de caractériser l'état des communautés ichtyennes et carcinologiques dans le cadre de ces études (BIOEKO, 2019a ; BIOEKO, 2019b ; ECOTONE, 2021) qui comprennent des mesures d'effectifs, d'abondance, de statut des espèces (endémiques, inscrites sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), ...).

L'ensemble des résultats sont restitués sous la forme d'un rapport de campagne de suivi.

5.2.1.2 Macrofaune benthique

La méthode d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques appliquée dans le cadre du suivi de ces organismes dans le périmètre des activités de PRNC s'inspire du protocole explicité dans le guide méthodologique et technique rédigé par N. MARY en 2016, en collaboration avec la Nouvelle Calédonie (DAVAR), l'Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie (OEIL) et le CNRT « Nickel & son environnement ».

Deux méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux calédoniennes sont actuellement en vigueur ; l'Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC) et l'Indice BioSédimentaire (IBS) sensibles respectivement aux pollutions organiques et aux matières en suspensions (sables, limons, argiles). L'IBS, développé en 2007, s'applique notamment sur les terrains miniers.

Ces deux indices sont généralement utilisés pour contrôler et suivre la qualité d'un cours d'eau (MARY, 2016) hors milieux dits lenticules.

Des autres métriques et outils permettent notamment de suivre l'évolution temporelle de la composition faunistique d'une station donnée mais également de comparer des stations entre elles (MARY, 2016) qui comprennent entre autres des mesures d'abondance et des indices de diversité.

Aucun protocole d'échantillonnage n'est actuellement standardisé sur les milieux lenticules étudiés dans le cadre du réseau de surveillance de la faune dulcicole des dolines. Ainsi, l'échantillonnage des dolines, permanentes et temporaires, a fait l'objet de divers protocoles au cours du temps, depuis 2010, selon le prestataire en charge des prélèvements biologiques.

5.2.2 Fréquence de suivi et périodicité

5.2.2.1 Ichtyofaune et carcinofaune

La fréquence d'échantillonnage des stations du réseau de suivi piscicole et carcinologique est annuelle. Cette fréquence est appliquée à l'ensemble du réseau depuis 2018. Auparavant, plusieurs fréquences d'échantillonnage étaient exécutées selon les stations (semestrielle à bisannuel).

En 2018 et 2019, l'ensemble des stations du réseau de suivi ont été échantillonnées au cours de la saison fraîche, entre juin et juillet. A l'inverse, la dernière campagne d'échantillonnage réalisée en 2020 s'est déroulée en pleine période d'étiage, au cours des mois de novembre et décembre. Antérieurement à 2018, les stations faisant l'objet d'un suivi pluriannuel étaient échantillonnées à la fois en saison fraîche (entre mai et juillet) et en saison chaude (janvier). Les points de prélèvement suivis une fois par an ou tous les 2 ans étaient, quant à eux, inventoriés en saison fraîche, en période de moyennes eaux.

5.2.2.2 Macrofaune benthique

La fréquence d'échantillonnage des 18 stations constituant l'actuel réseau de suivi des macroinvertébrés benthiques est annuelle. Cette fréquence est appliquée à l'ensemble du réseau depuis 2017. Auparavant, plusieurs fréquences d'échantillonnage étaient exécutées selon les stations (trimestriel, semestriel ou annuel selon les stations). Ce suivi se déroule sur une période précise de l'année, à savoir en période d'étiage, comme préconisé dans le guide méthodologique et technique des Indice biotique de Nouvelle-Calédonie (MARY, 2016 ; VALE NOUVELLE CALEDONIE, 2020).

5.3 Avis sur la pertinence des suivis existants

5.3.1 Ichtyofaune

La particularité des espèces de poissons présentes dans les cours d'eau calédoniens est que celles-ci présentent presque toutes un cycle de vie nécessitant des déplacements entre la rivière et la mer. La quasi-totalité des poissons sont amphidromes. Dans le cadre de leur cycle biologique, ces organismes nécessitent ainsi de pouvoir circuler librement entre la rivière et la mer (et inversement) ainsi qu'au sein même du cours d'eau.

L'ichtyofaune calédonienne est également connue pour son endémisme. En effet, plusieurs espèces de poissons présentent une aire de répartition strictement limitée aux cours d'eau calédoniens ; *Protogobius attiti*, *Sicyopterus sarasini*, *Schismatogobius fuligimentus*, *Microphis cruentus*, *Parioglossus neocaldonicus* et *Bleheratherina pierrucciae* (ECOTONE, 2021). Ces 6 espèces ont toutes été recensées dans le Grand Sud calédonien. Certaines d'entre elles comme *P. attiti* et le gobie *S. sarasini* sont menacées par la dégradation de leurs habitats (agriculture, activités minières, rupture de la continuité écologique, feux de brousse, colmatage, etc.), ces 2 espèces étant classées « en danger » sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN, 2012).

De par leur endémisme et/ou leur statut d'espèces menacées, ces organismes peuvent être qualifiés d'espèces patrimoniales. Ce terme peut également englober d'autres espèces lorsque celles-ci présentent un intérêt scientifique, écologique et/ou culturel. En Nouvelle-Calédonie, certains poissons (mulets noirs du genre *Cestraeus sp.*, anguilles) ont une valeur pour la population locale, que ce soit symbolique (« totem ») ou dans un but alimentaire.

Le réseau de suivi de l'ichtyofaune dans le périmètre des activités du complexe minier et industriel est actuellement constitué de 16 stations. Le bassin versant de la Kwé, bassin localisé dans la zone directe des activités de Prony Resources NC, comprend un total de 8 stations. Celles-ci se répartissent en fonction des différentes activités exercées dans le périmètre du bassin versant (mine, centre industriel de la mine, parc à résidus de la Kwé Ouest, carrières).

Six stations sont localisées sur le bassin versant du creek Baie Nord, bassin supportant également certaines activités du site industriel et de la base-vie (ancien rejet de la station d'épuration). Ce bassin versant a fait l'objet d'une pollution chronique historique multiforme et assez généralisée, à laquelle se superposent les effets de rejets occasionnels (Direction de l'Environnement, 2011). Néanmoins, une seule station a été suivie sur ce cours d'eau en 2020 (CBN-30).

La rivière Wadjana comprend 3 stations de surveillance. La cascade dite « de Goro » constitue un obstacle naturel de taille pour l'ichtyofaune. D'autres barrières à la continuité écologique telles que la présence d'un radier juste au niveau de l'embouchure de la Wadjana et d'un captage en amont de la cascade, ce dernier ne disposant pas d'aménagement pour le franchissement des poissons (ECOTONE, 2021). Bien qu'aucune installation du complexe PRNC ne soit présente, le bassin de la Wadjana est adjacent à la limite Est du bassin versant de la Kwé Nord et est alimentée par des connexions hydrogéologiques avec celui-ci (DIMENC, 2019). De plus, celle-ci a un intérêt pour la population locale en raison de son usage par la tribu de Goro.

Les rivières Truu et Kuébini comprennent chacune une station de surveillance. Ces cours d'eau ne se situent pas, eux non plus, dans le périmètre direct des activités de PRNC. Néanmoins, par l'intermédiaire de ses sources, la rivière Truu draine 4 bassins versants endoréiques situés à l'Est ; le bassin endoréique de la Mine des Japonais, les 2 bassins endoréiques de l'Entonnoir ainsi que le bassin endoréique de la rivière Kwé Est (A2EP et al., 2015). A noter que la Truu présente, elle aussi, un intérêt pour la population locale (tribus de Truu et de Goro) (VALE NOUVELLE CALEDONIE, 2015). L'unique station de la Truu, TRU-70, est située au niveau de son embouchure. La rivière Truu ferait l'objet de perturbations d'origine multiple (rejets domestiques et ménagers possibles, modification des berges, action de pêche, etc. (ECOTONE, 2021)). Le suivi de cette rivière, dans le cadre de la surveillance des activités de l'industriel Prony Resources NC, apparaît, de ce fait, biaisé par la présence d'autres sources d'impact potentiel.

Enfin, deux stations d'étude se situent sur le bassin du Trou Bleu qui sert de « bassin de référence du Grand Sud ». Toutefois, les caractéristiques hydromorphologiques et la typologie de ce cours d'eau divergent des autres bassins versants de la région. Il en est de même pour le bassin versant Kuébini, régulièrement mentionné comme étant le « bassin de référence » vis-à-vis de la rivière Kwé. Or, ces 2 rivières présentent des caractéristiques différentes (profondeur, débit, substrat, présence d'un barrage anti-sel à l'aval de la Kuébini, etc.). Les rivières dites « de référence », étudiées dans le cadre de la surveillance de l'ichtyofaune dulçaquicole dans le périmètre des activités minières et industrielles, ne sont donc pas ou peu représentatives des rivières potentiellement impactées par ces activités, aussi bien en termes de débit, de diversité des habitats ou des espèces, les communautés piscicoles n'étant pas les mêmes selon les cours d'eau et leur typologie. A noter qu'aucun site de référence n'est présent en amont des cours d'eau sous influence de l'activité minière, la « source » de ces rivières se situant au niveau ou à l'aval de ladite activité, aucun point de suivi ne peut être positionné plus en haut.

L'échantillonnage des populations de poissons dans les rivières calédoniennes – et donc dans le Grand Sud - s'appuie sur les protocoles actuellement appliqués en France métropolitaine.

Deux types de pêche peuvent être appliquées selon les caractéristiques et la typologie du cours d'eau étudié ; la pêche complète et la pêche partielle par point. Les pêches complètes sont réservées aux cours d'eau peu profonds entièrement prospectables à pied, dont la largeur moyenne en eau ne dépasse pas 9 mètres (+/- 1m). Au-delà de 9 mètres, la pêche partielle s'applique (ONEMA, 2012). Ce type de pêche est également réalisé sur les cours d'eau non prospectables entièrement à pied.

Depuis le début des suivis, sur chacune des stations du réseau de suivi poissons autour du périmètre PRNC, des pêches complètes sont réalisées et ce, quelle que soit la largeur du lit mouillé de ces stations. Enfin, la mise en œuvre du protocole de pêche électrique complète varie selon le prestataire en charge des inventaires piscicoles (nombre d'équipes, nombre de personnes, nombre d'épuisettes et/ou de filets stop-net, expérience du personnel, etc.). Ces différences et l'application potentiellement différente des protocoles de métropole rendent également les résultats difficilement comparables au fil du temps.

La méthodologie appliquée lors du dernier inventaire dulçaquicole mené en 2020 s'inspire, quant à elle, du guide de standardisation du suivi des peuplements ichtyologiques et carcinologiques par pêche électrique en Nouvelle-Calédonie, établi en 2018 (BOUCHARD et al.). Ce guide prend mieux en compte les spécificités des cours d'eau calédoniens.

Néanmoins, cette nouvelle méthode de suivi n'a été appliquée que partiellement lors des inventaires réalisés en 2020 afin de conserver la même méthode d'inventaire et donc le même effort d'échantillonnage que celui appliqué lors des inventaires antérieurs, la pêche électrique complète a été appliquée sur l'ensemble des stations de suivi et les longueurs des stations sont restées inchangées (ECOTONE, 2021).

Suite à la phase terrain (inventaire complet de la station par pêche électrique), vient l'étape de biométrie. Les métriques étudiées semblent être identiques au fil des suivis et ce, quel que soit le prestataire. Seule l'analyse des classes de taille pour certaines espèces de poissons diffère selon les bureaux d'étude. À ce jour, aucun indice « poisson » n'est en vigueur en Nouvelle-Calédonie.

Concernant la régularité des suivis, Depuis 2017, les stations situées sur les bassins versants de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana et de la Truu sont échantillonnées une fois par an, conformément à l'arrêté n°2698-2016/ARR/DIMENC. De plus, à l'exception de 2020, celles-ci ont été inventoriées à la même période, soit en saison fraîche. Au vu de la fréquence et de la périodicité appliquées pour l'échantillonnage de l'ichtyofaune sur ces stations, la régularité des suivis de ce compartiment biologique apparaît pertinente.

5.3.2 Carcinofaune

A l'instar des poissons, la majorité des crustacés décapodes présents dans les cours d'eau calédoniens sont amphidromes. Les crevettes des genres *Atyopsis*, *Atyioda*, *Caridina*, *Macrobrachium* et *Palaemon* présentent un cycle de vie alternant eau douce et milieu marin. Les crevettes du genre *Paratya* semblent présenter tous les stades de développement en eau douce (MARQUET et al., 2003).

L'endémisme est relativement élevé au sein de la population carcinologique calédonienne. De nombreuses crevettes sont restreintes aux rivières calédoniennes telles que *Macrobrachium caledonicum*, certaines crevettes du genre *Caridina* ainsi que l'ensemble des crevettes du genre *Paratya* présentes sur le territoire ou encore le crabe *Odiomaris pilosus* (MARQUET et al., 2003). Bien que très répandue en Nouvelle-Calédonie et, plus globalement, à l'échelle Indo-Pacifique, la crevette *Macrobrachium lar* peut être considérée comme une espèce patrimoniale. Appelée couramment « chevrette », cette espèce de crustacé colonise l'ensemble des rivières calédoniennes, du cours inférieur au cours supérieur, et est très appréciée par la population locale qui la consomme.

Les stations de suivi de l'ichtyofaune étant communes à la carcinofaune, les différentes problématiques soulevées sur le réseau de stations piscicoles sont donc similaires, avec comme seule différence la capacité de franchissement à sec.

Le protocole appliqué afin d'inventorier la faune carcinologique suit celui utilisé pour la surveillance de l'ichtyofaune dulçaquicole, à savoir la pêche électrique complète sur l'ensemble des stations du réseau de suivi. Néanmoins, ce protocole, qu'il s'inspire des normes NF EN 14011 et XP T90-383 ou du guide de standardisation de l'Agence Française pour la Biodiversité (BOUCHARD et al., 2018), semble peu propice dans le cadre d'un suivi des crustacés décapodes calédoniens.

En Nouvelle-Calédonie, les crustacés décapodes peuvent être très abondants. Si certaines espèces sont facilement identifiables à l'œil nu (crevettes du genre *Macrobrachium*), d'autres telles que les crevettes des genres *Caridina* et *Paratya* peuvent nécessiter une identification sous loupe binoculaire.

Afin d'éviter un impact sur la population carcinologique à l'échelle de la station et lorsque la population carcinologique est jugée très abondante au regard des premières captures faites au cours desdites pêches, seul un « échantillon » est communément conservé pour identification et considéré comme représentatif en termes de diversité à l'échelle de la station.

En revanche, ceux-ci ne sont pas caractéristiques de l'abondance réelle en crevettes, cette dernière étant biaisée par la méthode appliquée. L'analyse de l'évolution de cette métrique au cours des années est alors difficilement interprétable. Le protocole employé dans le cadre du réseau de surveillance carcinologique n'est donc, à l'heure actuelle, pas adapté pour un tel suivi.

La fréquence ainsi que la périodicité des suivis carcinologiques sont identiques à celles appliquées dans le réseau de surveillance des communautés piscicoles, à savoir un échantillonnage une fois par an entre 2017 et 2020 et en saison fraîche à l'exception du dernier inventaire réalisé en 2020.

5.3.3 Macrofaune benthique

Les milieux aquatiques préservés se caractérisent généralement par une variété d'espèces macrobenthiques, tous ordres d'insectes confondus, dont une importante diversité en insectes classés dans les ordres des éphéméroptères et des trichoptères (ET) sensibles aux pollutions et dont une grande partie sont endémiques.

Sur les 16 stations suivies, 10 sont situées sur le bassin versant de la Kwé et se répartissent sur les différentes activités de Prony.

Trois stations et une doline sont localisées sur le bassin versant du creek Baie Nord, bassin supportant également certaines activités du site industriel et de la base-vie (ancien rejet de la station d'épuration). Le bassin versant de la Kadji, par le passé sous influence de la station d'épuration de la base-vie, présente une station en rivière et une doline. La rivière Truu comprend, elle aussi, une station de surveillance. Des connexions entre la Truu (source) et le bassin endoréique de la Kwé Est amont ont notamment été prouvées (VALE NOUVELLE-CALÉDONIE, 2015). La rivière Truu semblerait être le point de sortie principal du système karstique. La dernière station de suivi se situe dans le bassin versant du Trou Bleu. Le point de prélèvement 3-C est situé sur le cours inférieur, en aval immédiat de l'embouchure. Ne subissant aucun impact lié aux activités minières et industrielles, ce bassin versant (BV) est considéré comme étant le BV de « référence » du Grand Sud calédonien mais ses caractéristiques sont différentes des autres bassins versants.

Seules deux dolines (DOL-10 et DOL-11) font l'objet d'un suivi de la faune dulcicole. Ces dolines temporaires ont été initialement intégrées en raison de leur proximité avec les stations d'épuration de la base-vie. Or, outre l'inventaire de ces 2 stations en milieu lentique, aucune autre doline n'est étudiée dans le périmètre des activités de Prony Resources NC, notamment au regard de ses activités minières et des potentiels effets. De même, aucun milieu temporaire dit « témoin » n'est étudié dans le cadre de la surveillance de la faune dulcicole des dolines, entraînant l'absence de comparaison spatiale.

Concernant le protocole d'échantillonnage, Le protocole actuellement utilisé est celui appliqué en routine sur le territoire calédonien depuis de nombreuses années dans le cadre de l'application des indices IBNC et IBS. Bien qu'une révision de ces indices ait été faite en 2015, l'IBNC est appliqué depuis le début des années 2000 et l'IBS depuis 2007.

Le protocole d'échantillonnage dans le cadre de l'application des indices IBNC/IBS suppose sur chaque station que 7 échantillons de faune benthique soient prélevés en fonction des différents habitats présents sur la portion de cours d'eau étudiée. Ces habitats sont caractérisés par un couple de paramètres (le substrat et la vitesse de courant). L'application des indices biotiques IBNC et IBS n'est adaptée qu'aux cours d'eau peu profonds. Les milieux lenticques tels que les lacs, marais et dolines sont exclus de ce type d'analyse. Seules certaines métriques biologiques (richesse, abondance, densité, indices de diversité) peuvent être utilisées pour étudier la faune présente dans ces milieux et aucune méthode d'échantillonnage standardisée n'est, à l'heure actuelle, appliquée pour les milieux lenticques.

Concernant la régularité des suivis, l'ensemble des stations de suivi de la macrofaune benthique en milieu lotique est échantillonné une fois par an, en période d'étiage depuis 2017.

Dans le cadre de la surveillance d'une « activité polluante continue ou chronique, une campagne de prélèvement annuelle peut suffire au moment où les effets seront le mieux évalués par les indices (étiage par exemple) » (MARY, 2016). De même, dans le cas d'un suivi temporel d'un ou plusieurs points d'étude, à plus ou moins long terme, il est préférable d'échantillonner une fois par an et ce, à la même période d'une année sur l'autre, ceci dans le but d'obtenir des données comparables dans le temps. La période d'échantillonnage la plus adaptée dans l'année apparaît comme étant l'étiage, en situation de basses eaux, saison plus pratique pour l'accès et aussi la période la plus critique de l'année. Les conditions hydrologiques doivent, dans tous les cas, être prises en compte.

En effet, l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques ne peut se faire en l'absence d'un débit stabilisé. En présence d'une crue ou d'un assec, il est fortement conseillé d'attendre une situation hydrologique plus propice, aussi bien en termes d'hydrologie (profondeur, vitesse de courant) que biologique (présence d'habitats, recolonisation par les organismes, etc.).

Néanmoins, le choix de la période la plus propice, à savoir en période d'étiage, ne s'applique pas pour les milieux lenticques tels que les deux dolines temporaires actuellement suivies. Selon les années, diverses périodes ont été proposées pour réaliser les prélèvements biologiques sur ces milieux et plusieurs années ne présentent aucune donnée biologique (2014, 2016, 2017, 2019, 2020), milieu en assec lors des campagnes d'échantillonnage. La doline DOL-10 n'a fait l'objet que de 3 inventaires depuis 2010 (avril 2010, en mars 2011 et en juin 2013), celle-ci se vidangeant trop rapidement par rapport à la possibilité d'intervention pour les inventaires. La régularité des données sur la faune dulicole des dolines pourrait être améliorée et nécessiterait des interventions spécifiques.

5.3.4 Bilan des évaluations

Les bilans concernant la pertinence des suivis sont présentés dans les tableaux suivants (*Tableau 8 : Pertinence des indicateurs de suivi, Tableau 9 et Tableau 10*).

Tableau 8 : Pertinence des indicateurs de suivi

Critères de « pertinence »	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulicole des dolines
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> - Richesse spécifique ; - Abondance et densité ; - Biomasse (totale, par famille et par espèce, par unité d'échantillonnage) ; - Structure des communautés piscicoles (classes de taille) ; - Espèces endémiques (nombre, abondance, biomasse) ; - Espèces introduites envahissantes (nombre, abondance, biomasse) ; - Espèces protégées (liste UICN, codes de l'environnement) ; - Espèces rares et/ou sensibles (nombre, particularités, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Richesse spécifique ; - Abondance et densité ; - Biomasse (totale, par famille et par espèce, par unité d'échantillonnage) ; - Espèces endémiques (nombre, abondance, biomasse) ; - Espèces introduites envahissantes (nombre, abondance, biomasse) ; - Espèces protégées (liste UICN, codes de l'environnement) ; - Espèces rares et/ou sensibles (nombre, particularités, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Richesse taxonomique ; - Densité ; - Diversité des communautés macrobenthiques (indices de Shannon et Margalef) ; - Équitabilité (indice de Piérou) ; - Espèces polluo-sensibles (indice EPT et abondance en éphéméroptères et trichoptères) ; - Espèces tolérantes notamment en pollutions de type sédimentaire (abondance en diptères Chironomidae) ; - Perturbations de type organique (Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie IBNC) ; - Pollutions sédimentaires / dépôts latéritiques sur le substrat (Indice BioSédimentaire IBS). 	<ul style="list-style-type: none"> - Richesse taxonomique ; - Densité ; - Diversité des communautés macrobenthiques (indices de Shannon et Margalef) ; - Équitabilité (indice de Piérou) ; - Espèces polluo-sensibles (indice EPT et abondance en éphéméroptères et trichoptères) ; - Espèces tolérantes notamment en pollutions de type sédimentaire (abondance en diptères Chironomidae).
	PERTINENT	PERTINENT	PERTINENT	PERTINENT

Tableau 9 : Pertinence des stations étudiées et des sites de référence

Critères de « pertinence »	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulcicole des dolines
Stations étudiées	<p>21 stations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 stations sur la Kwé, bassin directement impacté par les activités minières ; - 6 stations sur le creek Baie Nord, dans le périmètre du site industriel et de la base-vie ; - 3 stations sur la Wadjana, 1 à l'embouchure de la Truu et 1 à l'embouchure de la Kuébini, bassins indirectement impactés ; - 2 stations sur le bassin témoin Trou Bleu. 	<p>21 stations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 stations sur la Kwé, bassin directement impacté par les activités minières ; - 6 stations sur le creek Baie Nord, dans le périmètre du site industriel et de la base-vie ; - 3 stations sur la Wadjana, 1 à l'embouchure de la Truu et 1 à l'embouchure de la Kuébini, bassins indirectement impactés ; - 2 stations sur le bassin témoin Trou Bleu. 	<p>16 stations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 14 sur des bassins versants directement impactés par les activités industrielles et minières (Kwé, Creek Baie Nord, Kadji) ; - 1 sur un bassin versant indirectement impacté (Truu) ; - 1 sur un bassin versant témoin (Trou Bleu). 	2 dolines temporaires (DOL-10 et DOL-11), situées dans la base-vie. Impact potentiel des stations d'épuration.
	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Autres sources d'impact potentiel sur certaines stations et/ou bassins versants ➔ Portions de cours d'eau non « inventoriées » 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Autres sources d'impact potentiel sur certaines stations et/ou bassins versants ➔ Portions de cours d'eau non « inventoriées » 	PERTINENT	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Stations trop peu nombreuses et peu représentatives au regard des potentiels impacts engendrés par les activités minières sur ces milieux
Sites de référence en amont des activités, bassin(s) versant(s) – Suivi spatio-temporel	<p>Aucune station présente sur l'amont des bassins versants impactés.</p> <p>Deux stations sur le bassin versant dit de « référence » du Grand Sud (Trou Bleu) et 1 station à l'embouchure de la Kuébini, qualifiée de bassin témoin vis-à-vis de la Kwé.</p>	<p>Aucune station présente sur l'amont des bassins versants impactés.</p> <p>Deux stations sur le bassin versant dit de « référence » du Grand Sud (Trou Bleu) et 1 station à l'embouchure de la Kuébini, qualifiée de bassin témoin vis-à-vis de la Kwé.</p>	<p>Aucune station présente sur l'amont des bassins versants impactés.</p> <p>Une station sur le bassin versant dit de « référence » du Grand Sud (Trou Bleu).</p>	<p>Aucune station présente sur l'amont des bassins versants impactés.</p> <p>Aucune station témoin.</p>
	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Suivi temporel possible, mais absence de suivi spatial pertinent en l'état 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Suivi temporel possible, mais absence de suivi spatial pertinent en l'état 	MOYENNEMENT PERTINENT	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Absence de suivi spatial et temporel possibles en l'état

Tableau 10 : Pertinence du protocole et de la périodicité

Critères de « pertinence »	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulicole des dolines
Protocole /méthodologie utilisés	Pêche électrique complète en s'appuyant sur les normes françaises actuellement en vigueur sur les cours d'eau métropolitains (EN 14011 et XP T90-383). Depuis 2020, application-test du guide de standardisation du suivi des peuplements de poissons et crustacés des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie (AFB, 2018).	Pêche électrique complète en s'appuyant sur les normes françaises actuellement en vigueur sur les cours d'eau métropolitains (EN 14011 et XP T90-383). Depuis 2020, application-test du guide de standardisation du suivi des peuplements de poissons et crustacés des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie (AFB, 2018).	Application du guide méthodologique et technique révisé relatif à l'utilisation des indices biologiques IBNC/IBS (MARY, 2016). Sept prélèvements réalisés dans des couples « substrat x vitesse » différents au filet Surber.	Diverses méthodes utilisées selon les prestataires : - méthode des substrats artificiels ; - prélèvements au filet Surber ; - prélèvements et/ou transect au filet troubleau ; - passage au filet à plancton ; - plongée en masque/tuba.
	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> PERTINENT* </div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> * Méthodologie théoriquement pertinente si mise en application adéquate (protocole, personnel, matériel) </div>	<div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> PEU PERTINENT </div> <div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> → Application actuelle du protocole sur les crustacés ne permettant pas d'obtenir une image représentative en termes d'abondance. Suivi temporel et spatial de cette métrique peu fiable </div>	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> PERTINENT </div>	<div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> PEU PERTINENT </div> <div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> → Variété dans les protocoles d'échantillonnage, ne permettant pas d'obtenir des données comparables dans le temps </div>
Périodicité (regularité, choix des saisons)	Tous les ans, à raison d'une fois par an depuis 2017. En saison fraîche entre 2017 et 2019, en période d'étiage en 2020.	Tous les ans, à raison d'une fois par an depuis 2017. En saison fraîche entre 2017 et 2019, en période d'étiage en 2020.	Tous les ans, à raison d'une fois par an en période d'étiage.	Tous les ans, à raison d'une fois par an. Aléatoire selon les années.
	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> PERTINENT* </div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> * Constance dans la période de l'année pour laquelle les suivis sont réalisés </div>	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> PERTINENT* </div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> * Constance dans la période de l'année pour laquelle les suivis sont réalisés </div>	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;"> PERTINENT </div>	<div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> MOYENNEMENT PERTINENT </div> <div style="background-color: #FFDAB9; padding: 2px;"> → Irrégularité dans les suivis (plusieurs années sans aucune donnée) car dolines à sec </div>

5.4 Adéquation des indicateurs de suivi

5.4.1 Ichtyofaune

L'analyse temporelle des indicateurs de suivi a permis de mettre en évidence certains impacts liés aux activités minières et industrielles, notamment sur le bassin de la Baie Nord. Celui-ci fait l'objet d'inventaires depuis 1996. Or, 2 baisses majeures des métriques biologiques (tant au niveau de l'abondance que de la richesse spécifique) couramment étudiées ont été enregistrées en juin/juillet 2009 et en juillet 2014 (ECOTONE, 2021) suite à des déversements accidentels d'acides depuis le site industriel vers la rivière, survenus respectivement en avril 2009 et en mai 2014 entraînant la mortalité de nombreux organismes aquatiques dont de multiples poissons (BIOTOP, 2014).

Une recolonisation, plus ou moins rapide, de la rivière par les poissons, suivie d'une phase de stabilisation a été observée, les valeurs des différentes variables étudiées restant plus faibles lors de la phase de stabilisation suivant la deuxième fuite d'acide. Une importante baisse des métriques est observée en mars 2017 sur une des stations. La dernière campagne piscicole réalisée en 2020 fait état, quant à elle, d'une augmentation « soudaine des descripteurs biologiques » (ECOTONE, 2021). Bien que la hausse significative de la biomasse ait été reliée à la capture de nombreux gros spécimens (carpes, gobies, anguilles), les raisons d'une augmentation soudaine de l'abondance et de la densité n'ont pu être éclaircies. A noter cependant que le dernier inventaire n'a été réalisé que sur une seule station du creek Baie Nord.

L'attention particulière menée sur les espèces endémiques présentes dans cette rivière a permis de déceler des fluctuations concernant l'espèce *Protogobius attiti*, régulièrement capturée sur certaines des stations du creek Baie Nord au cours des suivis réalisés entre 2009 et 2014, puis absent de la liste des espèces recensées sur le creek Baie Nord en juillet 2014 et ce, jusqu'en 2019. Son absence sur

plusieurs suivis s'expliquerait par sa faible représentativité d'origine (espèce rare et sensible) et à la forte diminution de sa population suite à l'incident.

Des variations ont également pu être observées sur le bassin versant de la Kwé. On observe successivement des valeurs plus élevées de densité en 2015 et 2016 sur le bras principal de la Kwé, s'expliquant majoritairement par la capture « exceptionnelle » de spécimens issus d'espèces marines ou encore, lors d'une campagne, d'un grand nombre de juvéniles de 2 espèces de lochons et de carpes (ECOTONE, 2017). Il en est de même pour la biomasse toutefois, celle-ci s'explique par la capture de nombreux individus de grande taille (carpes, mulets, anguilles). A contrario, une chute de ces métriques (densité, biomasse par unité d'effort, richesse) est visible au cours des campagnes réalisées entre 2017 et 2019, les valeurs remontant à nouveau lors de l'inventaire de 2020. Cependant, aucune explication en lien avec les activités exercées sur le bassin versant de la Kwé n'a été évoquée pour justifier cette chute. Bien qu'il soit difficile de conclure sur les raisons de cette tendance à la baisse durant 3 années consécutives, comme évoqué précédemment (cf. chapitre 5.2), la mise en œuvre du protocole d'échantillonnage peut varier d'un prestataire à un autre, engendrant de ce fait des différences dans la méthode de collecte des données et possiblement des variations dans les données en elles-mêmes. Selon ECOTONE (2021), « la variabilité dans le temps de [ces] indicateurs biologiques peut s'expliquer par différentes raisons : biais du fait de débuter la station strictement en eau douce ou à la limite de la zone d'influence de la marée, réduction de l'effort de pêche liée à la hauteur d'eau ou à des techniques d'échantillonnage différentes, capture de gros individus, biais lié à l'identification de certaines espèces ».

L'évolution de l'abondance des différentes espèces recensées depuis 2010 sur la station positionnée en aval de la Kuébini a pu révéler l'absence d'une espèce de poisson sur de nombreux suivis. À l'exception d'un individu capturé lors de la campagne de janvier 2014, le gobie *Stenogobius yateiensis*, présent dans les cours d'eau vanuatais et calédoniens, n'a plus été attrapé sur KUB-60 depuis juin 2012. « Les habitats préférentiels de cette espèce, bien spécifiques sur ce tronçon et à la limite eau douce/eau saumâtre (sur fonds sableux), ont été en très grande partie impactés par les travaux réalisés sur le radier et la construction de la passe à poissons » (ECOTONE, 2021). En effet, *S. yateiensis* est inféodée au cours inférieur et privilégie tout particulièrement les fonds sableux et les zones de litières sous influence des marées. Comme explicité ci-dessus, les travaux réalisés sur le radier entre fin 2012 et début 2013 ont considérablement modifié l'hydromorphologie du tronçon de cours d'eau et, de ce fait, affecté les habitats qui étaient auparavant présents, dont ceux de ce gobie. De plus, la non-capture de cette espèce depuis juin 2012 coïncide fortement avec cet événement.

Des évolutions dans l'analyse des métriques biologiques sont perceptibles pour les autres bassins versants étudiés (Truu, Trou Bleu, Wadjana). Toutefois, celles-ci sont moins notables et ne présentent pas de lien apparent avec de potentiels effets engendrés par les activités minières et industrielles exercées dans ce secteur. Celles-ci semblent principalement dues à la variabilité d'échantillonnage entre les prestataires (pêche complète seule vs. pêche/plongée dans les faciès non accessibles) et dans la délimitation des tronçons de cours d'eau, notamment sur les stations localisées au niveau des embouchures (eau douce stricte vs. zone d'influence des marées).

Certaines évolutions sont, quant à elles, difficilement interprétables et/ou explicables à l'heure actuelle. C'est notamment le cas de la Wadjana, rivière dans laquelle 2 espèces endémiques ont pu être répertoriées depuis le début des suivis en 2010. Néanmoins, seule l'espèce *Sicyopterus sarasini* est fréquemment capturée et/ou observée sur le bassin versant. Cette espèce a subi de fortes variations en 10 ans. Tendant d'abord à la hausse entre 2010 et 2014, la population de *S. sarasini* semble chuter progressivement depuis. Les causes de cette baisse sont difficiles à établir, d'autant que les connaissances sur la biologie de cette espèce endémique sont très limitées. D'après ECOTONE (2021), « plusieurs hypothèses peuvent être émises comme la saisonnalité [...], des perturbations anthropiques accrues telles qu'une fréquentation trop importante du trou d'eau pour les activités de baignade, un impact sédimentaire plus important sur le bassin versant... ».

5.4.2 Carcinofaune

Bien que les indicateurs biologiques étudiés pour suivre l'état de la carcinofaune dulçaquicole soient identiques à ceux actuellement analysés dans le cadre de la surveillance des communautés ichtyennes, ceux-ci ne font l'objet d'aucune analyse des variations temporelles à proprement parlé. Seule une

synthèse des effectifs, des densités, de la biomasse, de la richesse spécifique et des espèces endémiques observés lors du suivi en cours est réalisée pour ce compartiment biologique.

Le traitement et l'analyse effectués à l'heure actuelle sur les données issues des inventaires carcinologiques ne permettent pas de mettre en évidence de potentiels impacts liés aux activités minières et industrielles de Prony Resources NC ou du moins, ne sont pas réalisés à ce jour dans un tel but.

A noter que lors de la fuite d'acide de survenue en mai 2014, outre la constatation d'un nombre important de poissons morts sur le creek Baie Nord, l'état des lieux réalisé un peu plus de 24 heures après le début de cette fuite avait permis de constater la mort de nombreux crustacés (BIOTOP, 2014). Cependant, aucune analyse temporelle n'a été effectuée, à notre connaissance, sur les métriques de densité, de biomasse et/ou de richesse spécifique au cours des suivis menés par la suite dans le cadre du réseau de surveillance de la faune carcinologique afin d'évaluer le processus de recolonisation de ces organismes.

5.4.3 Macrofaune benthique

Une analyse de l'évolution temporelle des indicateurs et des indices biotiques est réalisée après chaque campagne de prélèvements. Des variations peuvent ainsi être observées entre 2016 – date à laquelle les indices IBNC et IBS ont été révisés – et 2020. L'oscillation la plus importante est une hausse de certaines métriques entre les campagnes de prélèvement réalisées de 2016 à 2019 et celle de 2020. Cette tendance étant perceptible sur la totalité des stations de prélèvement, , la variabilité de la densité et de la richesse en macroinvertébrés entre ces périodes de suivi peut potentiellement être imputée à un changement de prestataire, celui-ci ayant eu lieu pour la campagne de 2020. Un changement de prestataire avait également été opéré entre 2016 et 2017 toutefois, aucune tendance à la hausse et/ou à la baisse des indicateurs biologiques n'avait été décelée.

Des tendances à la hausse ou à la baisse sont également visibles entre chaque année pour un même prestataire. Néanmoins, cette variabilité est difficilement explicable, certains paramètres pouvant parfois être très aléatoires selon la saisonnalité, les conditions météorologiques ou hydrologiques lors de la période d'échantillonnage. D'après ETHYCO (2021), « les stations de suivi les moins diversifiées et les plus pauvres en macrofaune benthique sont celles situées sur la Kwé Ouest et la Kwé Nord. [...]. Ces stations subissent des apports sédimentaires relativement importants, principalement sous forme de fines latéritiques, entraînant le colmatage des habitats disponibles pour la macrofaune benthique, aussi bien dans les zones lotiques que lentiques ». D'autres stations, positionnées sur la Kwé mais plus en aval telles que celles localisées sur le bras principal, présentent une richesse taxonomique plus élevée et « une meilleure qualité au regard de l'IBS » (ETHYCO, 2021).

Les stations localisées sur des bassins versants hors périmètre direct des activités de Prony Resources NC (Trou Bleu, Truu) présentent, quant à elles, des valeurs bien plus élevées. Toutefois, les indices biotiques IBNC et IBS obtenus sur celles-ci ne traduisent qu'une qualité passable ou médiocre sur ces sites de suivi.

Lors de la fuite d'acide ayant eu lieu en mai 2014, la campagne d'inventaire réalisée en juillet 2014 sur 2 stations du creek Baie Nord, avait permis de relever des valeurs de densité et de richesse taxonomique particulièrement élevées sur ces points de prélèvement au regard des autres campagnes menées avant la fuite et celles effectuées par la suite (ERBIO, 2017). Cette forte tendance à la hausse avait alors permis de constater une recolonisation importante de cette zone impactée par les macroinvertébrés. Néanmoins, les indices de Shannon et de Piélou étaient, eux, relativement bas, traduisant une population faiblement diversifiée et équilibrée. Ceci peut s'expliquer par une recolonisation plus rapide en taxa regroupant des organismes généralistes plus tolérants.

L'évolution temporelle de la qualité des milieux lentiques (dolines DOL-10 et DOL-11) est, elle, très difficile à analyser à l'heure actuelle. Ceci est en grande partie lié au faible nombre de données acquises sur ces dolines depuis le début de leur suivi en raison d'assecs réguliers mais également du peu de connaissances sur ces écosystèmes et de leur réaction face à d'éventuels impacts dont ils pourraient faire l'objet.

Le bilan de l'adéquation des paramètres de suivi est synthétisé dans le *Tableau 11*, ci-dessous.

Tableau 11 : Bilan de l'adéquation des paramètres étudiés au regard des impacts, potentiels et avérés, engendrés par les activités minières et industrielles.

	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulcicole des dolines	Ripisylve
Évolution des indicateurs de suivi	Analyse temporelle des métriques biologiques (abondance, densité, biomasse, biomasse par unité d'effort, richesse spécifique, nombre spécifique, nombre d'espèces endémiques, abondance des espèces de manière générale selon les prestataires)	Analyse simple des principales métriques (densité, biomasse, richesse spécifique). Aucune évolution temporelle réalisée pour ce compartiment biologique.	Analyse spatio-temporelle des métriques biologiques (abondance, densité, richesse taxonomique, indice ET) et des indices biotiques (IBNC, IBS).	Analyse temporelle des métriques biologiques (abondance, densité, richesse taxonomique) mais peu de données sur ces milieux	Analyse temporelle des métriques abiotiques et biotiques relevées <i>in situ</i> et/ou analysées ultérieurement (richesse spécifique, structure, régénération, présence de symptômes foliaires, etc.)
Origines avérées et/ou supposées	ADÉQUAT	PEU ADÉQUAT	ADÉQUAT	PEU ADÉQUAT	ADÉQUAT *
	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Détection d'impacts divers : <ul style="list-style-type: none"> - déversements accidentels d'acide du site industriel vers le creek Baie Nord (2009, 2014) ; - construction barrage anti-sel et passe à poisson sur la Kuébini (2013) ; - travaux sur le gué traversant la Truu. ➔ Oscillations de certaines métriques en lien avec les différences d'application du protocole d'échantillonnage selon les prestataires (délimitation des stations, méthode) 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Aucune conclusion possible sur d'éventuels impacts (liés ou non aux activités minières et industrielles) sur ce compartiment biologique 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Détection d'impacts (fuite d'acide de 2014) ➔ Variations de certaines métriques entre bassins versants et stations de suivi (différences selon leur proximité avec le complexe minier et industriel) ➔ Oscillations de certaines métriques en lien avec le changement de prestataire 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Aucune conclusion possible sur d'éventuels impacts (liés ou non aux activités minières et industrielles) sur ce compartiment biologique 	* Période des chroniques relativement courte du fait de la « récente » mise en place du suivi sur ce compartiment biologique

5.5 Préconisations en matière de suivi de la faune dulçaquicole

Ces préconisations se basent sur les dernières mesures de suivi disponibles au moment de la rédaction. Les inventaires et autres techniques d'échantillonnage se doivent d'être évolutives et de s'adapter à toute modification des objectifs poursuivis, ainsi qu'à l'évolution du peuplement du milieu et sa dynamique, ou encore à l'évolution des techniques.

5.5.1 Réseau de suivi de l'ichtyofaune

5.5.1.1 Stations

La pertinence de la station TRU-70 est questionnée : elle est sous influence potentielle de diverses sources d'impact (travaux d'aménagement, radier, habitations, etc.), autres que celles possiblement engendrées indirectement par les activités de Prony Resources NC. Un repositionnement de la station peut, dans ce cas de figure, être envisagé (ex : déplacement de la station en amont du radier et des habitations). Bien que pertinentes en termes de suivi, d'autres stations sont, elles, difficilement « inventoriables » en raison de leur hydromorphologie (hauteur d'eau, vitesse de courant), à l'instar de la Kwé ou de la Kuébini. L'unique station de la Kuébini, KUB-60, est d'ailleurs majoritairement inventoriée par observation subaquatique, seul le bras mort présent en rive gauche étant échantillonné en pêche électrique (ECOTONE, 2021). Celle-ci est également soumise à un barrage anti-sel, en aval. Peut alors être soulevé l'objet de son étude.

De plus, l'intégration de ce bassin versant et du bassin versant du Trou Bleu, considéré comme bassin de « référence » du Grand Sud calédonien, en tant que bassins de référence pose des questions liées aux différences de bassin versants.

Néanmoins, la mise en place de « réelles » stations de référence semble ardue, la difficulté résidant dans le fait de trouver des stations présentant des caractéristiques morphologiques et subissant naturellement des conditions météorologiques et hydrologiques quasi-similaires aux stations potentiellement impactées, sans être anthropisées ou très peu. Toutefois, à défaut d'avoir des sites de

référence en amont des bassins versants étudiés ou sur d'autres bassins versants, il est possible de sélectionner des bassins versants et/ou des stations présentant les mêmes spécificités biologiques.

5.5.1.2 Protocole d'échantillonnage, méthodologie d'analyse et régularité des suivis

Le protocole employé s'inspire d'une méthodologie métropolitaine standardisée et reproductible. Le guide de standardisation des suivis piscicoles et carcinologiques, outre son adaptation aux spécificités des cours d'eau calédoniens, a également pour but d'établir une méthode standardisée et répllicable dans le temps par tout bureau d'étude. Néanmoins, il subsiste une variabilité dans la mise en œuvre desdits protocoles. Prony Resources NC devra alors s'assurer que l'application du protocole, quel qu'il soit, respecte les recommandations émises pour mettre en œuvre, dans les meilleures conditions possibles, la méthodologie et les moyens adéquats (pêche complète/partielle, personnel, matériel utilisé, etc.).

5.5.1.3 Régularité des suivis

Pour rappel, une seule campagne d'inventaire est réalisée une fois par an depuis 2017, en saison fraîche. Au vu des résultats biologiques obtenus au cours des différents suivis (abondance, richesse spécifique, etc.) entre la saison chaude et la saison fraîche, lorsque ces campagnes étaient réalisées deux fois par an, un seul suivi par an semble suffisant. Le milieu de saison fraîche, en début de période d'étiage (soit en moyennes eaux et en condition de débit stabilisé), apparaît être la période la plus favorable au suivi des populations ichtyennes.

5.5.2 Réseau de suivi de la carcinofaune

Le suivi des crustacés décapodes en milieu lotique est réalisé conjointement au suivi des populations piscicoles. Les recommandations émises pour ce compartiment biologique sont donc similaires, Néanmoins, l'application actuelle du protocole de pêche électrique sur la carcinofaune ne permet pas d'obtenir une image représentative de cette communauté en termes d'abondance. Dans ce contexte, l'élaboration d'un protocole adapté à ce compartiment biologique, reproductible par tout bureau d'étude et permettant l'obtention de données fiables, notamment en matière d'abondance et de densité, est préconisée.

5.5.3 Réseau de suivi de la macrofaune benthique

5.5.3.1 Stations

Suivi des milieux lotiques

Les suivis macrobenthiques réalisés sur les milieux lotiques apparaissent relativement pertinents, seul demeure un questionnement sur l'intégration de stations supplémentaires et de station de référence.

Suivi des milieux lenticques

Les critères sélectionnés afin d'évaluer la pertinence du réseau macrobenthique mis en place en milieu lentique mettent en lumière un certain nombre de « lacunes ». En effet, bien qu'un réseau de suivi des dolines soit en place depuis une dizaine d'années déjà dans le cadre de la surveillance des eaux superficielles localisées dans le périmètre des activités du complexe PRNC, celui-ci apparaît globalement peu pertinent (nombre limité de stations), notamment vis-à-vis des sites étudiés et du protocole employé à l'heure actuelle.

À ce jour, le réseau de suivi de la macrofaune benthique en milieu lentique est constitué de deux dolines, DOL-10 située sur le bassin versant du creek Baie Nord et DOL-11 positionnée, elle, sur le bassin versant de la rivière Kadji. Ces 2 sites d'étude ont été initialement intégrés à ce réseau de suivi en raison de leur situation géographique, celles-ci se situant dans l'enceinte de la base-vie, à proximité de stations d'épuration, ces dernières faisant l'objet d'arrêtés et de prescriptions en matière de surveillance. Toutefois, d'autres sources d'impact potentiel, liées aux différentes activités exercées par Prony Resources NC, existent, en particulier les impacts éventuels engendrés par l'activité minière sur ces milieux. Or, actuellement, aucune doline et/ou milieu lentique n'est suivi pour ce type d'impact. De

même, aucune doline et/ou station de « référence », située hors périmètre des activités minières et industrielles, n'est présentement étudiée.

Ainsi, les recommandations quant au réseau de suivi de la faune dulcicole des dolines actuellement mis en place se tournent vers le développement de celui-ci et plus précisément par la multiplication des sites d'étude avec des protocoles adaptés (simplifiés, selon les préconisations du projet CNRT (Diagnose des dolines, 2018)), à la fois dans la zone d'influence directe des activités du complexe PRNC – en particulier pour étudier les éventuels impacts de l'activité minière à proprement parlé – et hors champ d'influence.

La sélection des stations additionnelles sous influence potentielle devra prendre en compte toutes les sources d'impact possible (mine, centre industriel, parc à résidus, etc.). Les stations de « référence » devront, quant à elles, être choisies sous couvert qu'aucune des activités minières et industrielles directes et/ou indirectes n'affecte celles-ci et être témoin de situations naturelles non ou très faiblement anthropisées tout en présentant des conditions météorologiques, hydrogéologiques et biologiques similaires aux sites d'étude sous influence potentielle.

A noter que le réseau de suivi de la faune macrobenthique actuellement en vigueur en milieu lentique est amené à évoluer prochainement. Conformément à l'article D.5.2.3 des prescriptions techniques de l'arrêté d'exploitation minière, un plan de suivi de la faune aquatique des lacs et des dolines fait actuellement l'objet d'un processus de validation par les autorités. Celui-ci sera mis en place une fois le plan de suivi validé (PRONY RESOURCES NC, 2021).

5.5.3.2 Protocole d'échantillonnage et méthodologie d'analyse

Milieux lotiques

Le protocole est pertinent et n'appelle pas de commentaires particuliers

Milieux lenticques

Bien que les métriques biologiques étudiées soient identiques d'une année sur l'autre et entre les prestataires, la divergence du protocole d'échantillonnage dans les protocoles d'inventaire rend difficilement comparable les données obtenues au fil du temps. La définition et la mise en place d'un suivi standardisé, reproductible durablement et adapté à ce type de milieu aquatique est ainsi préconisé. Le développement d'un tel protocole d'échantillonnage devra également prendre en considération les particularités de ces milieux lenticques.

5.5.3.3 Régularité des suivis

Milieux lotiques

La fréquence annuelle est pertinente.

Milieux lenticques

Les données biologiques recueillies sur les 2 dolines suivies sont très irrégulières. Du fait du caractère temporaire, la période la plus propice à leur échantillonnage se situe en saison humide et, plus précisément, peu après une période de précipitations importantes, tout en laissant le temps à ces milieux d'être recolonisés par les divers organismes peuplant ces écosystèmes particuliers (début du second trimestre, avril/mai). La même périodicité pourra être appliquée en cas d'échantillonnage de milieux lenticques permanents.

5.5.4 Bilan des recommandations pour les indicateurs de suivi, les stations étudiées et de référence

Les tableaux (*Tableau 12 et Tableau 13*) synthétisent les recommandations relatives aux stations, à la méthodologie et la périodicité pour les différents indicateurs utilisés.

Tableau 12 : Bilan des recommandations pour les stations étudiées

Critères de « pertinence »	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulicole des dolines
Indicateurs de suivi	PERTINENT	PERTINENT	PERTINENT	PERTINENT
Stations étudiées	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Repositionnement de certaines stations (cas de TRU-70) ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Repositionnement de certaines stations (cas de TRU-70) ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants 	PERTINENT	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Développer le réseau de stations, au regard de toutes les sources d'impact potentiellement engendrées par les activités minières et industrielles sur ces milieux
	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants ➔ Intégrer des stations de référence présentant, à défaut d'avoir des conditions naturelles météorologiques et hydromorphologiques identiques aux stations sous influence potentielle, des communautés piscicoles similaires 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants ➔ Intégrer des stations de référence présentant, à défaut d'avoir des conditions naturelles météorologiques et hydromorphologiques identiques aux stations sous influence potentielle, des communautés carcinologiques similaires 		PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Intégrer des sites dits de « référence » ou « témoin » : <ul style="list-style-type: none"> - hors zone d'influence des activités de PRNC ; - présentant, dans la mesure du possible, des caractéristiques hydrogéologiques et biologiques similaires aux stations potentiellement sous influence de ces activités.
Sites de référence en amont des activités, bassin(s) versant(s) – Suivi spatio-temporel	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants ➔ Intégrer des stations de référence présentant, à défaut d'avoir des conditions naturelles météorologiques et hydromorphologiques identiques aux stations sous influence potentielle, des communautés piscicoles similaires 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Remise en question de l'étude de certains bassins versants ➔ Intégrer des stations de référence présentant, à défaut d'avoir des conditions naturelles météorologiques et hydromorphologiques identiques aux stations sous influence potentielle, des communautés carcinologiques similaires 	MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Réflexion sur l'intégration de station(s) et/ou bassin(s) versant(s) témoin supplémentaires 	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Intégrer des sites dits de « référence » ou « témoin » : <ul style="list-style-type: none"> - hors zone d'influence des activités de PRNC ; - présentant, dans la mesure du possible, des caractéristiques hydrogéologiques et biologiques similaires aux stations potentiellement sous influence de ces activités.

Tableau 13 : Bilan des recommandations pour les méthodologies et périodicité

Critères de « pertinence »	Ichtyofaune	Carcinofaune	Macrofaune benthique	Faune dulicole des dolines
	PERTINENT*	PEU PERTINENT	PERTINENT	PEU PERTINENT
Protocole /méthodologie utilisés	PERTINENT* <ul style="list-style-type: none"> ➔ S'assurer de la bonne mise en œuvre de la méthodologie et du choix du protocole adéquat. 	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Mise en place et application d'un protocole standardisé, reproductible et adapté aux crustacés décapodes ➔ Permettre le suivi spatio-temporel des communautés carcinologiques en termes d'abondance et de densité 	PERTINENT	PEU PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Définir et appliquer durablement un protocole d'échantillonnage standardisé et reproductible ➔ Prendre en compte les spécificités hydrologiques et biologiques de ces milieux
	PERTINENT* <ul style="list-style-type: none"> ➔ Mise en place d'un suivi annuel unique, à la période/saison jugée la plus propice à l'échantillonnage de ces organismes 	PERTINENT* <ul style="list-style-type: none"> ➔ Mise en place d'un suivi annuel unique, à la période/saison jugée la plus propice à l'échantillonnage de ces organismes 		MOYENNEMENT PERTINENT <ul style="list-style-type: none"> ➔ Déterminer et préciser dans la méthodologie d'échantillonnage la ou les périodes les plus propices au suivi de ces milieux ➔ Mise en application de cette préconisation de manière régulière afin d'optimiser les « chances » d'échantillonner les milieux temporaires et d'obtenir des données comparables dans le temps
Périodicité (régularité, choix des saisons)			PERTINENT	

6 Suivi du milieu marin

Cette partie du rapport a été traitée avec l'appui de CREOCEAN (Brigitte RAVAIL) pour la partie traitant du biote en milieu marin. Du fait du recouplement avec l'étude E4 de la partie traitée concernant plus spécialement le suivi de la colonne d'eau et du compartiment biologique, ces points ont été résumés dans cette étude.

6.1 Présentation du suivi

Afin de répondre aux obligations réglementaires fixées par les arrêtés : N° 891-2007/PS du 13 juillet 2007 (Port) ; N°1467-2008/PS du 9 octobre 2008 (usine, unité de préparation du minerai, centre de maintenance de la mine) et N°2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 (autorisation d'exploitation minière), un plan de suivi du milieu marin couvrant la zone d'influence globale de l'usine Prony Resources NC, a été mis en place.

Celui-ci ayant pour objectif d'évaluer l'impact sur l'environnement des rejets associés à l'ensemble de l'activité de l'usine PRONY Resources NC sur cette zone. Rejets pouvant conduire à une variation des concentrations de composés chimiques dans le milieu environnemental en champ proche du rejet mais aussi en champ éloigné. Un programme de suivi supplémentaire a été lancé en décembre 2016 (article 3 de l'arrêté n° 2767-2016 / ARR / DIMENC du 21 novembre 2016) concernant la mise en place d'une surveillance renforcée du champ proche du diffuseur dans l'objectif de mesurer les concentrations en manganèse (Mn) et nickel (Ni) dans la couche profonde, afin de se conformer aux obligations qui garantissent l'innocuité du rejet sur les biotes vivants de manière permanente dans cet habitat.

La présente étude (étude N°6) vise à évaluer l'adéquation entre le réseau actuel de surveillance et les impacts sur l'environnement (eau, air, sol) et sanitaires générés par l'exploitation de l'usine du Sud. A noter que cette dernière présente des liens évidents avec la question 4 (l'actuel réseau de mesure des concentrations des différents polluants (dont notamment, mais pas seulement, le manganèse) est-il suffisant pour surveiller pleinement le risque de toxicité ?) posée dans le cadre de l'étude 4 menée précédemment sur le milieu marin.

L'analyse menée dans le cadre de cette section concerne en particulier le milieu marin. Les documents classés sous le code ENV4 « rapports annuels suivi environnemental + annexes de 2010 à 2019 » et ENV9 « Guide de suivi Milieu marin » ont été les principales sources d'informations

La surveillance comprend le suivi de 2 compartiments :

- la colonne d'eau de mer par un suivi physico-chimique de la qualité de l'eau de mer complétée par un suivi des matières en suspension (MES) et des sédiments marins ;
- le suivi des poissons, des récifs et d'un herbier pour le compartiment biologique.

Le suivi de la qualité du milieu marin comporte actuellement 5 volets (un volet de bioaccumulation sur transplants (8 stations) a été arrêté) :

- Structure et qualité de la colonne d'eau ;
- Suivi du taux de sédimentation ;
- Suivi de la qualité des sédiments ;
- Suivi des flux sédimentaires ;
- Suivi des écosystèmes marins.

Le suivi de la zone portuaire, plus poussé en fréquence et en mesure, est inclus dans les suivis.

6.2 Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau

6.2.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

Le suivi réglementaire est réalisé en application des arrêtés ICPE de 2007 et 2008. Le programme de surveillance semestrielle du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations (13 ICPE + 1 Vale-NC) réparties dans la zone d'influence du complexe minier et industriel de Prony Resources NC (Canal de la Havannah, Baie du Prony et Canal Woodin). Il a été constaté que les métaux se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini.

Parmi ces 14 stations, deux ont fait l'objet d'un suivi trimestriel, à savoir les stations St15 (Prony Creek Baie Nord) et St16 (zone portuaire de la Baie du Prony) ; depuis 2017, seule la station St16 est échantillonnée trimestriellement.

La stratégie proposée repose sur la surveillance concomitante sur des points exposés aux rejets liés aux activités de l'usine et sur des points de référence comparables situés hors rejet et cela dans chacun des trois secteurs d'apport identifiés : le diffuseur, les lixiviats de la mine et de l'usine, la base vie et les activités portuaires.

Un état référence de la qualité des eaux a été réalisé en 2007 (14 stations localisées dans le Canal de la Havannah, 4 dans la Baie du Prony avec trois profondeurs échantillonnées (surface, mi-profondeur et fond) et couvrant 2 saisons : sèche et humide). Cette étude a mis en évidence que l'interprétation des variations de concentrations dans la colonne d'eau sera particulièrement difficile au regard de l'ensemble des paramètres environnementaux influents à considérer

Les stations sont réparties sur l'ensemble de la zone d'influence :

- **Canal de la Havannah** : St02, St05, St07, St09 et St21 influencées majoritairement par les apports océaniques ;
- **Baies du Canal** : St03, St06 et St14 influencées majoritairement par les apports en eaux douces des creeks des baies adjacents ;
- **Baie du Prony** : St15, St16, St18 et St19 influencées majoritairement par les apports en eaux douces des creeks de la Baie du Prony ;
- **Ile Ouen** : St13 et St20 influencées à la fois par les apports en eaux douces et les apports océaniques.

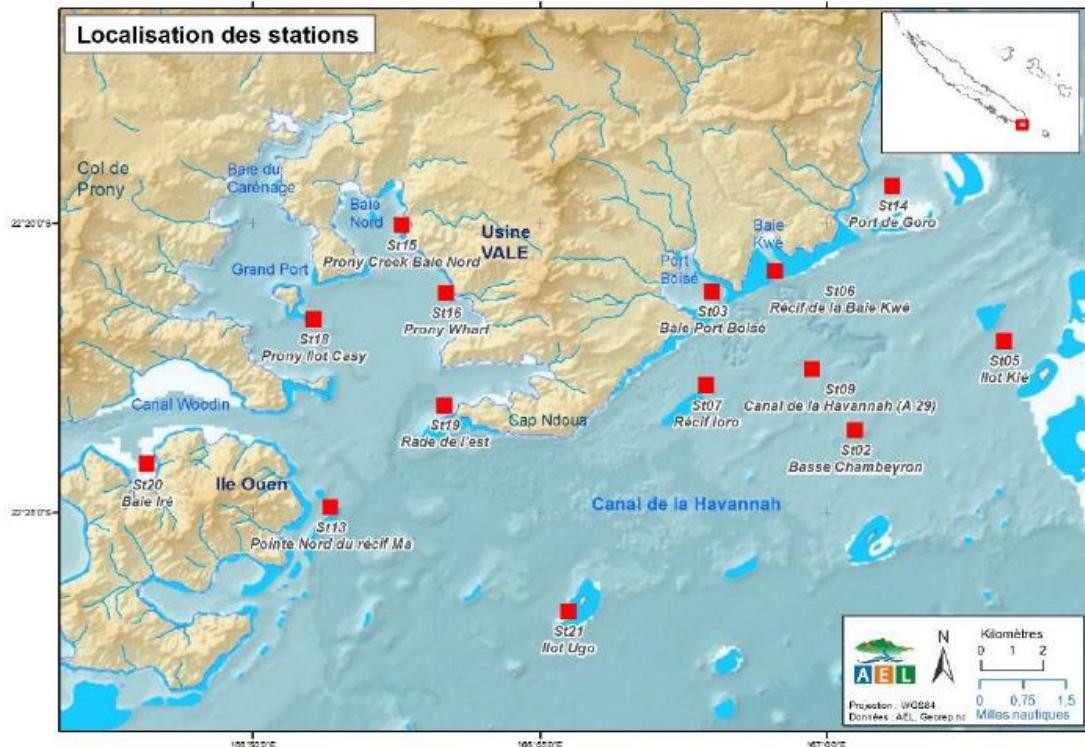


Figure 3 : Localisation géographique des stations pour le suivi de la qualité de l'eau de mer. Réseau de surveillance maintenu depuis 2012 dans la zone d'influence du complexe de Vale-NC.

Figure 8 : Localisation des stations de suivi physico-chimique (d'après Evolution géochimique des eaux lagonnaires - Rapport de synthèse 2010-2020 »)

Pour chacun des trois secteurs d'apport identifiés : le diffuseur (Canal de la Havannah), les lixiviats de la mine et du parc à résidus (baie de Kwé), la base vie et les activités portuaires (Baie Nord et port de Prony), des prélèvements sont réalisés sur des points (stations) exposés aux rejets liés aux activités de l'usine et sur des points dits « de référence » hors de la zone d'influence du rejet.

6.2.2 Méthodologie

Un profil est réalisé par une sonde multi-paramètres.

Les profils de température et de salinité permettent de renseigner sur la stratification thermique et haline des eaux marines et des eaux des Baies. La fluorescence et la turbidité fournissent des informations complémentaires.

Trois profondeurs sont échantillonnées (sub-surface (-3 m), mi-profondeur et fond + 3 m) avec chacune 1 prélèvement ponctuel par bouteille.

L'analyse comprend les concentrations en sels et en matière organique dissoute et particulaire et les métaux dissous suivants : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome hexavalent (Cr VI), chrome total (Cr-total), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn).

6.2.3 Interprétation

6.2.3.1 Interprétation des valeurs mesurées

Dans le cadre des rapports « suivis du milieu marin » annuels rédigés, pour chaque station et paramètre analysé, l'évolution des concentrations au fil des années a été étudiée. Ceci dans l'objectif de mettre en évidence des tendances concernant l'évolution des concentrations en métaux et ainsi un éventuel impact de l'activité anthropique sur la qualité des eaux de la zone d'étude. Ainsi, le bilan de 10 ans de surveillance de la colonne d'eau conclut que quelle que soit la station, la profondeur ou l'élément

considéré, aucune tendance à la diminution ou à l'augmentation des concentrations ne se dessine temporellement de façon nette. Les valeurs maximales apparaissent de manière isolée (le plus souvent en surface et après des épisodes pluvieux importants peu avant la campagne de prélèvement).

Des informations ponctuelles fournissent néanmoins des pistes. Dans le rapport sur le suivi du 2eme semestre 2019, les teneurs en éléments majeurs ainsi que le pH sont stables, ce qui est attendu. La quantité de MES la plus importante a été mesurée sur la station Ioro (St07).

Un pic en nitrites et nitrates dans le fond, qui n'a pas été observé depuis le début des suivis, est observé en St09 (Canal de la Havannah),

Dans ce rapport de suivi de 2019, l'évolution des concentrations de Co^{2+} , Cr^{6+} , Mn^{2+} et Ni^{2+} entre les différentes campagnes « saison fraîche » réalisées depuis 2008 aux stations St03, St06 et St15 de baies (influence terrigène) et du canal de la Havannah (St05, St07, St09) est présentée.

Il serait utile de préciser globalement le comportement des autres métaux et des autres stations. La limite de quantification est présente et utile.

Une autre ligne correspondant à la valeur seuil de référence (norme de qualité environnementale – NQE) ou équivalent serait intéressante. Il conviendrait d'établir une liste des valeurs de référence (colonne d'eau et sédiment) à utiliser pour les composés présents. Les seuils « d'effets » définis à partir de données d'écotoxicité, permettent de s'assurer que les concentrations mesurées dans l'environnement ne sont pas susceptibles d'entrainer des effets néfastes pour les populations d'organismes aquatiques.

Tout comme dans l'étude E4, nous recommandons d'étudier la possibilité de pouvoir utiliser des échantilleurs passifs pour une meilleure intégration dans le temps (et des seuils d'analyse plus faibles).

6.2.3.2 Approche utilisée pour la comparaison des valeurs

Dans les rapports « suivi du milieu marin » ENV4, il est précisé que l'objectif de la démarche menée n'est pas de comparer les concentrations mesurées à des seuils d'effets comme c'est le cas classiquement dans les démarches d'évaluation des risques chimique pour l'environnement.

Il s'agit ici d'une surveillance de la santé des écosystèmes et de la qualité du milieu récepteur (eau et sédiments) par rapport à leur état de référence et par comparaison avec des zones témoins (Méthode BACI) ».

Dans le guide « suivi milieu marin » (CNRT/ZoNeCo), il est indiqué que pour chaque métal, les concentrations environnementales mesurées dans le cadre du suivi permettent de classer le milieu concerné selon trois catégories : non perturbé, perturbations modérées, risque écotoxicologique probable. Pour cela des gammes de concentrations sont définies sur la base de la concentration naturelle moyenne mesurée dans les différents types d'aires. Nous sommes donc dans ce cas sur des notions de niveaux de concentrations dans l'environnement uniquement (tendances), les notions de dangers (effets) pour les espèces vivant sur ces zones ne sont pas considérées ici.

Dans le cadre de la synthèse décennale réalisée une autre démarche semble appliquée avec cette fois la prise en compte de cette notion de danger pour les organismes aquatiques. Les concentrations maximales en métaux dissous mesurées au cours des 10 années de suivi sont comparées à des CE₁₀¹ établies par l'IRD en 2009 (pour chaque métal individuellement) pour trois espèces (le bénitier *Tridacna maxima*, le pétoncle *Mymachlamys gloria* et le pétoncle *Bractechlamys vexillum*) dans le cadre du « Programme Prédictif » conduit pour Goro-Nickel (2006-2009) et à la suite de la rupture du tuyau dans le Canal de la Havannah. Suite à cette comparaison, la synthèse décennale conclut à l'absence de dépassement de seuils de toxicité des principaux métaux dissous (Cu, Co, Cr, Cl, Mn, Ni et Zn). Comme cela a déjà été constaté dans l'étude 4, les approches présentées dans les différentes études proposant de comparer directement les concentrations mesurées aux données d'écotoxicité (CE₁₀) ne peuvent être considérées comme des évaluations de risque chimique environnemental au sens strict et ne

¹ CE₁₀ (Concentration d'effet médiane générant une réponse d'effet chez 10% de la population testée). Les CE₁₀ peuvent être considérées comme des concentrations ne provoquant aucun effet toxique significatif (NOEC).

permettent donc pas de conclure formellement à l'absence ou non d'un risque pour les organismes aquatiques marins. Ces approches demanderaient à être renouvelées en déroulant la démarche dans son ensemble pour tenter d'obtenir des conclusions plus robustes. Cela passe en particulier par la dérivation de PNEC (Predicted No Effect Concentration) à partir des résultats d'écotoxicité disponibles qui prennent en compte l'extrapolation des données de laboratoire au terrain ainsi que leur variabilité. Ce sont ensuite à ces PNEC que seront comparées les concentrations mesurées dans l'environnement.

6.3 Suivi des concentrations en manganèse et nickel dans le champ proche du diffuseur

6.3.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

On ne dispose pas de réel état de référence pour le champ proche car le suivi a été réalisé suite à l'arrêté N°2767-2016 du 21 novembre 2016 (dit « arrêté de flexibilité » car il permet une certaine variation des teneurs émises suite à la modification des conditions de rejets) pour mieux contrôler les niveaux de concentrations en Mn et Ni dans le champ proche du diffuseur au vu des nouvelles conditions de fonctionnement du diffuseur (dispersion de l'effluent marin rejeté au niveau des 48 premiers orifices fonctionnels du diffuseur).

Un premier état a été réalisé en décembre 2016 à octobre 2017.

Ce suivi est réalisé semestriellement sur 4 stations disposées dans la zone d'influence du panache de l'effluent.

6.3.2 Méthodologie

Des échantilleurs passifs automatiques THOË équipent les stations, sur deux profondeurs (à 3 et 6 m du fond) pour les stations implantées à 60 m de chaque côté du diffuseur (Stations NE60N et SW60B) et à 3 m du fond pour les stations implantées plus en aval (SW180B et SW1000B).

Le suivi des concentrations de Mn et Ni (dans l'eau) par DGT a été réalisé sur une période de 6 semaines pour la première campagne (2019-S1) et 3 mois pour la deuxième campagne (2019-S2), avec un pas de temps de 7 jours d'exposition par DGT

Il est noté que « le suivi de l'élément cobalt (Co) ne s'est pas montré particulièrement pertinent au vu des très faibles concentrations mesurées lors des précédentes campagnes ». Il a donc été abandonné à la demande de Vale-NC. Il serait utile de vérifier que les autres métaux sont en concentrations plus faibles .

La méthode par échantilleurs passifs DGT est jugée pertinente. La présence de biofouling qui constitue une limitation potentielle à la durée d'exposition est renseignée.

6.3.3 Interprétation

La première campagne suite à l'optimisation de la stratégie d'échantillonnage 2019-S1 a été initiée le 16 mars 2019 sur les 4 stations du réseau et selon les modalités précédemment détaillées. La programmation des séquences d'exposition du THOË a été réalisée.

La station SW60B, très proche du diffuseur, se caractérise par de nombreux pics de fortes concentrations en manganèse, certains supérieurs à la concentration limite de 10 µg/L autorisée pour préserver l'environnement (3 dépassements entre le 7 et 28 août 2019). La concentration maximale mesurée étant de 37,1 µg/L en semaine 6, soit du 14 au 21 août.

Sur cette zone proche du diffuseur, des fortes variations des concentrations en manganèse entre les stations et au sein d'une même station sont observées. Ces variations sont probablement causées par la présence de micro-paillettes/agrégats riches en métaux observés sur la coque des THOËs.

Des concentrations moyennes importantes en manganèse sont relevées sur la station SW60 B en 2019, avec 3 valeurs dépassant le seuil autorisé au cours de ce suivi de 10 µg/L préservant l'environnement avec une concentration maximale mesurée à 37,1 µg/L entre le 14 et le 21 août.

Les difficultés rencontrées liées au traitement du manganèse peuvent être à l'origine de ces pics de concentrations (présence sur la zone de micro-paillettes/agrégats riches en métaux). Elles peuvent également entraîner une augmentation des concentrations d'autres métaux rejetés tels que le Ni et le Zn. Il a également « été constaté sur cette zone des teneurs élevées en manganèse dans la phase particulaire et les sédiments sur certaines périodes de fonctionnement dégradé de l'émissaire par exemple ».

Une discussion sur la valeur seuil utilisée pour le manganèse est présentée dans l'étude E4, qui n'est pas remise en cause, mais comparée à d'autres valeurs plus faibles.

Il est probable que d'autres métaux soient présents en concentrations plus importantes au même titre que le manganèse compte tenu de la présence de ces micro-paillettes/agrégats. Aussi, on peut regretter l'arrêt du suivi de certains polluants d'intérêt susceptibles de présenter des impacts sur les espèces locales (cas par exemple du Cu, Zn, Cd).

Des éléments des analyses de ces micro-paillettes (mentionnés dans un rapport d'analyses spécifiques non consulté, « rapport d'analyses D074 ») pourraient permettre de mieux comprendre la précipitation des métaux. Une recherche des formes minéralogiques serait également utile.

Concernant le nickel, les concentrations mesurées ne sont, quant à elles, pas comparées à un seuil d'effet comme c'est le cas pour le manganèse. A noter qu'il existe pour le nickel une Norme de Qualité Environnementale (NQE) réglementaire fixée dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

Par ailleurs, les informations fournies par la modélisation (cf. Figure 9) montrent que le panache aura un comportement différent en marée de vive-eau par rapport à la marée de morte-eau, avec une propension à se rapprocher des côtes en marée de vive-eau. Le récif de loro apparaît également comme un point certes distant mais susceptible d'être atteint par le panache, alors que celui-ci était considéré comme un point de référence non impacté.

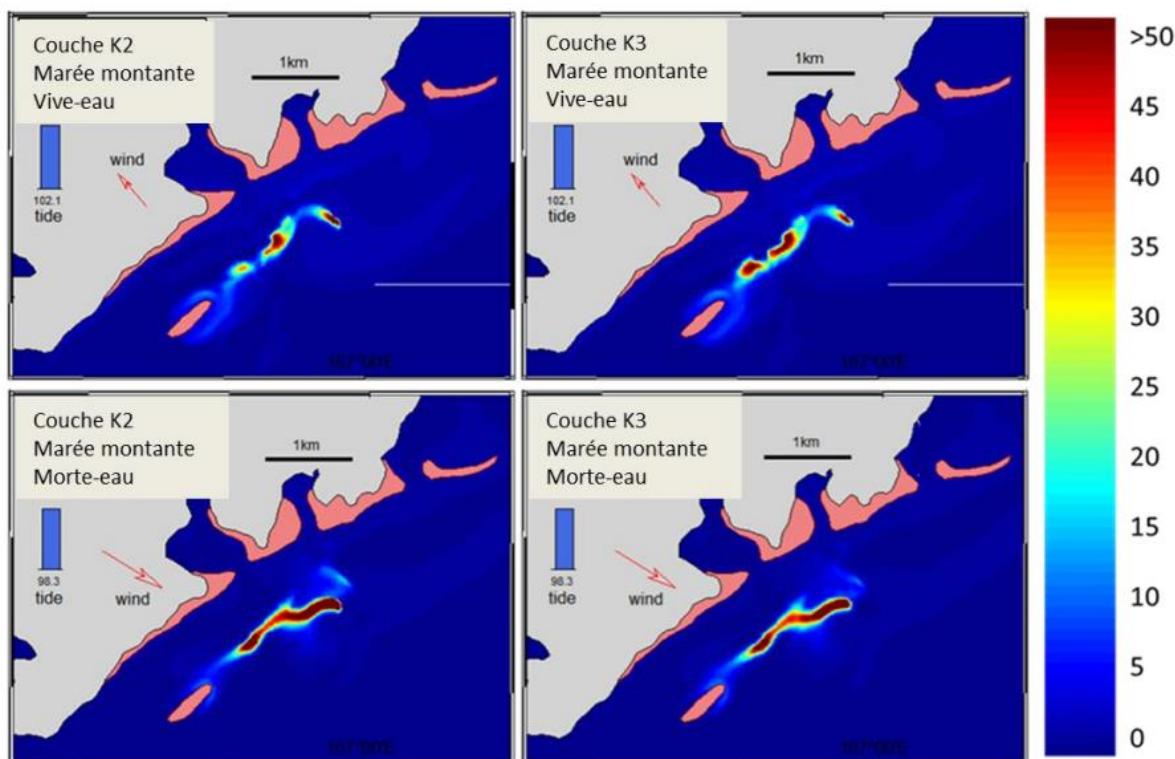


Figure 10 : Concentrations en Mn ($\mu\text{g}/\text{L}$) dans la zone d'influence du diffuseur, par marée montante pour les périodes de vive-eau (haut) et de morte-eau (bas) pour les couches K2 et K3. Conditions de simulation : 2900m³/h, 48 orifices seulement, décharge en traceur de 10mg/L (Drouzy et Fernandez, 2018).

Figure 9 Extrait du rapport AEL présentant les résultats de modélisation prédictive

6.3.4 Recommandations

Les recommandations suivantes peuvent être formulées :

Recommandations concernant le suivi de la colonne d'eau (générales) :

- Concernant le plan de suivi en milieu marin, les recommandations de l'étude E4 s'appliquent (déploiement plus important des échantilleurs passifs (point fort du suivi), application à d'autres métaux (cas par exemple du Cu, Zn, Cd) à étudier, établissement d'une liste des valeurs de référence (environnementales et sanitaires))
- Sur les figures présentant l'évolution des concentrations par station et par métal au fil des années (rapport de suivi milieu marin-Env4), il serait intéressant en complément de la ligne « rouge » représentant les limites de quantifications utilisées, de disposer d'une autre ligne représentant un éventuel seuil d'effet disponible pour le métal considéré (lien recommandation précédente). Cette approche compléterait ainsi celle basée sur l'évaluation des tendances.

Recommandations spécifiques au champ proche du diffuseur :

- La confrontation des concentrations mesurées en Nickel proche du diffuseur avec la NQE réglementaire disponible dans le cadre de la DCE serait intéressante (homogénéité de la démarche vis-à-vis du manganèse).

6.4 Suivi de la qualité de la matrice sédimentaire

6.4.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

Le suivi de la qualité des sédiments marins de surface est réalisé sur les 14 stations de suivi de la qualité des eaux de mer à fréquence triennale (sauf St16 à fréquence annuelle), à la suite d'une sélection de 18 stations dont le suivi a démarré en 2006.

Des états de référence sont disponibles IRD (2006, 2007).

Le suivi est utilisé ici pour évaluer les tendances concernant la disponibilité des métaux des sédiments.

Comme noté dans les rapports de suivi, il manque généralement de la matière (sédiments fins) sur une à 4 stations lors de ces suivis. AEL précise ainsi que seules 8 stations sont exploitables (en utilisant le dispositif de benne légère). L'évolution de réduction du nombre de suivi proposée est pertinente car le manque de continuité temporelle réduit la portée du suivi des tendances. Les points St05 et St09 étant de type récifal, on pourrait également envisager de déplacer ces points hors zone de récif.

Des études complémentaires au suivi réglementaire ont été réalisées (Fernandez et al, 2009 ; Kumar et al, 2017). Elles fournissent des informations sur la nature des fonds (carte de distribution des pelites, image des dépôts) montrant ainsi que les dépôts concernent en premier lieu le fond de la baie de Kwé.

Le réseau de surveillance comprend 4 stations dans la baie de Prony, 5 stations dans le canal de la Havannah (milieu marin), 3 stations périphériques (port Boisé, baie de Kwé, port de Goro) et 2 stations éloignées (île Ouen et Canal Woodin).

6.4.2 Méthodologie

Les prélèvements sont réalisés par une benne légère en acier inox (pouvant théoriquement légèrement contaminer les échantillons en Fe, Cr, Ni et Mo) ou au carottier tube en plexiglas (St16).

Les caractérisations réalisées sur la fraction fine comprennent une granulométrie laser, une analyse minéralogique par DRX, le dosage de la concentration totale en métaux des différents horizons de la carotte sédimentaire lors d'extraction séquentielles sélectives par un protocole adapté au milieu carbonaté fournissant les teneurs de 4 phases.

Une analyse des teneurs en carbonates et en soufre lixiviable est également réalisée pour la station St16 (pour suivre les pertes de déchargements).

6.4.3 Interprétation

La distribution granulométrique permet de distinguer 2 groupes de stations selon leur proportion de pelites, qui correspond à des zones de faible ou plus haute énergie.

Les données sur les 4 premiers centimètres sont agrégées pour les comparaisons de tendance sur la station St16, ce qui ne pose pas de soucis au vu des compositions géochimiques très proches.

Ici également les teneurs en calcite (mais également aragonite, calcite magnésienne) reflètent un apport marin, alors que les teneurs en goethite (et gibbsite) dépendent des apports terrigènes.

Des interprétations sont rendues possibles grâce à ce suivi de 4 phases géochimiques sur la répartition des métaux. Un cadre général est présenté pour l'analyse des teneurs par AEL :

- Cr, Fe et Ni sont recensés en fortes teneurs dans la phase résiduelle (latéritique) (on pourrait inclure Co) ;
- Co, Cu et Zn sont retrouvés dans la phase résiduelle mais également en plus faible proportion dans les phases réductibles (oxy-hydroxydes) et oxydables (matière organique) (le fer pourrait être présent dans cette phase) ;
- Ca est donné comme associé essentiellement à la phase acido-soluble (carbonates) mais également de manière moindre à la phase réductible ;
- Mn est retrouvé dans la phase résiduelle, mais également dans la phase acido-soluble (carbonates de Mn) et plus faiblement dans la phase réductible (oxydes de Mn).

Pour le point St16, qui bénéficie d'un suivi spécifique, le suivi de 2019 montre des sédiments composés quasi exclusivement de fraction fine pélitique composée majoritairement de calcite et de goethite.

Un accroissement en 2019 (par comparaison avec l'année 2010) des concentrations totales et résiduelles de Co, Cr, Fe et Ni est noté comme résultant d'un accroissement des apports terrigènes sans incidence sur la fraction plus facilement disponible (oxydable et acido-solubles).

Concernant les comparaisons avec les valeurs guides Australiennes et Néo-Zélandaises ainsi que les valeurs CE₁₀ pour l'eau de 3 espèces, l'étude E4, traitant plus particulièrement des aspects écotoxicologiques, a émis des réserves concernant la méthodologie d'évaluation des risques appliquée.

A ce stade, il semble difficile de pouvoir évaluer l'influence du rejet de l'émissaire sur les sédiments fins, et la station implantée au plus proche du panache supposé et d'utilisation effective (St07) est essentiellement sous influence marine (du fait du ratio Ca/Fe). Les dernières modélisations montrent néanmoins une localisation dans l'axe du panache et une utilisation possible de ce point.

En dehors de ce point St07 et d'un point de référence à conserver en milieu marin, une concentration des moyens sur les baies, les plus soumises à la sédimentation est à considérer.

6.5 Suivi de densités de flux verticaux de particules

6.5.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

Un état de référence a été réalisé en 2006-2007.

Les objectifs de ce suivi sont multiples et il consiste à évaluer les apports :

- concernant l'extension progressive de la mine dans le bassin de la Kwé ;
- évaluer les apports dans la rade Nord liés aux rejets de l'usine ;
- évaluer les apports liés au rejet de l'émissaire et leurs effets (rémanence du Gypse , minéraux co-précipités).

Ce suivi est effectué depuis 2014 sur 3 stations localisées à proximité du Creek de la Baie Nord (St15), dans le chenal de la Baie de Kwé (St06-KW1) et dans le canal de la Havannah à proximité du diffuseur, vers le milieu du diffuseur (St60-NE).

Il est effectué à fréquence semestrielle.

Les pièges à sédiments sont positionnés sur des lignes lestées à 3 m au-dessus du fond pour réduire l'influence des particules déjà sédimentées.

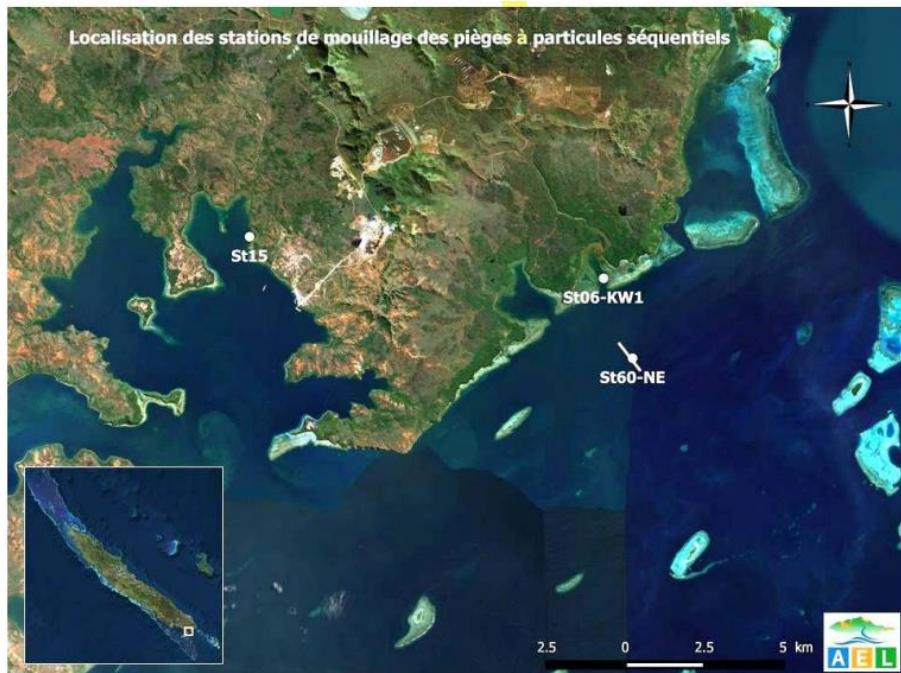


Figure 10 : Extrait de la localisation des stations faisant l'objet d'une mesure de densité des flux verticaux de particules (ENV_4, AEL, 2019).

La localisation de la station St60-NE pose potentiellement des problèmes de représentativité, du fait de sa position par rapport à la zone effective du diffuseur. Le diffuseur présente des problèmes plus ou moins chroniques liés à des encroutements de type carbonatés qui bloquent la diffusion des rejets au-delà du premier quart/tiers de celui-ci.

Par ailleurs, la station St60-NE est localisée légèrement en amont des courants dominants (positionnement NE), ce qui limite également la représentativité liée au panache. Les « empreintes type » de l'effluent par traçage à la rhodamine-WT ont été réalisées sur la station St60-SW positionnée en aval de l'émissaire.

6.5.2 Méthodologie

Les MES collectées de manière séquentielle sont tamisées pour extraire la fraction fine qui fait l'objet d'analyses (granulométrie laser, minéralogie par DRX, teneur en carbonates d'après attaque totale, dosage élémentaire par ICP-OES (Ca, Mg, S, Co, Cr, Fe, Mn, Ni)).

Le dosage de la teneur en carbonates à partir des concentrations en Ca et Mg obtenues après une attaque totale par fusion alcaline pose potentiellement le souci de la présence du Ca et du Mg dans d'autres associations minéralogiques que les carbonates. Ce point a fait l'objet d'une remarque des auteurs des rapports AEL.

6.5.3 Interprétation

L'interprétation des flux de MES est réalisée d'après le ratio Ca/Fe qui fournit une estimation des influences terrigènes (Fe) et marines (Ca).

Il faut noter à ce stade qu'une dérive naturelle de ce ratio pourrait être engendrée par la modification de la localisation des plus forts courants (dans le chenal de la baie de Kwé). La position centrale de la station St06-KW1 dans l'axe du chenal limite néanmoins ce biais mais réduit également la sédimentation de particules fines.

Les facteurs précipitations et régime des vents semblent expliciter l'apport sur les stations St15 et St06-KW1.

Pour la station st60-NE, le panache latéritique est décrit comme très dilué à cette station, mais le courant fort marin limite la sédimentation aux éléments les plus grossiers, non recherchés ici.

On note dans le relevé du 2^{ème} semestre 2019 (ENV_4, 2019, AEL) un enrichissement en matériau latéritique sur les stations St60-NE et St60-KW1 d'après les ratios Ca/Fe, par rapport à l'état de référence de 2007. Un enrichissement en soufre est observé en St60-NE, sans que les analyses minéralogiques permettent d'observer une phase de gypse.

Les interprétations liées à l'influence de l'activité de l'usine restent limitées du fait de l'absence de paramètres synthétiques quantifiés concernant l'activité de la mine, de l'unité de préparation du minerai, des flux traités et des flux stockés dans le parc à résidus. Des paramètres sont proposés pour expliciter l'activité de l'usine :

- volume d'extraction minière, volume stocké ;
- flux de préparation de pulpe de l'UPM dans la période considérée, niveaux de remplissage des bassins de rétention de la mine, surface ouverte dans les nouveaux horizons d'exploitation ;
- flux en sulfate, sels et autres minéraux émis par l'émissaire.

L'interprétation des variations autres que celles liées aux directions et vitesse de vents et aux précipitations est alors proposée.

L'incidence d'un ralentissement de l'exploitation (2014) est ainsi évoquée par AEL (rapport de septembre 2014) lors de l'interprétation des valeurs à la baisse des concentrations en métaux dans les particules issues de la Kwé sans pouvoir rattacher ce constat à une donnée précise d'exploitation.

Nous préconisons ici de pouvoir disposer de variables explicatives liées à l'exploitation (on n'a pas identifié de flux mesurés/calculés/estimés autres que les flux mensuels de manganèse (qui sont suivis selon l'arrêté N°2767-2016/ARR/DIMEN et repris dans le rapport annuel de surveillance des émissions des rejets liquides, rapport Prony Resources NC, mars 2022)).

La recommandation de AEL du rapport de synthèse décennale (2010-2020) traitant de l'ajout d'une station dans la baie de Port Boisé nous semble pertinente, en particulier du fait de l'accentuation prévisible des dépôts sédimentaires dans le bassin de la Kwé (du fait de l'extension de la mine) et de transferts possibles vers le secteur adjacent défini comme référent de port Boisé.

Nous préconisons également de réaliser un suivi sur deux années sur le point St60-SW en complément du point St60-NE pour mieux identifier l'importance de la direction du courant dans ce secteur.

6.6 Suivi du taux d'accumulation sédimentaire

6.6.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

Des campagnes ont été réalisées en 2006, puis 2009 pour définir un état de référence. Des extractions manuelles par une équipe de plongeurs ont été utilisées pour définir l'état de référence.

Ce suivi est réalisé sur 4 stations, dans le chenal de la baie de Kwé (St06, sur un point un peu plus proche du littoral que la station de mesure de densité des flux St06-KW), à proximité de l'Ile Ouen (St13), dans la baie de Prony (port de Prony (St16), baie Nord (St15)) .

L'objectif de ces suivis est d'estimer la dynamique de la sédimentation en utilisant des traceurs.

Ce suivi est effectué à fréquence triennale.

6.6.2 Méthodologie

Les mesures comprennent un prélèvement par carottier puis une découpe des différents horizons centimétriques. Sur chaque horizon sont effectuées une analyse de la concentration totale en métaux et une datation par diverses techniques.

Sur une sélection visuelle de 4 horizons, une analyse granulométrique laser et minéralogique par DRX est conduite. Un dosage des carbonates à l'acide est réalisé.

Les méthodes d'extraction et de mesure n'appellent pas de commentaires particuliers.

Les caractéristiques physiques (densité humide et sèche) sont également mesurées pour évaluer l'état de compaction des sédiments.

6.6.3 Interprétation

Après vérification des caractéristiques physiques (densités), la composition granulométrique ainsi que la teneur en CaCo₃ (mesuré au calcimètre de Bernard) est comparée sur les profils entre les campagnes.

Le profil est alors établi pour les métaux d'origine latéritiques (Co, Cr, Fe, Ni) ainsi que pour Ca et Mn.

Des matrices de corrélations sont réalisées entre les teneurs mesurées pour évaluer le comportement des métaux.

La présence de variations importantes du Ca en St16 (généralement relativement stable) suppose une alimentation détritique/terrigène plus importante sur cette station en 2020, à confirmer par l'étude des autres variables explicatives.

Cette croissance récente en teneur et en minéraux latéritiques (goethite +gibbsite) est également observée au point St15, sous la forme d'apports en « régime pulsé » en matériel terrigène.

Des apports variés sont également observés sur la station St13, station sous influence marine, qui présente des évolutions particulières, liés à la forte énergie locale.

La station Kwé présente le profil le plus intéressant comprenant des évolutions nettes et des apports de matériaux plus grossiers, supposant des apports massifs. Par ailleurs les minéraux latéritiques deviennent majoritaires.

Des variations assez nettes de comportement sont observables entre 2010/2013 et 2017/2020.

Le lessivage des sols est invoqué pour des valeurs récentes et faibles de taux de sédimentation. Il faut noter que le taux de sédimentation est nettement plus élevé dans la partie récente du sédiment (x 7) (MM_29, AEL, synthèse 2010-2020).

Les recommandations émises par AEL (dont relocalisation de St16 en dehors de la zone de mouillage, fréquence plus réduite à évaluer (quinquennale), ajout d'un site de suivi dans la baie de Port Boisé (à fréquence quinquennale)) sont pertinentes. Nous proposons toutefois de distinguer les stations St16 et St06 et de réduire la fréquence de suivi des autres stations, car il persiste un risque de déplacement des sédiments dans le chenal de la Kwé (St06) et à proximité de la zone de mouillage (St16).

6.7 Suivi du biote

6.7.1 Etat de référence, objectifs et localisation des stations

Les suivis des récifs et des poissons sont réalisés selon les prescriptions de la Direction de l'Environnement de la province Sud de 2006, validées par la suite dans la Convention pour la Conservation de la Biodiversité établie en 2009.

Il faut noter qu'il sera nécessaire de prévoir de réviser régulièrement les stratégies d'échantillonnage ou de suivi des milieux considérés afin de suivre au mieux les impacts attendus ou mesurés du fait de l'ancienneté du protocole, des informations collectées depuis et des évolutions de l'exploitation.

Des nombreux rapports sont recensés concernant les états de références du milieu marin et des communautés corallieennes (ACREM (2000, 2005), A2EP (2007), ...) avant la réalisation des suivis par Vale NC puis Prony Resources NC (AQUATERRA, ACREM).

Les stations sont distribuées dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin. Elles sont au nombre de 12 (la station St10 (Réserve intégrale Merlet) a été réintroduite en 2020 pour servir de station de référence) pour les suivis environnementaux.

Il n'y a pas de concordance précise entre les points de station de surveillance de qualité des eaux marines et de suivi de l'environnement. Une certaine proximité entre les stations de suivi de qualité des eaux et des stations environnementales existe pour certaines stations ou suivi sédimentaire, mais une concordance plus nette aurait peut-être permis de compléter les variations enregistrées sur certains paramètres environnementaux.

Les stations sont plutôt uniformes en termes de profondeur, mais varient pour leur pente, la diversité des récifs coralliens et leur niveau d'exposition aux facteurs anthropiques (l'usine de Vale, avec son port et son diffuseur).

Ce nombre de stations est faible compte tenu de l'étendue de la zone d'influence. On note une répartition assez contrastée et disparate sur la zone d'étude, la répartition ne paraît pas forcément judicieuse. En effet on compte

- 7 - 8 stations sur le canal de la Havannah (rejet de l'émissaire, bassin versant de la baie de Kwé impactée) ;
- 3 stations dans la Baie de Prony (activité portuaire et bassin versant impacté (usine , base vie)
- une seule station dans le canal de Woodin.

Les 2 derniers sites (Baie de Prony et Canal de Woodin) présentent des biotopes très diversifiés. Il serait nécessaire de compléter l'échantillonnage en positionnant des stations supplémentaires sur les 2 sites si une étude plus fine de ces sites serait à entreprendre (dans le cas de nouveaux rejets dans cette zone) .

Le choix des stations reste une problématique importante. Il n'est pas possible de couvrir l'ensemble de la zone considérée, toutefois il faut essayer de limiter le biais d'un échantillonnage aléatoire ou systématique (les localisations restant fortement influencées par la présence de récifs ou les possibilités d'échantillonnage),



Figure 11 : Localisation des stations de surveillance du milieu marin, VALE (2020)

On note une absence de station dite de contrôle ou témoin (référente), ce type de station est très délicate et difficile à identifier dans le contexte et le protocole s'en est affranchi.

Les suivis sur la période 2007-2019 montrent que la houle, les courants de marée, la turbidité et la salinité sont fortement variables et influencés par des événements météorologiques importants qui affectent grandement les paramètres de santé des récifs coralliens mesurés. Ces facteurs naturels diminuent l'efficacité du suivi des stations pour détecter les impacts anthropiques dus à l'activité minière et au rejet d'effluents.

Une absence de station est notée :

- directement/ à proximité de la conduite ou à proximité des diffuseurs (en champ proche, la conduite créant de par les rejets de matières solides (encroûtements) un environnement de type récif artificiel qui semble recherché par la faune) ;
- positionnée près des récifs littoraux de la baie de Prony. Ces récifs sont dégradés par les panaches turbides anthropiques (rejets des rivières) ils subissent également les impacts climato météo chronologiques.

La station de Puka (st08) présente un contexte environnemental spécifique sans relation avec l'émissaire. En effet cette station est plus soumise aux pressions anthropiques et océano-météorologiques (hôtel/dessalure/ hydrodynamisme/ activités dépressionnaires).

La recommandation est donc d'augmenter le plan d'échantillonnage, en particulier si des nouveaux types de rejets, non pris en compte ici, sont constatés dans la Baie de Prony. Du fait de la disparité entre les stations, les suggestions sont d'ajouter des stations de suivi afin d'avoir aussi de stations de référence (préconisations émises dans le Guide de suivi de la qualité du milieu (ENV9). La possibilité de reprendre les suivis au niveau de la station Merlet va dans ce sens.

On constate également la faible représentativité des stations et surtout l'absence de stations dans le proche environnement des effluents de diffusion. Il faudrait élargir le réseau en ajoutant des stations en rade du Nord, autour des baies de port Boisé et de Kwé, et en Grande rade Nord si des rejets autres (ou de nouvelles substances) que les rejets de l'émissaire sont suspectés dans l'avenir, des préconisations de suivi écotoxicologique limitant les risques liés à ces derniers.

6.7.2 Repérage de stations

Les suivis annuels/ bi-annuels doivent être réalisés dans les mêmes conditions et sur les mêmes sites pour rester pertinents. La grande difficulté réside dans le repérage des stations / transects. Il est nécessaire d'adopter dès la première mission une méthodologie fiable.

Ainsi, la procédure a consisté en la mise en place de piquets positionnés et régulièrement nettoyés avant chaque opération. L'opération de localisation et de nettoyage des piquets, qui est déconnectée de l'opération de suivi proprement dit afin de ne pas induire de perturbations, est pertinente.

La vérification de la localisation des stations sur le terrain avant l'échantillonnage permet ainsi éviter toute perturbation au moment de ces vérifications.

Une technique pour repérer/positionner et décrire les stations avec une disposition des piquets, des points remarquables, avec un déroulement écrit, pourrait être mise en place et permettre à d'autres d'équipes de se retrouver sur le site pour permettre éventuellement de compléter les suivis pour des thématiques de recherche.

6.7.3 Méthodologie « substrat »

6.7.3.1 Transects

La méthodologie générale recommandée par le Guide et appliquée aux caractéristiques morphologiques des stations définit plusieurs transects de 20 m de long à chaque station (3 transects de 20 mètres) .

Dans le cas présent, cette méthodologie a été adaptée et ne répond pas forcément aux exigences. En effet, la méthodologie présentée comporte 3 transects de 20 m (couloirs de suivi) du LIT. Le choix s'est ensuite porté sur la mise en place de transect qui sont situés à 3 profondeurs différentes (varient entre 4 et 22 m, sur le haut du tombant, sur le milieu du tombant et au niveau du tombant (cf. figure jointe). Ainsi, les transects vont être sur des faciès différents.

A noter que 4 stations n'ont que 2 transects (station Ilot Casy, station Creek baie nord, station récif. Puka et station Hugo).

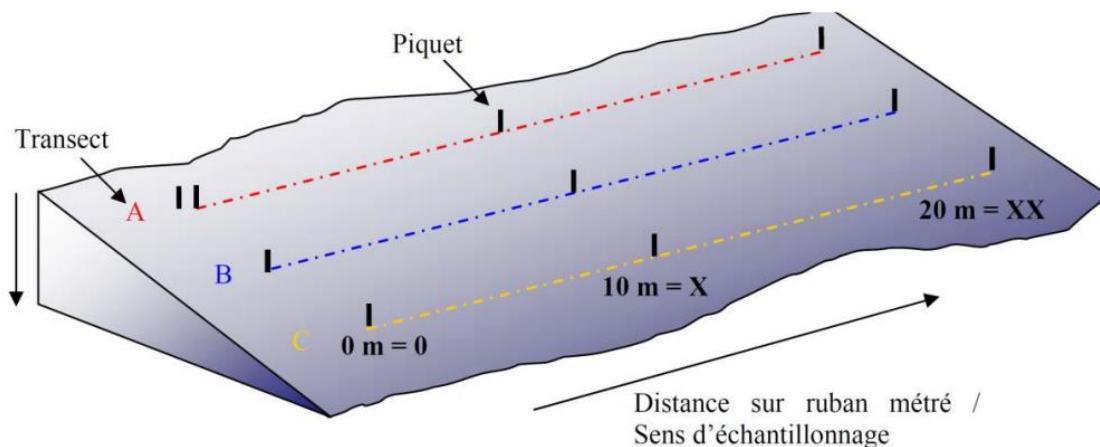


Figure 12 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C) de 20 m de long (VALE, 2019)

Conformément au guide il y a bien trois transects dans la majorité des cas, par contre ceux-ci ne peuvent être considérés comme étant des « réplicas » ; De ce fait pour le traitement des résultats il ne pourra pas être effectuer de moyenne sur les transects d'une station - chaque transect est une unité spécifique (Il ne peut pas être effectué de moyenne des résultats des LIT (substrat) des 3 transects d'une station).

Cette méthodologie a cependant été suivie avec attention depuis 2007 sur les mêmes stations et les mêmes transects exactement. Le traitement des données devra donc en être adapté Il n'y a aucune variable aléatoire par station, le suivi temporel effectué se fera par comparaison d'une station à chaque suivi, transect par transect. La différence annuelle est la variable aléatoire.

6.7.3.2 Observations LIT

La méthode appliquée est la méthode LIT (line Intercept transect) qui est une méthode très largement reconnue et utilisée. C'est la méthode dite « en point fixe » car toutes les espèces et le substrat sur le transect sont notées.

Elle permet d'évaluer les variabilités du substrat du suivi environnemental réalisé tous les semestres ou tous les ans.

Cependant, cette méthode ne permet pas d'avoir une représentativité de la biodiversité de la zone car les données prises en compte sont exclusivement celles présentes sous le ruban (effet restrictif).

La dérogation au cahier des charges est pertinente pour compléter cette méthode et avoir des supports complémentaires. Les équipes d'experts ont réalisé des vidéos de chaque transect ainsi que des photographies des objets représentatifs.

6.7.4 Méthodologies sur benthos

Outre le protocole d'échantillonnage, des inventaires détaillés sont réalisés dans le but de décrire les présence/absence ou abondance de taxons cibles. Un pourcentage de recouvrement est calculé en fonction de l'abondance d'individus ou du recouvrement surfacique.

Une évaluation du blanchissement est également réalisée ainsi que le suivi d'autres indices liés à l'état de santé des coraux.

La méthode appliquée est celle de « l'observation sur couloirs ». Cette méthode donne une bonne représentation des communautés benthiques (inventaires faunes et flores) et du substratum (description géomorphologique).

Le protocole appliqué est celui de la méthode d'observation sur couloir adaptée car les largeurs sont de 5 m soit 2,5m de part et d'autre du transect d'une longueur 20 m.

La surface de prospection de la zone est importante et équivalente à 300 m² par station. Elle est très largement supérieure aux recommandations préconisées dans le guide suivi de la qualité du milieu (transect de 10 à 20 m et couloir de 1 m de large).

Cet échantillonnage permet de quantifier la richesse spécifique biodiversité et de montrer si des changements ont lieu sur les taxons sensibles qui étaient énoncées dans le cahier des charges.

La dérogation au cahier des charges est ainsi très pertinente. Les opérateurs ont réalisé des prestations complémentaires par rapport au cahier des charges. De même, les déterminations ont été faites autant que faire se peut au niveau taxonomique le plus bas.

De 2009 à 2015, le même protocole est mis en œuvre (des améliorations avaient été apportées). En juin 2009, il a été proposé d'ajouter à la liste des taxons : les scléractiniaires, les alcyonaires, les cyanobactéries, les espèces particulières et les espèces exogènes.

Cependant tenu des intérêts contractuels le protocole a dû être allégé en 2017 concernant la prestation sur la diversité et l'abondance scléractiniaires / blanchissement .

Jusqu'en novembre 2016, l'échantillonnage des stations comprenait les communautés biotiques (les coraux durs dont les coraux scléractiniaires, les autres invertébrés et les macrophytes) et une description géomorphologique (le substratum).

Depuis la mission d'avril 2017 (suite aux restrictions budgétaires), Prony Resources NC n'a pas élargi autre mesure « *les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires ainsi que le substratum n'étant plus inventoriés, le blanchissement n'a été évalué que par estimation visuelle du recouvrement* ».

Ces modifications sont dommageables puisqu'il y a une perte d'informations sur le benthos, en particulier si on souhaite utiliser celui-ci pour évaluer les modifications dans le temps.

6.7.5 Méthodologie concernant le suivi des poissons

Pour le suivi des poissons, la méthode dite de transects à largeur variable (TLV) est imposée par le cahier des charges, elle doit permettre d'évaluer les variations des paramètres liés à la structure des populations ciblées.

Par souci d'amélioration l'échantillonnage a été agrandi à la station complète et non aux seuls transects ainsi les poissons ont été repérés sur des surfaces de 25 ares.

De manière pertinente, les périodes d'échantillonnage ont été ajustées en fonction des coefficients de marée et des vives ou mortes eaux, afin de s'affranchir des variations de comportement des espèces.

Les densités et biomasse des poissons sont calculées par des formulations théoriques.

La stabilité spatiale et temporelle est alors évaluée par des analyses et tests statistiques.

Des indices sont alors calculés à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité pour évaluer de manière globale la qualité du peuplement.

On peut constater que le coefficient de variation de ces indices est élevé pour tous les paramètres et pour les stations du canal de la Havannah, qui regroupent des milieux assez différents.

Une distinction serait à réaliser dans les stations du canal de la Havannah.

Une appréciation de la qualité du peuplement est réalisée. On ne note pas de variation évidente de cette qualité en relations avec des paramètres du milieu.

La méthode du TLV (imposée par le cahier des charges) ne fait pas partie des méthodes de "distance sampling" [R34 à R37, R69], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin. En effet, le TLV déroge aux hypothèses de base de ces méthodes d'évaluation à distance, d'une part du fait de la distribution de l'objet à dénombrer (i.e. les poissons) et d'autre part du fait que l'opérateur influence, par sa seule présence, la distribution et le positionnement de cet objet.

Le protocole TLV peut être amené à être critiqué dans le cas présent pour plusieurs raisons :

- fluctuations importantes inter et intra stations/interruptions sur densité (1 à 12) et biomasse (1 à 70), méthode influencée par la turbidité ;
- méthode apportant des variabilités artificielles aux mesures compte tenu du comportement même du poisson ou des bancs de poissons. En effet, les bancs les plus fréquents et importants sont de *Caesio spp.*, *Acanthurus mata* ou de *Naso spp.*, *Chromis spp.* (*C. iomelas* ou *C. margaritifer*). Tous n'ont pas le même comportement, certains se déplacent lentement (*Caesio*, barracudas), d'autres par « à coups » (Pomacentridés), d'autres sont agités (*Scarus spp.*, Carangues) voire très agités, mais restent sur la station autour du plongeur toute la plongée (*Lutjanus adetii*, *Aprion virescens*, etc.), ou moins d'une minute (*Carangues spp.*). En fonction de sa position sur le transect l'estimation de biomasse est fluctuante. Certaines espèces, notamment de Pomacentridae (*Chromis iomelas*, *C. margaritifer*, *C. viridis*, *Dascyllus reticulatus*), forment des bancs qui ne fuient et qui au contraire sont attirés par le plongeur.
- remise en question de la méthode en tant que « distance sampling »,...

Les auteurs du rapport environnemental d'octobre 2015 ont également mentionné que « *Ainsi, il s'avère que sur les 11 ans de suivis , les conclusions peuvent manquer de pertinence au regard de la problématique du rejet* » :

- sur la période d'observation de 11 ans, considéré comme « un temps long », le peuplement de poissons est stable.
- sur « le temps court », c'est-à-dire d'une mission à l'autre, le peuplement change beaucoup. Un très petit nombre d'espèces sont invariablement présentes sur une même station. Beaucoup disparaissent sur quelques saisons et reviennent.

On constate que

- **quantitativement** le nombre d'espèces sur une station varie peu d'un suivi à l'autre ;
- **qualitativement** les espèces changent il y a des successions de cortèges

Le peuplement ichtyologique est dynamique et variable à une petite échelle de temps mais stable à long terme (remarques mentionnées depuis 2018 et confirmées en 2020).

Les activités humaines ne l'ont jusqu'à maintenant pas affecté.

6.7.6 Reproductibilité des suivis

Les difficultés sur la reproducibilité des suivis ont été soulevées car selon la saisonnalité les résultats peuvent être modifiés – occultant ainsi les effets recherchés à savoir ceux de l'émissaire de rejet.

En effet, les études étant tributaires des ordres de mission / commandes du client mais également les périodes de tempêtes tropicales / cyclones qui ont pu perturber le cycle de suivi.

6.7.7 Recommandations

Les caractéristiques hydrodynamiques de la zone, l'impact saisonnier et les épisodes de fortes précipitations sont autant de facteurs de complexité pour l'interprétation. Ainsi, les résultats de simulations réalisées à partir de modèles robustes et validés pour les conditions locales peuvent s'avérer tout aussi pertinents.

L'évolution constatée et attendue de la composition de l'effluent et les conditions de rejets dégradées sur certaines périodes ne semblent pas se traduire de façon significative dans les résultats du suivi environnemental.

6.7.7.1 Cadre de l'étude (cahier des charges)

Le Cahier des Charges mériterait d'être revu en tenant compte des remarques pertinentes apportées par les scientifiques responsables des suivis environnementaux.

Notamment concernant le suivi ichtyologique des améliorations peuvent être apportées sans qu'elles n'affectent le budget du suivi .

6.7.7.2 Choix des stations - transects - positionnement

A la lecture des documents, nous pouvons constater sur le choix des stations qu'il serait nécessaire de :

- Réaliser l'échantillonnage de transects en réplicas aléatoires - en plus des transects existants
- Créer un guide de l'interprétation des catégories pour le LIT qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises in situ, sur les stations concernées.
- Augmentation du plan d'échantillonnage : disparité entre les stations. Suggestions d'ajouter des stations de suivi afin d'avoir aussi de stations de références (préconisations émises dans le Guide de suivi de la qualité du milieu (ENV9) ; constat de la faible représentativité des stations et surtout de l'absence de stations dans le proche environnement de la conduite et des effluents de diffusion. Il faudrait élargir le réseau en ajoutant des stations en rade du Nord autour des baies de port Boisé et de Kwé et en Grande rade Nord.

6.7.7.3 Méthodologie et périodicité des suivis

Les recommandations proposées sont :

- Imposer de toujours travailler avec les mêmes observateurs (et si possible que l'observateur soit également le rédacteur du rapport), imposer un temps d'observation minimal pour s'assurer de la pertinence du suivi (2 stations par jour) ;
- Adapter la périodicité du suivi aux biotes suivis : Il y a une saisonnalité notamment chez les algues rouges (*Trichogloea requienii* et *d'Asparagopsis taxiformis*, caractère invasif).
- Maintenir et intensifier des suivis sur les organismes fixés et sur le substrat – coraux primordiaux notamment par le biais des facteurs comme le recouvrement, la biodiversité, l'épidémiologie, la dynamique des populations.
- Choix de la station de suivi : il ne faut pas fausser les observations en prenant dès le départ de mauvais indices (recommandations pour une station initiale présentant au possédant entre 30 et 60% de recouvrement corallien).
- Ajuster de manière systématique les périodes d'échantillonnage en fonction des coefficients de marée et des vives ou mortes eaux pour le suivi des poissons afin de s'affranchir des variations de comportement des espèces.

6.7.7.4 Suivi ichtyologique

Le suivi de l'ichtyofaune (espèces vagiles) reste intéressant par la forte biodiversité mais n'apparaît pas comme un indicateur de la qualité du milieu - en effet les poissons ont la faculté de se mouvoir et ainsi d'éviter les milieux hostiles à leur bon développement.

6.7.7.5 Suivi du corail

Le suivi du corail est primordial. L'agencement d'une station pour un suivi environnemental doit être fait en regard de l'étude du corail. Le LIT, la faune et flore benthiques doivent venir en appoint et sont aussi nécessaires pour leurs apports de données quantitatives.

Il est donc proposé de reprendre le suivi sur les coraux scléractiniaires qui ont l'avantage d'être fixes et très sensibles aux variations de l'environnement. Ils sont de très bons indicateurs et ils sont considérés comme « des sentinelles avancées majeures » pour les suivis biologiques. Il est nécessaire d'étudier la diversité et l'abondance (biodiversité, épidémiologie et dynamique des populations : recrutement, croissance et mortalité) des coraux pour détecter des perturbations et ainsi caractériser l'état de santé des récifs à court/moyen et long terme ;

- maintenir le suivi des espèces invertébrés (hors coraux durs) ;
- maintenir la surveillance des espèces cibles et envahissantes ;
- adapter si possible le suivi des macrophytes ;

6.8 Surveillance de l'herbier de la baie Kwé

6.8.1 Contexte, objectif et référence

Le suivi est récent (2017), mais une première mission effectuée en avril 2014 a permis de repérer des quadrats et de fournir des données sur le biote. Ce suivi est volontaire et a pour objectif de suivre dans le temps l'évolution qualitative (biodiversité et densité) de l'herbier présent dans la baie de la Kwé.

Le suivi a été effectué sur des stations réparties de part et d'autre du chenal sur des points à une distance croissante de la côte.

Les quadrats immergés sont matérialisés.

L'étude initiale a sélectionné 4 stations dans l'Herbier Ouest (HO) et 3 stations dans l'Herbier Est (HE).

Ce suivi est réalisé tous les 3 ans (deux campagnes sont disponibles : 2017 et 2020) sur 4 stations, 2 stations dans l'herbier ouest (HO02 et HO04) et 2 stations dans l'herbier Est (HE01, HE03).

6.8.2 Méthodologie

La méthodologie se résume à l'étude des phanérogames au travers des paramètres tels que la biodiversité, le pourcentage de recouvrement et la densité.

Au sein des quadrats de 50 *50 cm, 25 carrés de 10 * 10 cm permettent d'obtenir 9 répliques. Chaque pied est compté pour évaluer la densité.

6.8.3 Interprétation

Les stations présentent des abondances et des densités très variables des 3 espèces majoritaires (*Cymodocea serulata*, *Halodule universis* et *Halophila ovalis*).

On note une baisse générale de densité de l'herbier en 2020, peu marquée par rapport à 2017, mais plus marquée par rapport à 2014, particulièrement pour la station HO04, l'herbier à l'Est étant plus dense.

D'après la réglementation sur les écosystèmes d'intérêt patrimonial, les herbiers et les massifs coralliens de la baie Kwé sont classés « Ecosystèmes d'intérêt patrimonial » selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud (AQUATERRA, 2020) du fait de leur étendue.

Les recommandations émises par les auteurs du rapport (maintien du suivi qualitatif, étude globale de la répartition des écotypes (herbiers, récifs) et des communautés benthiques semblent pertinentes.

Nous préconisons de compléter l'analyse du prochain suivi (2023) par les informations issues de l'étude de la dynamique sédimentaire locale (densité de flux, taux d'accumulation). Les surfaces ouvertes à

l'exploitation dans le bassin versant de la Kwé pourront fournir potentiellement également des variables explicatives.

La liaison entre les phénomènes d'hyper-sédimentation visibles dans le fond la baie et les résultats du suivi réalisé seront également confirmé avec l'étude du benthos.

6.9 Conclusion sur le milieu marin.

6.9.1 Points généraux

Un suivi de grande envergure a été mis en place comportant le suivi de nombreux compartiments (eaux, sédiments, biote) et les évolutions de ceux-ci. De manière générale on peut noter l'effort important porté sur la mesure des paramètres potentiellement impactés et sur l'interprétation par la réalisation des synthèses décennales qui ont été consultées (documents de l'étude E4).

En résumé, il est possible de dire que le suivi environnemental pour le milieu marin mis en place est relativement complet en termes de matrices suivies. L'ensemble des matrices pertinentes sont surveillées avec des stations de suivi réparties dans le champ proche et éloigné du diffuseur dans le canal de la Havannah avec des stations sous influence du rejet et d'autres dites de référence hors de cette zone d'influence. A noter également la réalisation d'un état de référence avant l'implantation de l'usine (2007).

Des chroniques de suivi longue sont disponibles dont l'interprétation n'est toutefois pas toujours facile au regard des évolutions des campagnes dans le temps (abandon de certaines pratiques (suivi écotoxicologique, suivi biote, évolution vers les échantilleurs passifs), difficulté d'obtention de certains échantillons de biote en particulier lors des 1ere campagnes, repositionnement de certaines stations ...).

L'analyse des données associées aux suivis physico-chimiques réalisés montre qu'il est néanmoins difficile d'interpréter les résultats au regard d'un impact écotoxicique sur le milieu marin (difficultés concernant l'interprétation des variations de concentrations dans la colonne d'eau au regard de l'ensemble des paramètres environnementaux influents à considérer et des potentiels autres apports terrigènes en métaux, fond géochimique, méthodes d'évaluation des risques appliquées non satisfaisante...).

Du fait du grand nombre de paramètres susceptible d'interférer dans les suivis concernant le milieu marin, nous proposons quand cela est possible de voir si des variables explicatives complémentaires seraient mesurables pour mieux identifier les causes des variations observées qui sont difficilement traduites (pour la plupart) avec les variations de l'activité sur le site.

La difficulté d'utiliser les états de références dans un contexte de variabilité importante annuelle lié en grande partie aux variations climatiques et océanique rend délicate l'interprétation par rapport à ces états.

Un suivi des rejets est proposé dans l'étude E4 pour mieux évaluer l'impact écotoxicique, de manière à limiter les biais liés aux milieux (influence climatique, prédatation possible, ...).

Le suivi de la colonne d'eau des stations reste particulièrement utile à proximité des sources du fait de fort hydrodynamisme du canal de la Havannah : il semble difficile de pouvoir observer un effet du fait des dilutions réalisées (plus de 1000 à 60 m : facteur 1200 (SW60) et 1900 (NE60)) en fonctionnement normal). Le fonctionnement dégradé du diffuseur sur la partie proximale peut potentiellement engendrer des concentrations plus élevées non observées précédemment du fait de la concentration (d'un facteur 4) des débits.

L'influence de la mine (et potentiellement de l'UPM, des pistes, des bassins) est visible dans la baie de Kwé pour ce qui concerne l'apport sédimentaire. Les accidents de l'usine seront également potentiellement visibles sur les stations les plus proches des Creeks dans la baie de Prony. L'extension des zones minières peut potentiellement augmenter les transferts de sédiments dans la baie de Kwé : nous préconisons de ce fait de suivre plus particulièrement cette baie en conservant la fréquence de suivi, voire en ajoutant une station comme proposé par AEL dans la baie proche de Port Boisé.

6.9.2 Points spécifiques

Suivi de la colonne d'eau

Tout comme dans l'étude E4, nous recommandons de pouvoir utiliser des échantillonneurs passifs pour une meilleure intégration dans le temps (et éventuellement des seuils d'analyse plus faible) et d'établir une liste des valeurs de référence (environnementales et sanitaires) à utiliser pour les composés présents dans l'effluent. Lors de l'établissement de cette liste, il conviendra alors de vérifier si les ajustements de ces valeurs de référence sont susceptibles d'entraîner une révision des évaluations des risques réalisée.

Comme expliqué dans l'étude E4, on peut regretter l'arrêt du suivi de certains polluants d'intérêt (tels que Cu, Zn, Cd) dans le champ proche. Il aurait été intéressant, de rechercher par échantillonneurs passifs l'ensemble des métaux potentiellement présents au moins pour les premières campagnes. La présence de micro-paillettes/agrégats riches en métaux observés sur la coque des THOËs constitue un point à investiguer pour mieux comprendre la répartition de ceux-ci dans le champ proche.

Suivi de la qualité des sédiments marins

L'influence du rejet de l'émissaire sur la qualité des sédiments fins en champ éloigné est difficile à discerner.

En dehors du point St07 et d'un point de référence à conserver en milieu marin, une concentration des moyens sur les baies, les plus soumises à la sédimentation, est à considérer.

Suivi des densités de flux verticaux

La recommandation de AEL du rapport de synthèse décennale (2010-2020) traitant de l'ajout d'une station dans la baie de Port Boisé nous semble pertinente, en particulier du fait de l'accentuation prévisible des dépôts sédimentaires dans le bassin de la Kwé (du fait de l'extension de la mine) et de transferts possibles vers le secteur adjacent défini comme référent de port Boisé (du fait du fonctionnement dégradé du diffuseur et des courants côtiers).

Nous préconisons également de réaliser un suivi sur deux années sur le point St60-SW en complément du point St60-NE pour mieux identifier l'importance de la direction du courant dans ce secteur.

Suivi des taux d'accumulation sédimentaire

Les recommandations émises par AEL (dont relocalisation de St16 en dehors de la zone de mouillage, fréquence plus réduite à évaluer (quinquennale), ajout d'un site de suivi dans la baie de Port Boisé (à fréquence quinquennale)) sont pertinentes. Nous proposons toutefois de distinguer les stations St16 et St06 et de réduire la fréquence de suivi des autres stations, car il persiste un risque de déplacement des sédiments dans le chenal de la Kwé et à proximité de la zone de mouillage.

Suivi du biote

De nombreuses recommandations méthodologiques ont été proposées dans la partie traitant de ce milieu. Elles proposent principalement d'améliorer l'échantillonnage pour pouvoir disposer de jeux de données plus robustes (dont l'échantillonnage de transects en répliques aléatoires - en plus des transects existant).

Outre l'augmentation du plan d'échantillonnage pour obtenir plus de stations de référence et élargir le réseau (en rade du Nord, autour des baies de port Boisé et de Kwé, et en Grande rade Nord), le constat le plus important concerne l'inefficacité du suivi ichthyologique à être utilisé comme un indicateur d'impact.

Les principales recommandations sont :

- de réaliser le suivi LIT avec de vrais répliques ;
- de reprendre le suivi sur les coraux scléractiniaires qui ont l'avantage d'être fixes et très sensibles aux variations de l'environnement. Ils sont de très bons indicateurs et ils sont considérés comme « des sentinelles avancées majeures » pour les suivis biologiques ;

- d'étudier l'ichtyofaune non pas comme un indicateur mais pour sa diversité (biodiversités, régimes alimentaires, juvéniles) ;
- de mettre en place une base de données (cf. étude 4) pour pouvoir croiser plus facilement les informations.

7 Suivi de la faune terrestre

Les sols sont impactés plus spécifiquement par l'activité minière qui réduit les surfaces de sols non artificialisés, génère des envols de poussières et introduit les menaces liées aux activités de l'usine. Ces sols participent à la richesse faunistique et floristique locales. Cet impact des sols est suivi par des inventaires de la flore et de la faune (herpétofaune et avifaune essentiellement).

Cette partie a été traitée par l'IRD.

7.1 Contexte général des suivis de la faune

Les suivis de faune, y compris pour la surveillance des espèces exogènes, réalisés par les exploitants de l'usine du Sud depuis 2007 (Inco, puis Vale puis Prony ressources NC) s'inscrivent aujourd'hui dans le cadre du plan de gestion de la biodiversité (2020). Ce plan de gestion de la biodiversité fait suite à la convention de la conservation de la biodiversité issue de l'étude ICPE de 2007 et des arrêtés d'autorisation d'installation classée pour la protection de l'environnement n° 1466-2008/PS et n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 et de la convention actée dans la délibération n°27-2009/APS du 20 mars 2009. Les suivis sont destinés à promouvoir la protection et la préservation de la biodiversité dans la région du Projet en particulier des milieux d'intérêt patrimonial ; avec pour objectif de maintenir la diversité des espèces et des habitats afin de maintenir l'intégrité des fonctions écologiques associées. Il s'agit également de gérer les risques envers la biodiversité ayant été identifiés grâce à l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux et également y est associé un plan de surveillance pour la mise en œuvre de mesures d'atténuation (en particulier les espèces envahissantes et les plantations de compensation).

Les actions de suivi de la faune concernent des groupes faunistiques choisis à l'occasion des états initiaux et correspondent à des groupes indicateurs de la biodiversité régionale (avifaune, herpétofaune et myrmécofaune), permettant de contraster les différents milieux naturels présents dans la zone d'emprise de l'usine, de la mine et sa périphérie sur la plaine des lacs du point vue de la biodiversité résidente. Il s'agit de groupes sur lesquels le niveau de connaissances générales est le meilleur et qui représentent des compartiments d'intérêt pour la biodiversité régionale tant par leur caractère emblématiques et parapluie (oiseaux, squamates) que leur contribution fonctionnelle aux écosystèmes (fourmis). Ces groupes sont considérés comme des éléments environnementaux importants (EIE) au titre du plan de gestion de la biodiversité.

Les suivis réalisés s'appuient sur des états des lieux initiaux. Ceux-ci ont été conduits entre 2003 et 2006 et ont ainsi servi à construire les protocoles de suivi mis en œuvre depuis 2007. Les méthodes de suivi et d'évaluation des effets du projet sont présentés dans le livret C de la Demande d'autorisation d'exploitation minière / Volet F de 2012 revue en 2015 et repris dans le plan de gestion de la biodiversité 2020.

7.2 Avifaune

Le suivi de l'avifaune est décrit dans l'état de référence de l'avifaune (Inventaire et écologie de l'avifaune du plateau de Goro (par IAC, 2004) et les suivis ultérieurs sont présentés dans les bilans de faune terrestre de 2015, 2017, 2018, 2019 et 2020.

7.2.1 Etat initial et objectifs

La démarche d'inventaire de l'avifaune du bilan initial poursuivait 4 objectifs principaux :

- Etablir un point zéro de l'état des populations d'oiseaux avant exploitation dans deux localisations : la zone qui fera l'objet d'extraction de minerai et les zones périphériques épargnées.
- Caractériser les peuplements d'oiseaux des formations de maquis et des forêts sempervirentes du sud de la Nouvelle-Calédonie.

- Identifier les zones à plus forte biodiversité et/ou hébergeant des espèces à intérêt patrimonial élevé devant être épargnées par l'exploitation.
- Définir les conditions nécessaires au rétablissement de la biodiversité après exploitation, ou si ce n'est pas possible, de proposer des mesures compensatoires (mise en place de corridors écologiques, de formations à fonction de conservatoires, éradication d'espèces introduites).

Les objectifs des bilans ultérieurs au bilan initial ne sont pas clairement précisés. Néanmoins les bilans ultérieurs ont été réalisés sur les zones forestières considérées comme des points forts de biodiversité dans l'étude initiale.

Le bilan de 2015 présente la réalisation de 4 inventaires ornithologiques sur des secteurs concernés par des projets de développement minier au niveau des vallées KO2 et KO4. A ces inventaires viennent s'ajouter le suivi annuel de l'avifaune forestière et lacustre de l'ensemble du plateau de Goro.

Les bilans ultérieurs concernent le suivi de l'avifaune forestière et lacustre du plateau de Goro, le bilan de 2018 étant complété par une étude de la fonctionnalité des corridors écologiques et d'une détection de nids de passereaux sur futures zones de défrichements. Cette étude de la fonctionnalité des corridors écologiques n'a pas été reprise par la suite par manque d'ornithologue compétent d'après l'exploitant et également par une prescription d'une durée (minimale) de 2 ans dans l'arrêté d'autorisation de 2016. Elle a eu pour but d'évaluer les hypothèses de trajectoires de corridors écologiques de l'étude initiale de 2004.

7.2.2 Méthodologie

En suivant un protocole d'étude bien établi et utilisé dans divers milieux arborés de Nouvelle Calédonie (Villard et al 2003, Barré et Menard 2003, Desmoulins et Barré 2004), l'inventaire ornithologique du plateau de Goro a été réalisé sur une surface d'environ 4000 hectares, du mois d'octobre au mois de novembre 2003, pour la saison sèche puis du mois de mars au mois d'avril 2004 pour la saison humide (en début et fin de nidification pour évaluer de manière la plus précise la population).

Les milieux prospectés ont été les deux principaux habitats présents dans la zone d'emprise du projet à savoir d'une part le maquis minier et d'autre part la forêt dense humide sempervirente. Ces deux écosystèmes terrestres calédoniens sont les plus riches en flore indigène (Jaffré 2002). Les deux plans d'eau principaux de la Plaine des Lacs (Lac en Huit, Grand Lac) ont également été inventoriés.

La méthode utilisée pour les milieux terrestres est celle des points d'écoute ou Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.). Au total, 203 points ont été réalisés en saison sèche du 13 octobre 2003 au 21 novembre 2003 (51 en forêt humide et 152 en maquis minier) et 198 points ont été considérés en saison humide du 2 mars 2004 au 23 avril 2004 (51 en forêt humide et 147 en maquis minier).

Les suivis ultérieurs ont utilisé la même méthodologie (I.P.A.).

Le suivi des oiseaux forestiers du plateau de Goro a été réalisé sur 12 sites forestiers situés à proximité directe du site industriel et éloignés de plusieurs kilomètres pour les zones témoin ainsi que trois sites lacustres de la Plaine des Lacs.

L'étude de la fonctionnalité des corridors écologiques (bilan 2018) s'est basée sur la mise en place d'un programme de baguage et capture-recapture de passereaux, via 4 stations de baguage.

Les actions de sauvetage d'oiseaux marins échoués sur l'ensemble des sites industriels de Vale NC ont été relevées pour tous les bilans.

7.2.3 Analyse des bilans

7.2.3.1 Réalisation des inventaires

Les inventaires ornithologiques des zones concernées semblent avoir été réalisés correctement selon des protocoles adaptés et identiques à ceux mis en œuvre lors de l'étude de l'état initial de l'avifaune, sauf le fait qu'ils ont été conduits sur une période plus concentrée (février, bilan 2015) ou plus tôt en saison (bilan de 2018).

Enfin un état des sauvetages d'oiseaux marins échoués du fait de la pollution lumineuse associée aux installations est présenté.

7.2.3.2 Suivi annuel de l'avifaune

La méthodologie (IPA) de prospection de chaque point à 4 reprises, deux fois le matin, deux fois en fin d'après-midi est adaptée. L'exploitation des données prises lors de cette campagne de terrain reste descriptive et simple, sans recours à des indices de diversité et sans croisement avec les caractéristiques mésologiques des placettes, à l'image de ce qui avait été réalisé lors de l'étude de l'état initial.

Une synthèse des suivis réalisés est produite, illustrant certaines tendances potentielles globales ou par sites sur la base de l'évolution du nombre d'individus ou du nombre d'espèces sur la période. Une autre approche a été développée en 2018 et appliquée ensuite, différente dans sa restitution (autre type de représentation graphique par espèce).

Des tendances sont dégagées depuis le bilan de suivi de 2017 (% d'évolution) sans que la méthodologie ne soit explicitée.

Un document est produit depuis 2018 concernant la moyenne des contacts sur la période démarrant en 2008 par relique forestière et par espèce, avec un code couleur qui n'est pas explicité.

L'analyse des données qui est réalisée est simple et descriptive.

7.2.3.3 Etude de la fonctionnalité des corridors écologiques (spécifique à 2018)

Un manque de cadrage théorique, d'hypothèse et de justification de la stratégie d'échantillonnage semble étayer ce volet d'étude. La question posée sur la connectivité des patchs reste vague et non justifiée autrement que par une hypothèse de connectivité présentée dans l'étude initiale de l'avifaune de 2004 et par la demande exprimée dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter de 2016 . Les éléments complémentaires de justification ne sont pas ou peu fournis de ce fait. Une autre méthodologie plus « intégrative » (l'étude des flux de gènes) et probablement plus adaptée à une analyse rapide de la connectivité et de la fonctionnalité des corridors aurait pu être utilisée. L'analyse des données de capture-recapture, peu explicitée sur le plan méthodologique, apporte peu d'élément de connaissance tangible sur la connectivité des différents patchs, notamment car ce genre d'étude ne peut apporter des résultats robustes qu'à l'issue d'une période de réalisation de plusieurs années, avec un effort de terrain bien supérieur à celui qui a été développé. Le choix de la méthode (baguage d'oiseaux) pour étudier la connectivité entre fragments forestiers n'est donc pas justifié, cette méthode restant néanmoins une technique classique.

7.2.3.4 Détection de nids de passereaux sur futures zones de défrichements (spécifique à 2018)

Les résultats présentés sont relativement maigres et concernent un nombre de nids réduits (3 nids). Ceux-ci ont cependant pu être préservés du défrichement. Il s'agit d'un volet chronophage dont l'efficacité reste à démontrer. Selon l'exploitant, cette détection et mise en sécurité des nids a été réalisée à la demande de l'administration comme mesure compensatoire exceptionnelle, l'objectif étant de respecter les périodes d'interdiction de défrichement pendant la période nidification des oiseaux.

7.2.4 Synthèse et recommandations

Les inventaires de terrain, qu'ils soient ponctuels ou s'inscrivent dans un suivi temporel, sont réalisés selon une méthodologie ornithologique globalement adaptée, mais souffrent des même faiblesses et lacunes que celles relevées pour l'étude de l'état initial de l'avifaune, à savoir en particulier qu'ils ne s'accompagnent d'aucune prise de données mésologiques, d'aucun croisement avec les caractéristiques du milieu et d'une analyse statistique des données assez simple avec peu de cadrage bibliographique. Les conclusions qui peuvent être tirées de ces suivis sont limitées, notamment en termes de mécanismes et d'intensité d'impacts et donc de recommandations.

Le volet de l'étude de 2018 relatif à de la connectivité entre fragments forestiers et de fonctionnalité des corridors écologiques n'a pas apporté pas de résultats probants ou nets, a priori liée à la méthode d'investigation peu adaptée (baguage). Les raisonnements qui sont produits sont souvent critiquables. Le cadrage conceptuel et la justification des méthodologies employées ne sont pas présentés autrement

que par la référence à une étude théorique (Utard S. 2016, Caractérisation de la connectivité écologique du Grand Sud calédonien par une approche paysagère, rapport de fin d'études d'Ingénieur).

7.2.4.1 Avis général sur l'étude de l'état état initial de l'avifaune (IAC, 2004).

Les différentes lacunes relevées dans l'étude initiale de l'avifaune ont eu pour conséquence de rendre les suivis ultérieurs de l'avifaune insuffisamment pertinents pour identifier et mesurer correctement les impacts générés par les installations liées à l'usine du Sud.

En particulier, cette étude initiale aurait dû être réalisée sur au moins 2, voire 3 années biologiques consécutives, de façon à disposer d'une meilleure compréhension des fluctuations interannuelles et inter-saisonnieres de l'avifaune et donc d'une vision plus complète et étoffée de l'état initial des communautés d'oiseaux avant les impacts générés par l'ensemble des installations.

Cette étude initiale aurait impérativement dû s'attacher à chercher à croiser les caractéristiques des communautés avifaunistiques échantillonnées, avec les caractéristiques mésologiques des placettes sur lesquelles les relevés ont été réalisés. Cela aurait notamment permis de préciser les exigences écologiques ou encore les seuils de tolérance à la dégradation et la fragmentation des habitats des différentes espèces présentes, la plupart peu connues et peu étudiées du point de vue de leur écologie.

En lien avec la remarque précédente, le plan d'échantillonnage (sélection des placettes d'étude) aurait pu être plus sophistiqué et inclure des milieux de transition ou mixtes et pas uniquement des milieux correspondant selon leurs auteurs à deux types d'habitats très tranchés seulement (le maquis minier et la forêt dense humide sempervirente), ce choix ayant été fait selon l'exploitant du fait des limitations inhérentes aux clichés aériens de l'époque. Un gradient d'éloignement progressif plus net par rapport à l'emplacement de la future installation aurait également pu être pris en compte, de même qu'une analyse paysagère de la périphérie des placettes.

Des relevés nocturnes auraient pu être ajoutés aux relevés diurnes, de façon à saisir les éventuels indices vocaux en provenance d'espèces ne se manifestant que de nuit (procellariiformes).

Aucun des documents examinés n'incluait en annexe les données brutes issus des relevés de terrain (données IPA), ni les métadonnées des placettes d'échantillonnage (positionnement GPS, altitude, etc.).

Un cadrage conceptuel et scientifique plus robuste de l'étude initiale aurait pu comprendre (si le but ambitieux recherché est de quantifier des impacts liés aux diverses installations, une mesure de l'évolution des populations semblant plus facile à attendre) :

- (i) les différents impacts et mécanismes d'impacts susceptibles d'être générés par l'ensemble des installations aux communautés d'oiseaux,
- (ii) les variables avifaunistiques susceptibles d'être affectées par ces différents mécanismes d'impacts et donc que les suivis futurs devaient impérativement intégrer et mesurer
- (iii) les différentes méthodologies de terrain complémentaires, nécessaires pour saisir ces différentes variables dans le cadre de plans d'échantillonnage cohérents ,
- (iv) les méthodes d'analyse mathématiques et statistiques adéquates et les indices écologiques et fonctionnels les plus appropriés (richesse, diversité, équitabilité, guildes trophiques, groupes fonctionnels, etc....) permettant d'exploiter au mieux les données recueillies en matière de compréhension et de quantification des impacts exercés par les installations liées à l'usine du Sud sur l'avifaune.

L'exploitant précise toutefois que du fait des inconnues sur l'aire de distributions des espèces, le but est d'évaluer très globalement la pression liée aux installations.

7.2.4.2 Avis général sur les suivis annuels de l'avifaune

Ces différents éléments n'ayant pas été intégrés pour l'objectif ambitieux de quantifier des impacts et pris en compte dans l'étude initiale, les suivis annuels qui ont été réalisés par la suite, par des consultants ou groupement de consultants pouvant être différents d'une année à l'autre, ont logiquement repris systématiquement le même échantillonnage, la même méthode unique d'étude de l'avifaune, avec un manque de cadrage scientifique général des objectifs à atteindre ou des questions auxquelles les suivis devaient répondre.

Les différentes analyses de données qui ont suivi n'utilisent pas ou peu des indices écologiques et sont peu utilisables en matière de suivi environnemental ou de recommandations de gestion. Cela pose également la question de l'usage de ces suivis dans le maintien année après année de ceux-ci.

Selon l'exploitant, la campagne de capture/baguage/recapture des oiseaux de 2017/2018 a donné des résultats utilisables pour évaluer la présence ou non des corridors entre les patchs de forêts des hypothèses de l'étude initiale de 2004 et la vérification des évaluations théoriques menées en 2016 (S. Utard).

7.2.4.3 Recommandations

Il est difficile à ce stade de compléter l'étude de l'état initial de l'avifaune, pour atteindre une bonne adéquation entre le réseau de suivi avi-faunistique et l'évaluation qualitative et quantitative des impacts des installations sur l'avifaune si le but recherché est représenté par cette évaluation quantitative..

3 recommandations principales sont produites à ce stade :

1- Si l'ensemble ou la majeure partie des données brutes issues de l'étude de l'état initial de l'avifaune et des différents suivis annuels sont disponibles, il serait utile de les confier à une équipe scientifique reconnue pour en réaliser une analyse plus conforme aux standards de l'écologie scientifique, particulièrement en mettant en œuvre via des méthodes statistiques et mathématiques adaptées, les calculs d'indices écologiques pertinents des communautés d'oiseaux et l'analyse de l'ensemble des données à la fois dans des approches taxinomiques et fonctionnelles, spatiales et temporelles, permettant, autant que possible, de caractériser les impacts des installations, si toutefois cet objectif est confirmé. Il semble cependant d'après l'exploitant que ces données ne sont pas disponibles.

2- Confier à une équipe scientifique reconnue, une réflexion, sur une base bibliographique, relative à l'utilisation des communautés d'oiseaux comme éléments bioindicateurs des différents impacts générés par une installation minière et métallurgique, avec identification des indices, variables et mesures les plus adaptés pour répondre à une série de questions auxquelles les suivis devront permettre de répondre et qu'il conviendra de préciser.

3- Actualiser le plan d'échantillonnage et les méthodologies des suivis et leur exploitation scientifique pour le futur, à partir des compléments apportés aux points présentés en 1 et 2.

7.3 Herpétofaune

7.3.1 Etat initial et bilan

Les communautés de lézards des forêt humides des réserves forestières de la Forêt Nord, du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin ont été retenues comme espèces indicatrices de la santé des milieux terrestres de la région du Grand Sud, notamment des écosystèmes forestiers limitrophes des infrastructures de Vale NC, reconnus comme zones clés de la biodiversité (forêts humides et maquis para/pré forestiers) car hébergeant une forte diversité biologique et d'intérêt patrimonial, et qui sont protégés au titre du code de l'environnement de la Province Sud (Articles 231-1 à 235-3). Dans ce contexte, l'herpétofaune est reconnue particulièrement sensibles aux pressions (dégradation de la végétation, défrichements, feux, prédatation par les espèces exotiques envahissantes, etc.) car peu mobiles. Les lézards s'adaptent difficilement aux changements du milieu. Ils sont de fait de bons indicateurs de l'évolution de l'état des milieux terrestres. La période de 2008 à 2012, a permis d'évaluer les sites concernés par l'exploitation minière pour les périodes de 5 à 30 ans à venir, en fonction des habitats rencontrés, et d'identifier des zones où les espèces à enjeux sont observés.

Le bilan initial herpétologique a permis de dresser une liste de 22 taxons présents dans les différents habitats soumis à l'influence de l'usine et de la mine, auxquelles s'ajoute une 23^{ème} espèce,

Epibator greeri, détectée au Pic du Grand Kaori en 2010 de façon opportuniste lors des inventaires et dont la mention n'est reprise ultérieurement dans aucun rapport de suivi.

Parmi les 23 espèces recensées, 21 sont associées aux milieux forestiers.

Parmi ces espèces, au vu de la récente mise à jour des statuts IUCN (IUCN 2021), il n'y a pas d'espèces considérées en danger critique d'extinction (CR), par contre, 3 taxons sont considérés en danger (EN) : *Bavayia goroensis*, *Bavayia aff. sauvagii* [Plaine des Lacs, révision génétique, taxonomique et du statut IUCN en cours selon l'exploitant], *Epibator greeri*, alors que 6 autres taxons sont considérés vulnérables (VU) : *Correlophus ciliatus*, *Correlophus sarasinorum*, *Graciliscincus shonae*, *Lacertoides pardalis*, *Nannoscincus mariei*, *Simiscincus aurantiacus*. Enfin, 6 taxons sont considérés quasi menacés (NT) : *Bavayia geitaina*, *Bavayia aff. robusta* [Île des Pins et grand Sud], *Bavayia septuiclavis*, *Eurydactylodes symmetricus*, *Caledoniscincus notialis*, *Phasmasaurus tillieri*.

Les taxons *Bavayia aff. sauvagii* [Plaine des Lacs] et *Bavayia aff. robusta* [Île des Pins et grand Sud] sont, par commodité dans les rapports de suivi, identifiés comme *B. sauvagii* et *B. robusta*, mais correspondent à des taxons à distribution plus restreinte (Grand sud) que les espèces nominales.

7.3.2 Méthodologie

Le suivi est destiné à évaluer si l'herpétofaune se maintient d'un point de vue de sa richesse en périphérie de l'emprise du projet usine/mine du Sud, au niveau de zones considérées clefs pour la biodiversité du grand Sud. Le niveau d'organisation ciblé par les suivis concerne le niveau des espèces. Il n'y a pas d'approche populationnelle.

Le protocole de suivi annuel de l'herpétofaune est clairement décrit dans le document de 2019 (suivi annuel de l'herpétofaune) et appliqué en tant que tel depuis 2015. Le protocole proposé combine 3 méthodes différentes et complémentaires : pièges à fosse (*pitfall trap*) avec 2 transects de 200 m pour recenser les espèces discrètes et fouisseuses, recherche de jour à vue (*day Search*) le long de 2 transects de 200 m pour le recensement des espèces actives de jour et les plus communes, recherche à vue de nuit (*spotlighting* ou *nightspotting*) qui permet d'observer les espèces nocturnes. En outre, tous les lézards observés hors du transect sont relevés et notés comme relevé « opportuniste ».

Au début de chaque recensement, l'humidité, la température et la vitesse moyenne du vent sont notées. Les recherches de jour et de nuit ainsi que celles réalisées par pièges-puits sont interrompues et reportées en cas de fortes pluies. Les transects sont parcourus chaque année à la même période avec un effort standardisé permettant 10 répliques.

Quatre sites sont suivis depuis 2014 (3 pour la période 2007-2014). Les sites sélectionnés sont des sites forestiers où des sites permanents ont été installées sur 4 stations de suivi au niveau des forêts humides des réserves terrestres suivantes : Forêt Nord (FN), Pic du Pin (PP), Pic du Grand Kaori (PDGK), SMLT

Depuis 2014, les forêts FN et PDGK sont suivies tous les ans, tandis que les forêts SMLT et PP sont suivies en alternance, de façon à ce que chaque année il y ait toujours trois forêts pour le suivi des lézards.

7.3.3 Analyse du volet de la surveillance

Le protocole de suivi est adapté aux reptiles pour les espèces communes avec un effort annuel important mais ne répond qu'assez peu aux objectifs pour ce qui concerne le maintien de la biodiversité herpétologique (restreint au maintien de la présence d'espèces communes).

Ainsi il ne permet pas de répondre à aucune question liée aux possibles suivi des conséquences environnementales du projet minier pour sa zone d'influence. Le protocole ne permet pas détecter si une espèce se trouve affectée plus qu'une autre par l'activité industrielle. Les principales pressions susceptibles de faire fluctuer ne sont pas précisées (poussières, pollution (SO₂ et NO_x par exemple), lumière, bruit). Si des fluctuations au niveau des reptiles sont observées, il est impossible de savoir s'il s'agit de fluctuations imputables aux conséquences environnementales de l'usine, de la mine ou de conséquences de fluctuations de l'environnement naturel (dont les conséquences pourraient être cycliques et pluriannuelles). Il n'y a pas de quantification des populations mais un relevé de l'occurrence des espèces.

En outre, on ne dispose pas de données brutes de captures par site, juste des données globales non détaillées (analyse globale de la présence des espèces par site suivi). En outre, se pose la question de la traçabilité des données au cours du temps (des données brutes par espèces). Les informations

sur les mesures des conditions environnementales au moment des suivis sont également non présentées (les données n'apparaissent pas dans les rapports initiaux ou de synthèse). Les données écologiques doivent être synthétisées, notamment par une caractérisation précise et harmonisée des habitats sur chaque occurrence d'espèce pour alimenter les connaissances sur les conditions d'habitats préférentiels des taxons.

On note l'absence de proportion entre jeunes et adultes (la quantité de juvéniles est importante pour démontrer la vitalité d'une espèce dont les individus peuvent vivre plusieurs années).

Parmi les espèces, certaines sont plus communes et représentent des archétypes des taxons fréquentant les différents compartiments forestiers. Ainsi, si 4 espèces sont indiquées comme plus « indicatrices » car représentants des espèces dominantes des différents compartiments forestiers, à savoir les lézards fouisseurs (*Sigaloseps deplanchei*), les lézards héliophiles (*Caledoniscincus notialis*), les lézards de végétation intermédiaire (*Bavayia septuiclavis*) et ceux du compartiment de la canopée/strate supérieure, *Rhacodactylus sarasinorum*, il n'y aucun élément détaillé pour leurs occurrences précises ou fluctuations.

Le patron général de l'échantillonnage (nombre de parcelles suivies, localisation des parcelles) mériterait d'être discuté pour être sûr de couvrir toutes les conditions. En outre les suivis se font sur des transects fixes des habitats. Il n'y a pas une caractérisation précise du contexte général des sites suivis. Les suivis réalisés sont sans contextualisation (i.e. de mesures mésologiques permettant de caractériser les conditions d'habitats et éventuelles évolutions de ceux-ci). Des mesures plus précises des pressions et des conditions environnementales (botanique / climat) seraient nécessaires pour un suivi d'effets potentiels plus discrets ou cumulatifs s'exerçant à plus long terme.

Les raisons de ces choix sont peu explicites pour des zones clés de biodiversité soumis à un gradient suspecté d'exposition aux conséquences du projet.

Les recommandations comprennent les actions suivantes :

- ré-allouer des efforts de suivis par rapport aux possibles impacts de l'activité du projet (usine + mine) : (Forêt Nord - Grand Kaori) supprimer le Pic du Pin, ajouter un autre binôme (SMLT – autre zone du suivi du maquis pré-forestier) sur le principe d'un binôme (une zone plus impactée, une autre moins) ;
- mieux répartir des efforts sur la gamme d'habitats et voir les possibilités de réallocation des efforts au niveau régional en offrant des conditions plus favorables (patchs forestiers avec discontinuités, maintenir ou renforcer les zones clefs à proximité (en particulier pour le *Bavaya goroensis*) et définir le plan de remédiation pour la flore pour favoriser une connectivité des espèces) (Un renforcement de la forêt est prévu par Prony Resources NC, mais l'effet ne sera visible qu'à long terme, du fait de la croissance lente de la forêt).
- sélectionner des sites plus en phase avec l'étude botanique et en fonction des pressions environnementales liées aux activités en cours (émissions de l'usine et de la mine) et à venir hors restriction aux seules zones clés de biodiversité envisagée (réserves naturelles) et plus récemment site forestier en périphérie de la mine SMLT.

Les bassins de la Kwé et de la Wadjana, versants Ouest du Kwa Néï (Forêt Nord), de la Plaine des Lacs ou encore en aval de l'usine ne sont pas investigués (hors les inventaires initiaux réalisés) Un déficit de suivi à l'ouest de l'usine (entre usine et baie Nord) est également présent, en particulier là où les impacts sont suivis (SO₂ et poussières). Il existe une forêt à *Arillastrum gummiferum* (au contact de l'usine) et une formation paraforestière à *Gymnostomma* sur cuirasse.

Pour tenir compte de cette variabilité, il serait plus utile d'avoir des transects plus éloignés au sein des formations suivies, avec des binômes d'habitats exposés avec les conditions mésologiques ; Les binômes de sites devraient être examinés si possible en même temps par 2 équipes (i.e. bénéficier des mêmes conditions environnementales journalières dont on sait qu'elles influencent l'activité des reptiles) caractérisés en conditions exposés et non exposés.

L'intérêt de maintenir le site de Pic du Pin est à voir (celui-ci produisant des résultats de suivi conformes à un site témoin (peu à pas d'évolutions). On propose d'intégrer des sites en aval de l'usine (vers baie nord) et en périphérie de la plaine des lacs (compléments de SMLT). Il faudrait étudier les corrélations entre les paramètres physico-chimiques et les mesures relatives à la végétation (un suivi de dépôts de poussières est réalisé sur la zone SMLT sans incidence observable sur le suivi de l'herpétofaune selon l'exploitant). Ceci permettrait de tester si les changements relatifs sont bien dus à l'activité industrielle

ou simplement à d'autres processus plus naturels. Il y a une nécessité de disposer d'éléments sur la variation de conditions d'habitats (botanique).

Peu d'actions concerne les reptiles dans le volet d'atténuation pour les EIE. Un programme de surveillance et conservation de *Lacertoides pardalis* existe dans les actions de conservation de la faune endémique rare. Le seul suivi est réalisé au col de l'antenne sur une population de *Lacertoides pardalis* dans une condition d'habitat (maquis sur éboulis de péridotites).

Au vu des derniers résultats de suivi, on peut suspecter une extinction locale de la population. Des études sont en cours sur la biologie et l'écologie de l'espèce (thèse en cours). Les suivis de *Lacertoides pardalis* au col de l'antenne ne sont plus nécessaires (populations à priori éteintes) et la distribution de l'espèce dans la région est plus large. Un programme de sauvetage d'une population avec transfert d'individus d'une zone de carrière vers un site minier en cours de réhabilitation a également été réalisé. Il ne s'agit pas d'un programme de translocation mais bien une action de sauvegarde avec transfert d'individus sans prise de compte de données biologiques et populationnelles.

7.3.4 Recommandations pour la réallocation des efforts pour la conservation des reptiles dans le contexte d'atténuation de impacts du projet industriel et minier du sud

Seuls des habitats forestiers sont pris en compte. Les recommandations comprennent les actions suivantes :

- mieux préciser à l'échelle de la région les conditions d'habitats favorables pour chacune des espèces recensées (les 23 espèces) et les quantifier, ce qui permet de croiser les enjeux miniers et la préservation régionales de ces EIE. Cette action permettrait une identification de zones préférentielles en cas de nécessité de sauvetage de populations de reptiles lors de défrichement voire de translocations. Les efforts et le planning des études pourra s'inspirer du statut IUCN des espèces. Ce point reste néanmoins à évaluer : l'exploitant précise en effet que les espèces rares ont de fortes chances de souvent ne pas montrer de résultats de tendances des populations car les espèces rares sont naturellement en faible nombre. De plus le piégeage d'individus d'espèce rare risque d'avoir des effets néfastes sur les populations comme déjà constaté (ex. : suivi des *Lacertoides*, Mont Ongone).
- s'appuyer sur développement de méthodes de modélisation de distribution d'espèces pour définir les habitats favorables et les quantifier.
- promouvoir le renforcement par plantations d'habitats d'intérêt pour les reptiles ou leurs restaurations (après feu ou décapage par la mine) afin d'améliorer les conditions pour le maintien de l'herpétofaune à l'échelle de la zone d'influence de l'usine et de la mine (action en cours de restauration de la flore dont l'effet bénéfique n'est pas attendu à court terme selon l'exploitant)
- intégrer également l'évaluation des reptiles dans les conservatoires de biodiversité mis en œuvre par Prony ressources NC et également dans le contexte des plantations de compensation associées (action en cours et inventaires prévus dans les arrêtés d'exploitation de nouvelles zones selon l'exploitant)

De plus, des mesures de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (EEE) qui affectent les reptiles (cochons, chats, fourmis voire rongeurs) pourraient être mise en œuvre pour garantir le maintien à long terme de la richesse et de la diversité de l'herpétofaune dans la région. Ces EEE sont traités plus bas dans le rapport.

Les opérations mentionnées de translocation correspondent plus à des opérations de sauvetage de populations qu'à de réelles translocations. La thèse en cours sur *Lacertoides pardalis* permettrait à court terme d'améliorer les procédures de translocation. Il y a une nécessité d'avoir une évaluation des habitats favorables (à une échelle plus large) et potentiellement altérés (à l'échelle de la mine) où les actions de translocations permettraient un renforcement des populations (Cela s'inscrit complètement dans les mesures d'atténuation et protection des espèces rares d'EIE reptiliennes)

Il faut prévoir d'améliorer la connaissance des enjeux de la fragmentation pour les populations de reptiles incluant les habitats d'intérêt comme les habitats paraforestiers, certains maquis dans le contexte de la connectivité inter-habitats et de l'analyse de la connectivité (maintien ou restauration de celles-ci). Certaines actions (étude des populations) seront plus pertinentes à l'échelle du Territoire (Nouvelle Calédonie).

Il existe des possibilités (à vérifier en pratique) d'espèces cibles pour l'évaluation de la connectivité (*C. sarasinorum*, *R. leachianus*) y compris les maquis sur cuirasse à forêt de *Gymnostoma*. Celles-ci jouent un rôle dans la connectivité et le maintien des populations (risques de certains patchs comme puits de biodiversité). L'exploitant précise que ces espèces de voûte de canopée sont difficiles à suivre pour ces objectifs. Certains des taxons sont directement liés à l'ancienneté des forêts (conditions d'abris offertes par des vieux arbres), comme *B. goreensis* et *B. aff savagii* associés aux vieilles forêts et maquis paraforestiers à *Gymnostoma* et qui constituent des espèces rares et menacées (ERM) importantes de la région.

Actuellement, il n'existe pas de méthode permettant un suivi fin des fluctuations de population (nécessité de développer des méthodologies fiables) sans un investissement temps très conséquent.

Des recherches méthodologiques pour appréhender les fluctuations des populations pour les suivis environnementaux seraient à considérer au niveau du Territoire. Ainsi, les méthodes de capture, marquage et recapture sont problématiques en NC et de gros efforts sont nécessaires.

Il existe également un besoin de développement méthodologique de suivis sur des espèces « marqueurs identifiés » et abondantes.

7.4 Myrmécofaune

7.4.1 Bilan des suivis

Les fourmis sont considérées dans la littérature scientifique comme un groupe clé de voûte des écosystèmes dans de nombreuses régions de la planète où elles constituent de bons indicateurs de l'évolution de l'état des milieux terrestres et des changements d'usage des habitats en lien avec les perturbations anthropiques. Elles sont également reconnues comme de bons indicateurs dans le contexte de la restauration des habitats en situation *post minière*.

Dans le contexte de l'état initial du projet industriel et minier en 2003 (rapport de 2004), des inventaires dans la gamme des habitats présent dans la zone d'influence du projet, ont permis de comptabiliser 66 espèces réparties dans 32 genres avant la mise en place des suivis réglementaires de la faune. À l'échelle de la zone d'influence du projet, cela a permis de caractériser les habitats forestiers et para/préforestier comme particulièrement riches et diversifiés et de confirmer leur place d'habitats clés pour la conservation de la biodiversité régionale pour les insectes (les fourmis se comportant comme un groupe indicateur de la qualité de l'habitat ou de son degré de perturbation). Le point initial a également permis de montrer à l'échelle des autres habitats rencontrés (différents maquis) la place prépondérante de 12 espèces exotiques susceptibles d'amplifier une perturbation des habitats, avec une espèce particulièrement préoccupante, *Wasmannia auropunctata* capable de s'installer dans l'ensemble de la gamme des habitats et d'y représenter une source de transformations profondes de la biodiversité des habitats concernés. *Anoplolepis gracilipes* et *Solenopsis geminata* se cantonnant plutôt à des habitats ouverts et elles cohabitent avec d'autres taxons de fourmis voire d'arthropodes variés (contrairement à *W. auropunctata*). Ces résultats ont permis de bâtir les suivis de la faune (plus spécialement des reptiles) ultérieure pour l'évaluation du maintien de la biodiversité.

Cependant, malgré le caractère diagnostic du groupe pour le maintien de la biodiversité et de la réponse aux perturbations, le suivi de la myrmécofaune n'a pas été retenu pour l'évaluation du maintien de la biodiversité au sein des zones clés de la biodiversité (au profit de suivis des reptiles), ni également pour le suivi des conséquences environnementales possibles sur ces mêmes habitats de l'activité minière et industrielle.

Les évaluations des espèces de fourmis ont été orientées autour de 2 enjeux dans le contexte des suivis environnementaux mis en œuvre par l'industriel minier.

1/ au sein de la stratégie « espèces exotiques » de l'industriel, une veille biosécurité est mise en œuvre vis-à-vis des espèces exogènes de fourmis encore absentes de NC (comme les Fourmis de Feu, Fourmis d'Argentine) avec un suivi réalisé au niveau de zones à risques de l'infrastructure industrielle y compris portuaires (contexte surveillance phytosanitaire) sur les zones d'arrivée et d'entreposage des marchandises et matériaux importés).

2/ au niveau des plans de suivi mis en œuvre pour le suivi des conséquences environnementales du projet (depuis 2008), les suivis de la myrmécofaune sont intégrés au volet mesures d'atténuation des espèces envahissantes. Dans le contexte de la présence de plusieurs espèces de fourmis exogènes d'ores et déjà établies dans la zone d'influence du projet, il s'agit d'éviter de faciliter la propagation de ces fourmis exogènes au sein de la zone d'influence du projet minier et industriel. Comme énoncé ci-dessus, ces dernières font l'objet d'une surveillance. Outre cette mesure, des moyens sont mis en œuvre pour contrôler la propagation de ces espèces et faire en sorte que les opérations liées à l'exploitation du site industriel et minier ne soient pas un vecteur de facilitation de la propagation de ces dernières. Ils comprennent le contrôle systématique de la présence de fourmis exogènes au sein des matériaux (topsoil, végétaux...) devant être déplacés afin de les assigner à des lieux dédiés (verses) pour réduire les risques de contamination de zones indemnes sur la zone d'influence du projet minier, en particulier lors des travaux de défrichage et transfert de topsoil. Le but étant d'éviter tout stockage de matériaux contaminés au droit ou à proximité de sites sains.

Pour ces 2 types de suivis, il s'agit de produire des cartographies des populations de fourmis exogènes au sein de la zone d'influence. Les méthodes utilisées pour les 2 suivis de fourmis sont présentées dans la section dédiée du plan de plan de contrôle des espèces exogènes. La méthode cible les fourmis dominantes et sur la base de l'utilisation d'un appât alimentaire mixte (mélange de protéines, sucres et matière grasse) posés selon une maille de détection variable

7.4.2 Bilan et recommandations pour le volet Myrmécofaune

7.4.2.1 Veille Biosécurité « fourmis »

Cette veille, telle qu'appliquée, permet de détecter les espèces présentes et potentiellement nouvellement arrivées. Elle comprend le maintien de populations exotiques sur les sites industriels (rôle « douaniers » des espèces déjà installées qui limitent les possibilités d'installations de nouvelles espèces exotiques).

Mais des défauts de traçabilité des données récoltées (des données présentées sont synthétiques (cartes avec des points), sans géolocalisation des points d'appâts et de l'occurrence des fourmis sur chaque point au sein d'un SIG) sont notées, avec un besoin d'une bancarisation normalisée des données y compris les sites surveillés et leur évolution en fonction de l'évolution du projet industriel (ajustement des zones suivis) pour la traçabilité des données et renseigner éventuellement des changements dans les occurrences au cours du temps.

Il existe un besoin de redéfinition régulière des sites à risque à surveiller et de la grille d'appâts associés. De très nombreux appâts sont inoccupés, ce qui pose la question de la sélection des sites et de leur pertinence pour le suivi biosécuritaire biannuel (ils n'indiquent non pas la notion d'habitabilité du milieu pour les fourmis dans un contexte surveillance mais plutôt un mauvais positionnement de stations d'appâts).

Il serait nécessaire de redéfinir les critères de choix des sites appâtés pour la veille biosécuritaire au sein de l'infrastructure industrielle et du pas minimum de la grille de surveillance (inter-appât).

Les résultats sont présentés avec un indice coloré mais l'indicateur, sur la base de couleur s'échelonnant du vert au rouge en fonction de l'occurrence d'espèces exotiques déjà établies en Nouvelle-Calédonie, n'est guère informatif car très simplifié et intègre peu les risques associés ; avec des habitats de maquis et anthropisés qui sont dominés par les espèces exotiques où elles constituent des néo-assemblages où peuvent cohabiter des espèces exotiques et natives. Seule la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*) exclut les autres et bloque les successions.

7.4.2.2 Recommandations

Les recommandations proposent un redimensionnement de l'effort comprenant :

- une adaptation au vu des fluctuations des zones à risque (redimensionnement et repositionnement des zones suivis et de la densité de maillage de surveillance) ;

- d'évaluer un meilleur recouvrement avec les suivis des espèces végétales envahissantes (EVE) ;
- un questionnement de l'appétence de l'appât mixte (possibilité d'avoir des appâts différents sur même point plutôt que des appâts mixtes qui peuvent augmenter la compétition pour l'accès à la ressource entre espèces exotiques résidentes) ;
- une meilleure articulation de la veille fourmis avec la gestion de la biomasse (suite au défrichement et transplantations d'espèces rares) et la surveillance fourmis exogènes dans le contexte des mesures d'atténuation pour les EIE et la conservation, i.e. réaliser des bilans de présence de fourmis exotiques sur les zones de conservations et de plantation compensatoires.
- envisager des campagnes de contrôle pour limiter les impacts environnementaux tant au niveau des zones clés de la biodiversité (en veillant sur les effets néfastes attendus sur la faune aquatique), que des zones de restauration écologique ou de conservation pour garantir le maintien de la biodiversité dans la gamme des habitats d'intérêt de la zone d'influence du projet.
- redéfinir les mailles des zones à risque bio-sécuritaire pour les fourmis envahissantes.

7.5 Suivi des espèces exogènes (espèces exotiques envahissantes (EEE))

7.5.1 Bilan du suivi des espèces exogènes

Un plan de maîtrises des espèces exogènes (faune et flore) a été mis en place à la fin de la phase de construction (conformément à l'arrêté ICPE de 2008). Ce plan a ensuite été ajusté à partir de 2014 sous la forme d'une stratégie « espèces exogènes » qui a été revue en 2014 puis 2019. À travers le volet surveillance, la stratégie promeut une veille continue des EEE avec une mise à jour régulière de l'état des connaissances sur les EEE présentes sur la zone d'influence du projet. Un volet concerne également les actions de contrôle et de gestion des exotiques. La surveillance inclut également la surveillance du risque d'introduction de nouvelles EEE au sein de la zone d'influence de Prony Resources NC. Ce volet couvre à la fois les activités liées à la prévention du risque d'introduction, ainsi que le processus de détection précoce permettant comme son nom l'indique de détecter au plus tôt l'arrivée d'une nouvelle EEE.

Le site de Prony Resources NC abritant une frontière internationale en lieu et place du Port de Prony, une distinction sera faite au sein des EEE concernées par les processus de prévention et de détection entre les EEE aujourd'hui absentes de Nouvelle-Calédonie et celles qui sont d'ores et déjà établies sur le territoire calédonien mais encore absentes de la zone d'influence du site métallurgique et minier. Une liste restreinte d'EEE présentant un niveau de risque d'introduction élevé a été dressée. Ce sont ces espèces qui font l'objet d'une veille particulière.

7.5.2 Surveillance des EEE déjà présentes au niveau de la zone d'influence et sites industriels (inclus la base vie)

Certaines EEE sont d'ores et déjà présentes au droit de la zone d'influence du projet. Peu de connaissances sont disponibles sur leur densité, répartition, ainsi que sur l'impact réel qu'elles ont sur le milieu. Un effort de surveillance est donc mis en œuvre afin de collecter plus d'informations les concernant. D'autre part, certaines EEE, classées comme envahissantes en Nouvelle-Calédonie, ne présentent pas à ce jour un tel caractère au droit du plateau ultrabasique du Grand-Sud. La nature géologique et les conditions climatiques particulièrement humides de cette région de la Grande-Terre, apparaissent limiter le développement de nombreuses espèces.

La veille concerne :

- le Cerf rusa : à l'heure actuelle le cerf rusa est l'une des EEE majeures en NC et altère la régénération des forêts. La partie Sud de la Grande Terre n'est pas à l'heure actuelle la zone du territoire qui présente les plus fortes concentrations de cervidés. Le suivi de l'impact potentiel qu'elle pourrait avoir sur les opérations de végétalisation menée par Prony Resources NC est nécessaire. Lors des opérations biannuelles ou annuelles de contrôle de l'état des plantations, une attention particulière est portée à l'existence de signes de passage et de dégradations engendrées par les cerfs (trace de pas, plants broutés ou détruits, fèces, ...)

- le crapaud buffle : un suivi biannuel de 2009 à 2018, mis en régie avec une surveillance plus opportuniste par l'équipe Prony Resources NC, répond bien au besoin de veille (un seul individu qui a été éliminé, selon l'exploitant)
- les fourmis exogènes : un suivi semestriel est en place depuis 2008 sur le site industriel afin de détecter spécifiquement la présence de fourmis exogène et notamment l'entrée de la fourmi de feu (*S. invicta*) et la fourmi d'argentine (*L. humile*).
- le chat haret depuis 2015 : la veille est restreinte à la base vie, mais sans réelle évaluation des populations et de ses impacts.
- le cochon sauvage depuis 2016 : le protocole d'évaluation n'est pas clair au niveau des zones clés de la biodiversité. Il mériterait plus de détails pour une meilleure opérationnalité
- une veille apicole depuis 2020 : une veille sanitaire apicole en Nouvelle-Calédonie, via la réalisation de visites sanitaires mensuelles sur des ruches sentinelles établies près du port point d'entrée de marchandises et des exploitations apicoles du territoires a été mise en place dans le cadre du programme de prévention de l'introduction de pathogènes exotiques des abeilles ou d'espèces d'abeilles nuisibles sur le territoire. C'est dans cette seconde optique que 4 pièges à essaims sentinelles et 5 pièges à phéromones ont été installés sur le port avec une procédure de gestion des essaims sauvages. Cette veille est mise en place dans les zones les plus à risque d'introduction.
- la procédure biosécuritaire (fourmis et abeilles) apparaît suffisante et conforme à ce qui est réalisé ailleurs sur le territoire, mais une redéfinition des zones à risque pour les fourmis (60% des appâts non consommés) avec une réallocation des moyens serait à prévoir : quels sont les risques dans les zones définies « à risques » et redéfinir ces zones à risques (moins d'appâts mieux placés, avec une typologie des zones à risques, surveillance des zones nues moins utile, surveillance plus à prévoir vers des zones à proximité des végétaux pouvant servir de tête de pont)

7.5.3 Régulation d'espèces sauvages envahissantes dans le contexte de biosécurité

La régulation concerne :

- *Rattus spp.* : depuis 2018 : trois espèces de rats sont présentes et leur prolifération est essentiellement liée à la présence de l'homme. La concentration de personnes sur le site de Prony Resources NC et la mise en place des infrastructures d'hébergement pour les accueillir, apparaissant comme un catalyseur de pullulations , des mesures de contrôle sont mises en œuvre afin de limiter les populations de rats. Un renforcement des contrôles des points d'entrée des marchandises est réalisé sur le site afin de mieux signaler et lutter contre des nouveaux vecteurs et leurs parasites (75 points de contrôles des rongeurs sont effectués). Les enjeux (limiter et contrôler la prolifération de rats au droit des zones à risques du site industriel et minier) sont plus sanitaires (en lien avec Homme : contrôle sur base vie) que liés à la biodiversité.
- les cerfs rusa, mais elle reste peu structurée et coordonnée, avec un vrai défaut de stratégie de contrôle ;
- les cochons sauvages (depuis 2017) : elle est mise en œuvre par piégeage (cages) avec peu de succès ;
- les chats harets (depuis 2017). Elle n'est pas effectuée toutes les années et comprend une évaluation au niveau de la base vie avec l'élimination d'un certain nombre et la stérilisation de certains spécimens. Il existe peu ou pas d'évaluation des populations dans les zones clés et gamme des habitats. Il n'existe pas de plan dans le contexte des mesures d'atténuation avec une stratégie de contrôle à long terme des chats et l'évaluation des gains sur les espèces cibles de la conservation.

7.5.4 Bilan / Recommandations

La stratégie de gestion des espèces exogènes de Prony Resources NC affiche des objectifs ambitieux. Ce document est plutôt bien construit et permet d'avoir des actions en fonction d'objectifs affichés. Ses objectifs sont ambitieux, ce qui pourrait le rendre parfois difficile à mettre en œuvre de manière rigoureuse (actions de prévention, de surveillance et de gestions des espèces exotiques envahissantes, présentes ou susceptibles d'apparaître sur l'aire d'influence du projet). La multiplication des listes d'espèces cible pour la veille pourrait en ce sens être un obstacle avec une veille opportuniste déléguée à de nombreux prestataires et combinée à de la veille passive et active dont les méthodes de prospections ne sont pas explicites pour certains des animaux listés

La question se pose également de sélectionner des sites plus en phase avec l'étude botanique.

Les recommandations comprennent la nécessité de :

- redéfinir les zones à risque biosécuritaire (pour les fourmis) dans la mesure du possible
- mettre en œuvre une vraie métrologie et une méthodologie reproductible et standardisée (à l'échelle du Territoire) pour évaluer la pression et la population (protocole de comptage) des chats, cochons, cerfs rusa). Ces données de comptage seraient à croiser avec les résultats des suivis avifaune et herpétofaune (niveau d'impacts).
- géolocalisation et bancarisation pour suivi long terme (base de données réalisée, selon l'exploitant).
- définition de méthodes de régulation des populations de chats, cochons, cerfs, rats, voire fourmis (plan de contrôle via abattage, capture, empoisonnement ...).

Une absence des enjeux relatifs aux espèces invasives animales dans les zones clés et des aires et d'actions de compensation est notée. Pour garantir l'intégrité des zones clefs et des zones de conservation pour la biodiversité du grand Sud, il nous semble que la stratégie EEE ne considère pas actuellement cet enjeu. Il existe une nécessité de définir une vraie stratégie de contrôles (chats, rats, cochon, cerf, voire certaines fourmis). Les actions actuelles de contrôles (rats, chats, cochons) apparaissent anecdotiques et ne pas relever d'un plan stratégique. Les mesures de contrôles supposent la mise en œuvre de stratégies d'évaluation de l'efficacité des mesures réalisées. A ce jour aucun élément en la matière n'est présenté.

7.6 Conclusion

La faune est suivie au travers du prisme de 3 groupes faunistiques (avifaune, herpétofaune, myrmécofaune) et du suivi des EEE.

Le suivi naturaliste de l'avifaune est bien réalisé, mais il présente des lacunes méthodologiques (en termes d'interprétation des données pour le suivi des impacts, ...).

Le suivi de l'herpétofaune apparaît conforme au suivi attendu, avec des possibilités nouvelles de réallocation des efforts.

Le suivi de la myrmécofaune est réalisé essentiellement au travers du suivi des EEE, du fait de choix réalisés (priorisation du suivi de l'herpétofaune).

Un développement méthodologique serait à initier pour le suivi de l'avifaune et de l'herpétofaune en relation avec les impacts miniers attendus.

Les recommandations les plus importantes par groupes sont reprise ci-dessous :

- intégrer les conditions mésologiques de description du milieu (en particulier les paramètres du milieu impactés par l'activité de la mine) dans les suivis avifaune et herpétofaune pour permettre de faire des relations entre les dégradations éventuelles de l'habitat et les variations observées ;
- mieux intégrer les suivis flore et faune (avifaune, herpétofaune, voir myrmécofaune) ;
- mieux répartir les efforts sur la gamme d'habitats pour l'herpétofaune en intégrant le maquis para-forestier et sélectionner des sites plus en phase avec l'étude botanique et en fonction des pressions environnementales ;
- intégrer les reptiles dans les conservatoires de biodiversité et aux plantations de compensation ;

- redéfinir les zones à risque biosécuritaire (pour les fourmis) dans la mesure du possible.

8 Suivi de la flore

Cette partie a été traitée par l'IRD.

Les experts de l'IRD remercient Tanguy Jaffré pour sa contribution plus que significative à la partie flore de cette étude.

8.1 Suivi des espèces rares et menacées (ERMs)

8.1.1 Objectif

L'objectif est d'assurer la pérennité sur le long terme de populations d'espèces rares et menacées (ERM) présentes sur l'aire d'emprise et d'influence de Prony Ressources NC afin de préserver leurs patrimoines génétiques et leurs fonctions au sein de leurs habitats.

8.1.2 Méthodologie

Sur les trois zones différentes de Prony ressources NC, les espèces sont hiérarchisées par priorité de conservation selon 5 critères : leur statut UICN, l'importance des menaces, la rareté locale, la vulnérabilité de l'habitat et la capacité de multiplication de l'espèce. Selon ce classement, certaines espèces sont retenues comme prioritaires, dont un nombre plus réduit avec des enjeux particulièrement importants. Une cartographie des populations ou individus de chaque ERM est réalisée (géolocalisation des pieds adultes). Chaque ERM fait l'objet d'un suivi phénologique (floraison, fructification) et l'état de la régénération est annoté.

Remarques :

- Le but principal du suivi des ERMs ne semble pas être l'évaluation de l'état de santé des populations mais plutôt la multiplication, voir la transplantation de ceux-ci. Des bilans stationnels sont réalisés par l'exploitant tous les 2 ans pour les espèces rares et prioritaires. La description de l'habitat pourrait être complétée par une description de l'association végétale (ou au moins du groupement végétal) et d'une analyse pédologique plus poussée.
- À notre sens, l'évitement doit être privilégié par rapport à la compensation et donc la transplantation ne devrait être utilisée qu'en dernier recours (il est privilégié selon l'exploitant, mais le plus souvent pas compatible avec la gestion de la mine).
- Parmi les espèces présentes sur chaque zone, certaines sont retenues comme prioritaires et l'indice utilisé est bien expliqué. Un seuil supérieur à 8 a été choisi pour intégrer la quasi-totalité des espèces CR et EN, ainsi que les espèces inscrites dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter la mine (selon l'exploitant).
- Concernant les critères de hiérarchisation, ils sont combinés de manière à ce qu'ils aient le même poids dans l'indice de priorisation alors que certains nous semblent plus importants que d'autres. Notamment, le statut UICN traduisant le risque d'extinction des espèces établi selon un protocole standardisé et reconnu internationalement devrait prévaloir. La volonté de l'industriel d'aller plus loin que les simples critères UICN dans la priorisation est néanmoins louable puisqu'il a une connaissance plus fine du terrain et des espèces que les experts de la Red List Authority locale. Ci-dessous, sont reprises quelques remarques pour améliorer la priorisation des ERMs en termes de conservation :
 - Les espèces menacées d'extinction selon les critères de l'UICN (CR, EN ou VU) devraient d'office être mises dans la liste des ERMs.
 - Les espèces CR et EN selon les critères de l'UICN devraient d'office être considérées comme « méritant une attention particulière » au sein des ERMs.
 - Dans l'indice de hiérarchisation, la rareté locale telle qu'elle est estimée devrait être scindée en deux critères : (i) le nombre de localité dans la zone d'influence et (ii) le nombre moyen d'individus adultes par sous-populations. Cela permettra, à l'échelle de l'industriel, de prendre en compte les deux principales formes de rareté reconnues dans la littérature.
 - Certaines espèces, de par leur position phylogénétique, peuvent présenter un intérêt particulier en matière de conservation en raison de leur originalité génétique. C'est le

cas des espèces paléo-endémiques, c'est à dire seules représentantes de groupes originaux en déclin (e.g. Conifères, *Canacomyrica*...). Un critère pourrait être rajouté dans l'indice de hiérarchisation afin de prioriser la conservation de ces espèces paléo-endémiques par rapport à celles des espèces néo-endémiques.

- Il convient ici de préciser qu'un projet de recherche financé par le CNRT (ERMines) et s'achevant en octobre 2022 aura pour rendu la liste des ERMs (selon les critères de l'IUCN) de chaque massif minier de Nouvelle-Calédonie. La priorisation des ERMs de la zone d'influence de Prony Ressources NC devra être recalculée sur la base de ce rendu.
- Le protocole manque de précisions sur les modalités d'évaluation de la régénération (l'exploitant a apporté la précision que les stades plantules, juvéniles et adultes sont suivis tous les 2 ans pour les espèces rares prioritaires dans la mesure du possible) . Pour les ERMs, il convient de quantifier cette régénération par le dénombrement annuel des jeunes individus déjà établis dans chaque population et de suivre ce chiffre aussi bien que le nombre d'adultes.
- Les populations issues de la conservation ex-situ (sur l'emprise de l'industriel) doivent être suivies de la même manière que les populations naturelles pour s'assurer de l'efficacité du procédé. Selon l'exploitant, une grande partie des plantations ex-situ sont réalisée au Parc Provincial de la Rivières Bleue (PPRB) et dépendent des agents du Parc. Une réflexion serait en cours concernant la possibilité de sous-traiter le suivi de plantations ex-situ.
- La fréquence à laquelle est réalisé le suivi n'est pas claire. Il devrait être annuel (pratique actuelle selon l'exploitant), préféablement au moment de la fructification pour permettre la récolte de graines.
- Le suivi réalisé ne permet pas vraiment de répondre à l'objectif de préservation du patrimoine génétique des ERMs. Pour que celui-ci soit effectif, il faudrait s'assurer que des flux de gènes existent entre les populations, soit via la pollinisation soit via la dispersion. Ceci n'est cependant pas vérifiable sans des méthodes lourdes de génétique des populations (les études de génétique d'individus ou de populations existantes sont utilisées pour *Callitris pancheri*, *Saribus jeanneneyi* , *Planchonella latihila*, *Araucaria goroensis* et *Araucaria nemorosa* selon l'exploitant). Pour répondre correctement à cet objectif, l'industriel devrait financer des études génétiques pour les ERM prioritaires non étudiées et, en attendant, planifier au mieux la gestion du paysage et la replantation de manière à réduire la fragmentation des populations et des habitats des ERMs.
- Finalement, en plus de ces protocoles de routines, des études plus poussées sur les traits fonctionnels et la génétique des espèces de la zone d'influence de Prony Ressources NC seraient nécessaires. Des études fonctionnelles comme celle d'Enright et al. en 2012 sur *Araucaria muelleri* (renommé par Mills et al (2017) *Araucaria goroensis* suite à étude génétique et taxonomique de l'espèce). nous semblent très complètes et informatives. Des études génétiques et taxonomiques pour vérifier si certaines espèces cryptiques ne se cachent pas dans la zone d'influence de l'industriel seraient aussi nécessaires. Si ces études sont trop chronophages ou complexes pour être réalisées directement par les équipes de Prony Ressources NC, elles peuvent être sous-traitées mais restent nécessaires.

8.1.3 Synthèse

Le suivi permet bien de s'assurer que les populations d'espèces rares et menacées présentes sur la zone d'influence de Prony Resources NC sont en bonne santé et fonctionnelles. La liste et la priorisation des ERMs devra néanmoins être revue. Le suivi ne permet pas cependant de s'assurer de la pérennité génétique des populations sur le long terme et des études plus poussées sur les traits fonctionnels et la génétique des espèces les plus menacées seraient un complément à envisager. L'exploitant indique que les traits fonctionnel et génétique des espèces rares constituent des thèmes de recherches fondamentaux difficile à transposer sur un suivi des ERMs souvent composé de peu d'individus.

8.2 Suivi de l'état de santé de la flore forestière

Pour plus d'homogénéité, le traitement de l'impact des émissions de SO₂ a été scindé en 2 parties :

- une première partie qui considère le suivi physico-chimique des émissions de SO₂, traité dans le suivi du milieu air ;

- une seconde partie qui traite des aspects liés à l'exposition des végétaux à ces émissions et au suivi de ces effets, introduite ici.

8.2.1 Méthodologie

Des parcelles permanentes ont été installées sur 3 stations de suivi au niveau des forêts humides des réserves terrestres suivantes : Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin et, qui sont localisées respectivement à des distances croissantes des sources d'émission de l'usine. Les deux premières stations (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori) étant également impactées potentiellement par le trafic routier.

Le protocole a été mis en place en 2006 et suivi annuellement et non semestriellement en raison du temps nécessaire au suivi et des conditions météo. Au total 10 parcelles de 400 m² ont été établies, 4 à la Forêt Nord (FN1 à FN4) et au Pic du Grand Kaori (PGK1 à PGK4) et 2 au Pic du Pin (PP1, PP2). Le dispositif comporte des sous-parcelles permettant de prendre en compte les différentes strates de la végétation.

8.2.2 Objectif

Il s'agit de déterminer tout changement dans :

1. la composition des espèces forestières,
2. la structure forestière
3. la santé des végétaux liée aux émissions atmosphériques industrielles. Par ailleurs, la mesure de l'activité chlorophyllienne fournit des informations sur l'état de stress des plantes dans l'écosystème.

8.2.3 Diversité floristique des stations

Le suivi permet de suivre l'évolution de la diversité floristique au sein de chacune des strates dans les parcelles étudiées

Remarques :

- Le protocole est rigoureux et bien construit. De nombreuses analyses sont produites d'après ce jeu de données mais il manque les modalités de sélection des seuils permettant de déterminer si les valeurs obtenues sont "normales" ? L'interprétation des résultats peut s'avérer délicate dans un contexte où l'écologie des forêts est encore mal connue et la diversité β très élevée.
- La diversité floristique globale ainsi que le suivi des plantules de manière globale ne permettent pas de mettre en avant si une espèce se trouve affectée plus qu'une autre par l'activité industrielle. La partie « fluorimétrie par espèces » répond seulement partiellement à cette question. Une espèce pourrait avoir une bonne activité photosynthétique mais pour autant ne pas être en mesure d'assurer ses fonctions de reproduction.

8.2.4 Suivi de l'impact des émissions de SO₂

8.2.4.1 Historique et méthodologie

Ce suivi spécifique a pour origine l'observation en 2010 d'atteintes à la végétation, en particulier du chêne gomme (*Arillastrum gummiferum*) dans une formation rivulaire adjacente à la limite Nord-Ouest de l'installation industrielle suite à des investigations (en 2011) montrant que la cause la plus probable était constituée par des émissions aigues de dioxyde de soufre provenant de la combustion accidentelle du soufre de l'aire de stockage de celui-ci.

Un plan de surveillance spécifique de suivi de l'état de santé de la flore exposée à ces émissions atmosphériques a été mise en œuvre en 2012. Les observations mensuelles de l'état de santé des feuillages de la flore effectuées de 2012 à 2015 sur des stations encerclant l'usine montrent que la zone concernée est localisée dans un secteur sous les vents dominants de l'installation à une distance comprise entre 200 à 3000 m des sources de SO₂. Le suivi symptomatique visuel de l'état de santé des feuillages des plantes a été modifié en 2016. Un protocole de suivi symptomatologique

supplémentaire a été mis en œuvre en 2016 afin de caractériser plus précisément l'évolution de la «zone impactée» sous l'influence des émissions atmosphériques avec une fréquence de suivi quadrimestrielle.

Le premier protocole de suivi engagé depuis 2012 a été maintenu selon une fréquence annuelle. Ce protocole permet également de maintenir une surveillance aux alentours du complexe industriel.

L'exploitant précise que les stations ont été choisies selon leur bonne appréciation de la végétation par une observation en lisière et la présence d'individus d'espèces communes dans la strate « arbres » à la plupart de stations telles *Arillastrum gummiferum*, *Codia spathulata*, *Tristaniopsis guillanii*, *Styphelia cymbulae* pouvant être photographiées pour illustrer les évolutions foliaires selon une fréquence d'évaluation de 4 mois. Ses espèces choisies ont fait l'objet d'un guide des symptômes foliaires liés à des expositions au dioxyde de soufre validé par Francis Murray (référant OMS des études des effets des émissions industrielles sur la végétation).

Des études originales de fumigations entreprises par Vale ont été supervisées par le professeur Francis Murray de l'Université de Murdoch entre 2013 et 2015 pour étudier le cas d'exposition de courtes durées répétées de SO₂ sur des espèces de forêt dont le chêne gomme et quelques espèces de maquis. Ces végétaux ont été exposés 2 h par jour sur des périodes de 10 à 80 jours, à 5 niveaux de concentrations variant de 46 à 1482 ppb de SO₂.

Les campagnes ont concerné 7 espèces et le suivi des symptômes foliaires et des caractéristiques physiques des plantes (poids frais et secs des racines, tiges et feuilles) en début et fin d'expérimentation. Des enseignements ont pu être tirés de ces études originales, à savoir l'absence de symptômes visibles pour des concentrations inférieures à 440-480 ppb de SO₂. Des enseignements spécifiques à chacune des 7 espèces suivies (en termes de concentrations foliaires) sont présentés, les concentrations foliaires en soufre augmentant avec les expositions.

Ces espèces présentent une croissance lente et continue (a contrario de la métropole) qui permet également de supposer qu'un aspect cumulatif des expositions observé au cours des expérimentations est à prendre en compte.

8.2.4.2 Suivi spécifique

Descriptif

Un suivi spécifique mis en place a démontré la présence de symptômes caractéristiques d'une exposition aigue au SO₂ de la végétation suite aux incidents de l'année en cours.

Le protocole d'évaluation de l'état de santé du milieu de 2016 comprend plusieurs groupes de paramètres/ indicateurs suivis à fréquence quadrimestrielle et sur 25 stations (ou indiqué si différent) :

- Le suivi symptomologique de la végétation (foliaire) sur 4 individus par espèce pour 3 espèces par stations ;
- Un suivi qualitatif de l'« état de santé » des lichens terrestres (*Cladonia* spp.) sur 13 stations ;
- La mesure de la qualité de l'air par tubes passifs disposés au niveau de 10 stations d'observation à fréquence mensuelle ;
- La présence de poussière/cendres ;
- Un suivi de l'état phytosanitaire, de la phénologie (fleurs/fruits) et de la reprise de la végétation ;
- Des analyses chimiques du soufre total et isotopique (sur les feuilles, sur 2 espèces et 13 stations par espèces), et du pH et de la conductivité des sols, à fréquence annuelle.

Le réseau de suivi de 25 stations comprend 22 stations réparties au sein de la zone de dépérissement et 3 stations témoins. Les stations ont été implantées en lisière ou milieu ouvert, permettant ainsi de maximiser les expositions.

Avis

Les aspects méthodologiques liés à la mesure de la reprise de la végétation, à la phénologie et à l'état phytosanitaire n'amène pas de commentaires particuliers.

Suivi par tubes passifs

Les tubes passifs de mesure de la concentration de SO₂ dans l'air ont été installés au niveau de 7 stations de suivis représentant globalement deux transects de direction perpendiculaire accompagnés

de points en limite de l'installation au Nord-Est et Nord-Ouest de l'installation, ainsi qu'un point situé au Nord à plus de 3 km du site (témoin). Ils permettent de suivre un gradient de concentration en SO₂ pour les tubes présents sur le transect de direction Sud-Est--Nord-Ouest. Ces tubes passifs intégrant les concentrations, ils fournissent essentiellement une estimation de la concentration d'accumulations mensuelles, sans pouvoir estimer la contribution des pics.

Les mesures présentées dans la synthèse 2016-2020 montrent que les teneurs mensuelles comprennent deux composantes : une variation annuelle liée probablement à l'activité de l'usine (dont la centrale électrique, l'usine d'acide et les chaudières) et des pics plus sporadiques liés essentiellement à des incidents de combustion du soufre. Les teneurs maximales mensuelles évoluent au-delà de la valeur limite de la moyenne annuelle (20 microg/m³ de SO₂) pour la protection de la végétation tout en restant inférieure à la valeur limite de la moyenne journalière (230 microg/m³ de SO₂). L'exploitant indique que ces résultats et constats restent indicatifs car le dispositif d'échantillonnage passif ne permet pas de comparer les niveaux mesurés aux seuils et valeurs de référence, du fait de méthodes de calculs et d'unités d'expression de résultats différentes (Bureau Veritas, 2012).

Du fait de l'évolution de ces teneurs maximales dans cette gamme de concentrations, nous préconisons de poursuivre le suivi par tubes passifs dans le but de pouvoir suivre l'impact « moyen » mensuel et permettre ainsi à Prony Resources NC de mieux identifier les actions permettant de réduire cet impact.

Suivi symptomologique

Ce suivi bénéficie d'un guide des symptômes foliaires avec une échelle de notation décrivant de manière claire l'étendue des symptômes. Il intègre des prises de vues photographiques. Ce suivi est ainsi particulièrement complet. Le protocole a par ailleurs été standardisé en 2016 pour permettre l'évaluation des symptômes dans le temps.

Une des difficultés de ce suivi est de pouvoir attribuer les atteintes observées à la dernière période quadrimestrielle, du fait de l'accumulation continue du soufre au niveau foliaire, mais la croissance continue de la végétation permet de limiter ce biais. En effet, la présence de symptômes ne semble pas influencer la production d'un nouveau feuillage d'après les analyses présentées.

Ici l'expérience de l'équipe, les 5 classes de sévérité des symptômes établies pour chaque espèce et les relevés photographiques doivent permettre d'attribuer les atteintes observées à la bonne période. Cette difficulté réduit potentiellement de ce fait l'importance de la corrélation mise en évidence entre la moyenne quadrimestrielle de la teneur en SO₂ relevée au niveau des tubes passifs avec le pourcentage d'individus présentant des symptômes. Cette corrélation justifie de ce fait le suivi réalisé.

Il pourrait être utile de mettre en regard les informations liées aux pics détectés au niveau de la station de mesure de la qualité de l'air de la zone « utilités », les teneurs moyennes en SO₂ mesurées sur les stations équipées de tubes passifs et le nombre d'individus présentant des symptômes foliaires, dans les cas où cette station est localisée sous les vents de la zone d'incident de l'installation, pour estimer qualitativement la contribution des deux systèmes de mesure à une interprétation des symptômes foliaires (sachant que les pics sont a priori plus dommageables pour la végétation et que la recherche d'une solution pour mesurer de manière plus fiable ces pics est proposée dans la partie liée au suivi du milieu air).

Les stations localisées à des distances moyennes peuvent également potentiellement être exposées à plus d'incidents dans le temps que des stations proches, du fait de la relative dispersion géographique des sources d'émissions sur le site industriel et d'une variation de la direction et force des vents. Le suivi de l'évolution du nombre de stations impactées à courte, moyenne et longue distance des zones d'émissions est ainsi à poursuivre.

L'expérience obtenue depuis 2012 par l'équipe de Prony Resources NC en charge de ce suivi a permis d'évaluer l'impact à long terme sur les végétaux par le suivi de stations et le balisage des zones relevées. Cet impact semble stabilisé. Il faut noter également que le suivi par imagerie opérée par Bluecham constitue une donnée complémentaire de mesure de l'étendue des atteintes à la végétation, en particulier pour la strate supérieure en forêt dense.

Par ailleurs les experts de l'IRD précisent que, si les émanations de SO₂ en excès sont nocives pour les plantes et sans doute encore plus pour les animaux, les apports de soufre quant à eux sont bénéfiques selon les groupes botaniques plus ou moins exigeants en cet élément et qui contrôlent bien son absorption.

Analyses physico-chimiques

Les analyses en soufre total réalisées sur les feuilles portent sur 2 espèces par station d'observation et permettent d'évaluer l'origine des symptômes du fait de la teneur croissante en soufre liée à des expositions de SO₂ (mise en évidence dans les expériences de fumigations). L'origine du soufre est néanmoins diverse, car les mesures isotopiques montrent des enrichissements en soufre 34 plus importants pour les sites témoins que pour les sites suivis, qui est explicitée par une origine marine (embruns, pluies) de celui-ci.

Suivi des lichens terrestres

Les lichens peuvent être potentiellement de bons bioindicateurs en fonction des espèces car ils sont dépourvus de cuticule et donc potentiellement plus sensibles aux émissions. Les lichens sont plus ou moins sensibles selon les espèces et leur détermination est complexe si on doit rechercher un indice de diversité au sein des communautés de lichens. Toutefois il est souvent difficile de distinguer les parties vivantes des parties sénescentes des lichens nécessitant soit des mesures physiques de croissance soit des prélèvements pour des analyses chimiques.

L'approche méthodologique proposée est plus simple et consiste au suivi de 2 espèces communes en maquis. Le choix de ces espèces a été réalisé sur la base de leur caractère commun et Prony Resources NC précise que ce choix ne préjuge en rien de leurs sensibilités potentielles aux émissions. Ces espèces semblent être plutôt bioindicatrices de changement climatique d'après les informations fournies.

8.2.5 Structure végétale des parcelles

8.2.5.1 Biomasse aérienne des parcelles

L'étude de la biomasse par strate permet un suivi détaillé de la structure forestière globale. Elle est suffisante pour détecter d'éventuels changements structuraux.

8.2.5.2 Mortalité des plantules

L'étude dénombre les plantules de moins de 20 cm et effectue une mesure de fluorimétrie sur une feuille par arbuste ou plantule.

Remarque :

- l'étude des plantules, telle qu'elle est effectuée, ne permet pas de répondre à la question. La taille de la parcelle n'est pas suffisante pour capturer l'extrême complexité des mécanismes et processus liés à la régénération. Il en résulte par exemple que la forte mortalité de plantules observée à FN1 sur des parcelles à forte densité de plantules est considérée comme pouvant être "due à des conditions naturelles de compétition pour les ressources environnementales nécessaires à la croissance des plantes". Probablement à juste titre mais comment déceler si ces pertes sont ou non dues à l'impact de l'activité industrielle ?
- Cette partie de l'étude ne permet pas non plus de détecter d'éventuels changements dans la composition floristique -si toutefois certaines espèces venaient à être spécifiquement fragilisées par l'activité industrielle- puisque l'identification des plantules n'est pas réalisée.

8.2.6 Santé des parcelles

8.2.6.1 Fluorimétrie de la végétation par strate

Permet un suivi détaillé des changements de l'activité photosynthétique par strate.

8.2.6.2 Fluorimétrie par espèce

Elle doit permettre de détecter les espèces présentant des anomalies dans leur activité photosynthétique.

Remarque : si la technique de fluorimétrie est efficace, elle permet d'avoir une vision assez globale de l'état de santé des espèces. Voir néanmoins les commentaires sur cette méthode dans le chapitre 8.3.

8.2.7 Caractéristiques chimiques du sol et de la litière

L'objectif est de quantifier les apports d'éléments provenant de différentes sources, naturelles et industrielles dans les forêts.

Remarque : pour répondre à la question posée, les analyses chimiques du sol et de la litière doivent être interprétées au regard de la végétation qui compose la canopée, en complément des valeurs moyennes par parcelles des teneurs des éléments dans les sols et litières qui fournissent des valeurs difficilement interprétables. Les teneurs en éléments dépendent fortement de la végétation environnante, chaque espèce ayant des capacités d'absorption et de rétention différente. Les caractéristiques chimiques des parcelles en tant que telles sont difficilement interprétables ou comparables et ne garantissent pas le suivi de l'état de santé des forêts.

Les données de caractéristiques chimiques des végétaux ainsi que la composition floristique de la canopée étant existantes, des études pourraient être menées sur le sol en prenant en compte ces paramètres dans les analyses.

8.2.8 Caractéristiques chimiques des végétaux communs

Remarque : ces analyses peuvent permettre d'observer des changements dans la composition chimique des feuilles au cours du temps. Nous précisons toutefois que les cycles de présence des éléments dans les feuilles sont complexes, certains éléments remigrant vers la plante avant que la feuille ne tombe.

8.2.9 Synthèse

- Il s'agit d'une étude globalement bien structurée et assez complète qui permet de produire un jeu de données conséquent sur les forêts.
- Le nombre important d'informations relevées rend parfois l'interprétation des résultats fastidieuse.
- Y a-t-il des indicateurs ou des seuils permettant de déterminer dans quelle mesure les changements observés sont des signes de perturbation et doivent faire l'objet de plus amples investigations?
- Les analyses de sol nécessiteraient d'être croisées avec les données de structure et de composition forestière ainsi qu'avec les caractéristiques chimiques des végétaux pour être correctement interprétables. Nous suggérons plutôt de stopper ces mesures et de les remplacer par des capteurs de dioxyde de soufre. Selon l'exploitant, les analyses chimiques ont été maintenues pour évaluer les cycles des éléments et les évolutions spatiales des variations d'éléments nutritifs sur les litières et sol. La méthode utilisée reste quand même contestable pour cet objectif.

8.3 Suivi des lisières forestières

Le suivi se fait à fréquence annuelle dans huit formations pré-forestières en lisière de forêts. Elles comprennent des stations proches des chantiers miniers et une station témoin éloignée. Les suivis sont effectués annuellement. Dans la mesure du possible les indicateurs suivis sont qualitatifs et quantitatifs. En outre l'ensemble des massifs forestiers au sein desquels se trouvent les stations d'observation font l'objet d'un suivi annuel de leur état de santé par télédétection. Ce protocole de suivi est commenté dans le chapitre 8.5.

8.3.1 État de santé de la végétation

Il découle de l'observation visuelle de plusieurs paramètres : état phytosanitaire, floraison, fructification, germination, plantules, présence de jeunes pousses, mortalité de plants, présence de symptômes foliaires, abondance de poussières. Le protocole a évolué fin 2020 pour l'évaluation des symptômes foliaires et des dépôts de poussière : 8 individus ont été balisés et identifiés pour chaque parcelle avec 4 individus en lisière et 4 individus en sous-bois. La taille des parcelles délimitées est de 20 * 20 m (données de l'exploitant).

Remarque : Il s'agit d'observations de routine plus que d'un suivi mais les suivis peuvent permettre de signaler un impact nécessitant une réaction rapide. Une fréquence plus élevée des observations devrait être toutefois envisagée.

8.3.2 Activités photosynthétiques

La détermination de l'activité photosynthétique des plantes est réalisée par des mesures de fluorescence chlorophyllienne à l'aide d'un fluorimètre portatif (Plant Efficiency Analyzer). Les mesures portent sur un individu d'une espèce commune de deux strates de végétation et de la lisière de la station ainsi que sur 2 plantules.

Remarques :

- L'échantillonnage demeure trop limité en nombre d'espèces et d'individus.
- L'identification de l'espèce commune n'est pas indiquée et il n'est pas précisé dans les documents s'il s'agit de la même espèce dans les différentes stations. L'exploitant a précisé qu'une sélection d'espèces similaires était privilégiée, mais que la même espèce n'a pas pu être suivie sur chaque station, tout en privilégiant les espèces les plus aptes à capter les poussières de par la forme incurvée des feuilles. Ce point introduit un biais car la sensibilité des espèces est a priori différente aux dépôts de poussières et aux émissions gazeuses.
- En outre, les mesures données par le fluorimètre portatif traduisent d'éventuels stress photosynthétiques qui ne sont pas facilement interprétables en végétation naturelle composée d'espèces différentes. La bibliographie montre que cet outil est principalement utilisé en conditions contrôlées et en monocultures. Par ailleurs le terme "identification d'un stress" semble plus correct que celui d'une "évaluation de l'état de santé".
- Le choix et le bien-fondé de cette méthode demanderaient à être précisément argumentés. Ou bien cela demanderait une étude plus générale en amont pour bien comprendre la variabilité naturelle de la fluorescence des espèces et pouvoir interpréter correctement les valeurs mesurées lors des suivis.
- La variation de l'effort d'échantillonnage entre les suivis de fluorescence (chaque individu de chaque strate en forêt contre quelques individus à 2 individus en lisière et ripisylve) pose question.

8.3.3 Etat de la régénération naturelle

La régénération est suivie semi-quantitativement par évaluation du taux de recouvrement des plantules et qualitativement avec des mesures de fluorescence chlorophyllienne à l'aide d'un fluorimètre portatif.

Remarques :

- Ce protocole peut permettre l'identification d'un dysfonctionnement de grande ampleur mais ne renseigne pas sur le processus de la régénération ni sur les difficultés de régénération de certaines espèces par rapport à d'autres. L'identification des plantules et la démographie des recrues installées (e.g. supérieures à 1 m de haut) par espèce auraient été instructives.
- Le suivi des phénomènes de fécondation, floraison et production de semences sur des individus marqués de différentes espèces renseignerait sur les capacités de régénération en relation avec les éventuels changements des facteurs environnementaux.
- La dynamique de régénération est impossible à estimer à une si petite échelle, les processus en jeu étant complexes.

8.3.4 Les dépôts de poussières - symptôme foliaires

Il est avéré que le dépôt de poussière peut nuire à la photosynthèse en créant un filtre plus ou moins opaque pour les rayons solaires et peut perturber les échanges gazeux et hydriques au niveau des stomates. La manifestation de ces perturbations est recherchée dans le suivi des parcelles par l'estimation globale de chloroses et de nécroses.

Remarques :

- Les causes de chloroses et de nécroses sont multiples. Elles peuvent être également provoquées par un état de stress, des modifications hydriques ou des carences auxquelles il convient d'ajouter des phénomènes de vieillissement naturel précédant l'abscission. Ceux-ci ne sont pas forcément synchrones pour toutes les espèces ni pour tous les individus d'une population. Il est donc difficile, comme indiqué dans l'étude EcoRCE 2016, d'attribuer la présence de chloroses et de nécroses aux seuls effets de la poussière.(Cette évaluation est également conduite au niveau du site témoin pour fournir des informations sur les modifications climatiques)
- Les dépôts de poussières pourraient être des facteurs néfastes aggravant en période sèche, entraînant la perte d'espèces sensibles lors de périodes sèches exceptionnelles. Le suivi a été maintenu à cette période permettra ainsi de détecter les pertes d'espèces sensibles associées à ces périodes de déficit hydrique.
- Des études plus fines de l'effet des poussières sur les mécanismes de la fécondation seraient nécessaires ; venue des pollinisateurs, entrave de la poussière à la fécondation, à la germination du tube pollinique. Ces phénomènes sont susceptibles d'affecter davantage certaines espèces que d'autres et de changer à long terme l'équilibre floristique de la végétation. L'étude de ces mécanismes serait très chronophage et nous recommandons donc de se focaliser sur le résultat fonctionnel : est-ce que les individus sont encore en mesure de produire des graines fertiles et est-ce que cette production est anti-corrélée à la quantité de poussières observée ?

8.3.5 Coupe de bois et présence de déchets

La présence de déchets et de bois coupé est relevée lors du suivi.

Remarques :

- La coupe de bois relevée uniquement au sein des petites parcelles n'a qu'un intérêt limité. Il serait plus pertinent de la prendre en compte à une échelle plus globale, par exemple avec un protocole de type signalement à faire remonter si quelqu'un observe des coupes. Prony Ressources NC indique qu'un signalement de coupe dans des zones de forêts est systématiquement fait aux autorités compétentes (DDDT).
- Une équipe s'occuperait ensuite d'évaluer l'impact sur site et éventuellement de mettre en place un dispositif de surveillance.

8.3.6 Les espèces exogènes

Un indice quantitatif est attribué à toute espèce exogène végétale rencontrée sur la station de suivi selon la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet. L'indice de Braun-Blanquet est un coefficient d'abondance permettant d'évaluer le recouvrement d'une espèce.

Remarques :

- Le suivi par la seule méthode des indices de Braun Blanquet n'est pas adapté à toutes les espèces exogènes. Le nombre d'individus, le dynamisme et le mode de propagation des populations recensées seraient des données plus appropriées dans bien des cas. Prony Ressources NC indique qu'il applique un plan de surveillance et de détection précoce des espèces végétales envahissantes faisant l'objet de relevés spécifiques (indice abondance, distribution des individus, phénologie, risque d'envahissement estimé basé sur des référentiel internationaux Pier, ISSG, CEN, IRD, SIVAP, PS..., suivi photographique) sur des zones à risque et des zones d'intérêt écologique.

- Concernant la détection précoce des EEE dans les sites clefs pour la biodiversité du grand Sud les moyens déployés sont ainsi décrits : "Attention particulière à la détection des nouvelles EEE lors des suivis biannuels ou annuels de ces zones par le personnel de Prony Resources NC ou les contractants en charge des suivis faune/flore". Ces moyens ne sont pas suffisants. Au regard des enjeux environnementaux que représentent certaines formations de la zone, la détection précoce doit faire l'objet de relevés spécifiques et non être faite de manière opportuniste. Il est aussi important de s'assurer que les relevés soient faits par des personnes formées.
- les listes d'EEE doivent faire l'objet de mises à jour annuelles afin de s'adapter à l'évolution de la situation en Nouvelle-Calédonie (nouvelles espèces sur le territoire, reclassement etc...)

8.3.7 Synthèse :

Le protocole de suivi répond assez bien aux objectifs, et va même au-delà, sans toutefois répondre aux exigences de suivis parfaitement interprétables et incontestables à différentes échelles de temps. Nous posons ici (comme dans d'autres suivis) une interrogation sur la validité des mesures de fluorescence en milieu naturel. La régénération est, comme dans les autres suivis, étudiée à trop petite échelle et nous suggérons d'augmenter les surfaces suivies quitte à ne pas s'intéresser à toutes les plantules mais juste aux jeunes individus établis. Les suivis relatifs aux poussières ne montrent aucun effet sur la mortalité des plantes et nous suggérons donc d'alléger ce protocole et de plus se focaliser sur l'effet des poussières sur la reproduction des individus.

8.4 Suivi de la Ripisylve

Le suivi de la ripisylve se fait sur les berges de la Kwé avec 4 sites suivis 2 fois par an (en fin de saison des pluies et en fin de saison sèche). Des observations supplémentaires sont effectuées lors de pics pluviométriques et de sécheresse. Un site témoin a été ajouté en 2018 en amont de la cascade Camille. Les périmètres d'observations sont représentés par une surface de 400 m² (40 x 10 m pour deux parcelles et 26.5 x 15 m pour l'autre).

De nombreux paramètres physico-chimiques et relatifs aux plantes sont mesurés.

8.4.1 Choix des stations

Des remarques sur le choix des stations peuvent être réalisées.

Si la Kuébini a une certaine valeur de bassin versant de référence vis-à-vis de la rivière Kwé, la parcelle dite témoin ne peut pas être totalement considérée comme telle en raison du manque de similitude entre les quatre maquis rivulaires considérés. Il existe des différences importantes dans les caractéristiques des cours d'eau (débit, pente, configuration du lit...), dans les conditions pédologiques des rives, ainsi que dans l'état de la couverture végétale dont les caractéristiques sont aussi fonction du stade d'évolution, (progressive ou régressive), de l'ancienneté et de la fréquence des incendies. La qualification des substrats illustre ce manque de similitude du facteur substrat pédologique, qualifié selon les cas de plaine alluviale, de sol ferrallitique cuirassé et de sols péricratitiques (ces derniers correspondant à des sols non définis puisque les quatre types de substrats pédologiques cités sont issus de péricratites).

Il n'est pas toujours simple de trouver une station témoin pour chaque station faisant l'objet de suivis. Les variations enregistrées à compter de la première observation au temps (T0) sont plus appropriées pour évaluer les changements intervenus dans chacune des trois stations d'observations. La station témoin conserve toutefois son importance pour, par exemple mesurer les différences d'épaisseur du périphyton signalé à la fois dans la station témoin et dans deux stations contrôlées. Ces mesures seraient susceptibles de renseigner sur l'importance de l'eutrophisation du milieu aquatique. De même les différences de turbidité renseignent sur les phénomènes d'érosion en amont.

La surface de 400 m² est supérieure à l'aire minimale des associations végétales rivulaires de ce type maquis hydromorphe et sont donc représentatives, hormis pour SRO4 floristiquement et écologiquement composite (cf. commentaire ultérieur).

Les documents étudiés manquent d'analyses transversales des différents paramètres mesurés. Dans le cas de la ripisylve, il faudrait étudier les corrélations entre les paramètres physico-chimiques et les mesures relatives à la végétation. Ceci permettrait de tester si les changements relatifs à la végétation sont bien dus à l'activité industrielle ou simplement à d'autres processus plus naturels.

Le choix de l'étude des ripisylves sur le seul cours d'eau de la Kwé pose question ainsi que le fait que des cours d'eaux plus petits comme la Wadjana, la Truuoutou ou celui du trou bleu aient été écartés du suivi.

L'impact sur la végétation de la modification du réseau hydrographique de la zone par le projet minier a été évalué essentiellement pour le choix de stations sur la Kwé (sur les résultats issus de la modélisation de la réduction des débits hydrologiques de la Kwé (A2EP et al., 2015). L'assèchement de certains cours d'eau ou la modification des eaux de ruissellement là où elles ne passaient pas avant sont à prendre en compte. Le choix des stations semble également lié aux sites qui font déjà l'objet d'une surveillance à travers l'étude de l'ichtyofaune et de la carcinofaune dulçaquicole (stations poissons & crustacés KWP-10, KWP-40 et KWO-20), permettant ainsi d'obtenir des données complémentaires sur les eaux de surface ainsi que des photographies.

8.4.2 Méthodologies et protocole

8.4.2.1 Données Physico chimiques des cours d'eau et berges

Les Impacts potentiels attendus de l'évolution potentielle de la ripisylve sont la réduction des débits, l'eutrophisation du cours d'eau, l'augmentation des phénomènes d'érosion, la modification des dépôts granulométriques, de la composition chimique de l'eau et du sol.

Les remarques ci-dessous concernent les aspects de suivi botaniques et d'écologie végétale. Les aspects plus liés à l'hydrologie et au transport sédimentaire sont traités par le BRGM.

8.4.2.1.1 Structure des rives

Les pentes, le degré de stabilité des berges, le recouvrement végétal, le pourcentage de sol nu et le déchaussement des systèmes racinaires à différents niveaux des berges sont évalués. Sur la base de ces critères, 5 degrés de stabilité sont reconnus. Ces observations sont complétées par le recensement d'indicateurs de crues (plantes endommagées, débris végétaux dans les branchages, présence de dépôts de latérite, présence de plants arrachés et de branches cassées).

Commentaire : L'analyse du profil pédologique des berges ainsi que l'examen de la distribution des systèmes racinaires dans les différents horizons auraient été nécessaires pour éclairer les relations sol/plantes.

8.4.2.1.2 Analyses chimiques des apports de terre

Les principaux paramètres analysés sont la conductivité, le pH, le Soufre et le Calcium total.

Commentaire : Les analyses auraient pu être plus complètes. Il serait intéressant de savoir si les matériaux apportés sont similaires du point de vue nutritionnel (eau et éléments minéraux disponibles) ou différents de ceux constituant les berges de la station suivie.

8.4.2.1.3 Qualité des eaux de surface

L'état du cours d'eau à une période donnée est estimé par des mesures de turbidité et de hauteur d'eau rendant compte du débit. Le suivi de la turbidité de l'eau et des matières en suspension retient quatre états allant de "Eau claire transparente" à "Eau terreuse".

Le suivi physico-chimique des eaux comprend les mesures de pH, conductivité, température, sulfates, manganèse, chlorures, nitrates, chrome et chrome VI, magnésium, nickel, potassium, sodium, aluminium, arsenic, cadmium, cobalt, calcium, cuivre, étain, fer, ammoniac, nitrites, plomb, zinc, demande chimique en oxygène (DBO), hydrocarbures.

Commentaires :

Ces données d'écologie mésologique n'ont d'intérêt pour le suivi de la ripisylve que si elles sont mises en relation avec les caractéristiques floristiques et nutritionnelles du couvert végétal.

Lorsque des teneurs anormales d'un élément sont détectées dans les eaux il serait utile d'effectuer des analyses foliaires des espèces de la ripisylve. Ceci serait notamment important pour le soufre et les métaux qui ne se trouvent pas naturellement à des teneurs importantes dans les sols et les plantes des terrains miniers.

8.4.2.2 Suivi de la végétation

Les impacts potentiels sont l'arrachage, l'asphyxie, le dessèchement ou l'intoxication de la végétation, le changement de la composition spécifique.

Remarques :

Les suivis portent ici sur des parcelles de ripisylves basses et ouvertes qui peuvent être classées au sein des « maquis des zones humides ». Comme ils ont subi, durant plusieurs décennies, les effets d'incendies, ils représentent des groupements végétaux non stabilisés d'où la difficulté de différencier certains changements liés à l'activité minière de ceux liés à la trajectoire naturelle de la végétation, largement marquée par les conséquences de fortes perturbations antérieures.

Les zones étudiées ne sont pas représentatives de l'ensemble des types de végétation de la zone. Il faudrait ajouter des sites de suivis en forêt dense humide en plus de ceux situés en maquis.

La méthode de Braun-Blanquet implique que les parcelles échantillonnées soient floristiquement homogènes, ce qui se vérifie, en cas de doute, en dressant la courbe aire-espèces. Si les stations SRO1, SRO2 et SRO5 paraissent floristiquement homogènes, ce n'est pas le cas de la station SRO4 qui regroupe au moins deux associations végétales différentes, un maquis hydromorphe rivulaire et un maquis à caractère pré-forestier. Il faudrait scinder cette station en deux.

8.4.2.2.1 Présence de végétation aquatique :

La présence de végétation aquatique est relevée et les espèces identifiées. Un indice de Braun Blanquet est attribué à chaque espèce afin d'évaluer sa fréquence et son recouvrement. Une photographie est prise à chaque suivi afin d'illustrer l'état de ce paramètre.

L'examen du périphyton et d'algues vertes peut renseigner sur l'eutrophisation des eaux. Cette eutrophisation peut changer la nature oligotrophe des substrats latéritiques adjacents et modifier les conditions de compétitivité interspécifique pouvant changer à terme l'équilibre floristique initial. La mise en place d'un suivi photographique fixe afin d'évaluer le développement du périphyton est une solution proposée par l'exploitant.

Remarques : les suivis nous semblent adéquats.

8.4.2.2.2 Flore et stratification

La flore est suivie de manière semi-quantitative (indice phytosociologique d'abondance dominance de Braun-Blanquet). Les résultats permettent de comparer dans le temps la liste floristique et les coefficients d'abondance-dominance de Braün-Blanquet pour chaque espèce, ainsi que le recouvrement des strates arbustives et herbacées.

Remarques :

Le suivi de la structure (couramment étudiée en forêt sur la base des densités de tiges par espèces et par classes de diamètre) se limite ici au suivi de la stratification et des taux de recouvrement de chaque strate.

Les listes floristiques ont été mises à jour de manière rigoureuse à partir du référentiel Florical (<http://publish.plantnet-project.org/project/florical>). Toutefois des changements nomenclaturaux récents portant par exemple sur *Tricostularia guillauminii* et *Osmanthus autrocaledonicus*, devenus respectivement *Anthelepis guillauminii* et *Notolaea autrocaledonica* devront être pris en compte. De manière générale, nous recommandons une mise à jour taxonomique de la base de données environnementale de Prony ressources NC à chaque mise à jour du référentiel florical. L'exploitant

indique qu'il tient un fichier de référence actualisé selon Florical et que les changements nomenclaturaux pourront être pris en compte lors de la rédaction des rapports annuels.

Par ailleurs, les agents réalisant les inventaires doivent récolter des spécimens en cas de doute et venir les identifier à l'Herbier de Nouvelle-Calédonie (NOU), outil le plus sûr d'identification des plantes sur le territoire.

Le mode d'observation utilisé, sur une période relativement courte, dans le cas d'une végétation peu dynamique, ne permet pas de mettre en évidence des variations de faible amplitude. Par contre, elle est justifiée pour quantifier des modifications importantes, liées à des phénomènes brusques, de forte intensité (fortes pluies, dysfonctionnement d'un processus industriel...). Ceci est sans doute le but recherché des suivis semi-quantitatifs et visuels au cours des premières phases de la mise en œuvre des travaux miniers.

8.4.2.2.3 Symptômes foliaires

Les symptômes foliaires (dépôts de poussières, chloroses, nécroses, production d'anthoxiane) ont fait l'objet d'observations et de photographies.

Remarques :

Les symptômes foliaires pris en compte sont difficilement interprétables. Ces types de symptômes sont le plus souvent dus au phénomène de vieillissement des feuilles, précédant l'abscission. Vieillissement et abscission des feuilles interviennent naturellement à des périodes différentes selon les espèces. Les chloroses et nécroses peuvent être intensifiées sous l'effet de stress variés. Le stress hydrique ici évoqué est plausible et en concordance avec les données pluviométriques (déficit hydrique des années 2017 (70%) et 2018 (5%)), sans que l'on puisse noter une accentuation significative durable des symptômes liés à l'activité minière.

Il convient de souligner que les chloroses typiques d'une carence ou d'un phénomène de toxicité n'ont pas été étudiés sur les plantes des terrains miniers, et qu'il y a un manque de données de références sur le sujet. Néanmoins, ce suivi semble être le moyen le plus efficace pour détecter précocement des cas de mortalité.

8.4.2.2.4 Régénération naturelle

Ce suivi est effectué dans chaque station dans une sous-parcelle permanente de 50 cm x 50 cm. Des mesures d'activité photosynthétique des plantules sont réalisées sur deux plantules afin d'évaluer leur état de stress. L'évaluation de la régénération qualifiée de faible, modérée ou forte, se base sur des taux de recouvrement ou sur le nombre de plantules à une date donnée.

Remarques :

Le suivi du nombre de plantules nous semble plus adéquat que le taux de recouvrement pour suivre la régénération.

L'échelle étudiée (parcelles de 50x50 cm) est beaucoup trop petite pour mettre en évidence des processus aussi aléatoires que la régénération. D'autant que la seule existence de germination, sans indication des taux de survie, ne renseigne pas sur la régénération effective des espèces de la ripisylve.

Les mesures de l'état de santé des plantules par des valeurs d'activité photosynthétique (sur deux plantules sans autre informations) sont peu instructives.

Étant donné que l'échelle étudiée ne convient pas mais qu'il est matériellement impossible de suivre toutes les plantules de l'intégralité des parcelles, nous recommandons de se focaliser sur les jeunes individus déjà installés. La modalité de sélection des individus "installés" n'est cependant pas évidente et doit s'appuyer sur une solide connaissance du terrain et des espèces étudiées (base du plant lignifié, hauteur supérieure à 50 cm...?). Sur la base de ces jeunes individus, la régénération de chaque espèce adulte de la parcelle peut être qualifiée de manière semi-quantitative (e.g. 0 si pas de jeune plant, 1 si entre 1 et 5 jeunes plants....).

8.4.2.2.5 Activité photosynthétique

Elle est estimée indirectement par des valeurs numériques données par un fluorimètre portable ("Plant Efficiency Analyser") qui permet d'évaluer l'activité photosynthétique de tissus foliaires qui varie en

fonction de stress susceptibles d'affecter la fonction chlorophyllienne des plantes. Il a été établi pour l'appareil utilisé que la valeur numérique d'une plante saine est d'environ 0,8 et diminue en cas de stress. Pour chaque station de suivi, ces mesures quantitatives sont relevées sur deux individus balisés d'une espèce commune rivulaire de la strate arbustive ainsi que sur deux plantules balisées. Les valeurs présentées sont la moyenne des valeurs enregistrées sur toutes les feuilles de l'individu testé.

Remarques :

La pertinence de cette méthode en milieu naturel est questionnée et développée dans l'avis sur l'état de santé des lisières.

Nous ne sommes pas convaincus que les mesures qui portent sur seulement deux individus d'une même espèce permettent vraiment de statuer sur l'état de la flore totale de la station. Nous suggérons d'augmenter la taille d'échantillonnage pour ce protocole.

L'activité photosynthétique d'une espèce varie en fonction de l'environnement et même au cours du temps (âge et heure de la journée) sur un individu donné. Le seuil de 0,8 retenu semble pertinent au regard de la bibliographie. Néanmoins, il aurait aussi fallu au préalable faire une analyse plus complète sur l'activité photosynthétique des espèces étudiées (sur plusieurs feuilles de plusieurs individus d'âges différents et dans des conditions différentes) afin d'en apprécier la variabilité naturelle. Les taux mesurés lors des suivis seraient ainsi également comparés à cette variabilité naturelle (tout en gardant le seuil de 0,8 également par sécurité).

Il serait intéressant de mettre en relation l'activité photosynthétique et la composition minérale foliaire d'espèces de la ripisylve pour étudier leur corrélation. La disponibilité du matériel végétal pour les analyses chimiques apparaît néanmoins contraignante pour permettre cette mise en relation.

8.4.2.2.6 Espèces rares de la ripisylve

Les dénominations de quatre espèces rares et menacées d'extinction : *Retrophyllum minus*, *Callitris pancheri*, *Dracophyllum cosmeloides* et d'une espèce herbacée *Xyris pancheri* ont été réalisés. Le suivi se fait sur les parcelles de 400 m² ainsi que dans des sous parcelles de 2 m X 2 m. Des observations sur leur état de santé (symptômes foliaires et activité photosynthétique) ont été réalisées et la présence de graines a été notée.

Remarques :

La rareté des espèces considérées peut être contestée. Un projet de recherche financé par le CNRT (ERMines) livrera fin 2022 une liste des espèces rares et menacées présentes sur les périmètres de Prony Resources NC. Cette liste correspondra à la conclusion d'un travail de trois ans basé sur les critères standardisés de l'IUCN. Les espèces considérées comme ERM devront être mises à jour à ce moment-là.

Les remarques précédentes sur la mesure de l'activité photosynthétique et les symptômes foliaires s'appliquent également ici.

8.4.2.2.7 Espèces exogènes.

Un indice quantitatif est attribué à toute espèce exogène rencontrée sur la station de suivi selon la méthode phytosociologique de Braün-Blanquet. En cas de détection, les plantes exogènes seront arrachées afin de limiter leur propagation.

Remarques :

Selon les espèces le taux de recouvrement peut être remplacé par le nombre d'individus. L'état phénologique de l'espèce pourrait aussi être noté.

L'éradication pure et simple est la meilleure méthode. Il faudrait privilégier une surveillance permanente.

8.4.3 Synthèse et recommandations

Le protocole de suivi répond assez bien aux objectifs pour ce qui concerne la Kwé. Le design général par contre (nombre de cours d'eau suivis, nombre de parcelles, localisation des parcelles) mériterait d'être discuté pour être sûr de couvrir toutes les ripisylves menacées. Au sein des sites, les suivis visuels

et semi quantitatifs présentés sont pertinents pour déceler des effets brusques et importants sur la ripisylve, bien que nous recommandions que leur pertinence soit aussi évaluée par un hydrologue/hydrogéologue.

Des mesures plus précises seraient nécessaires pour un suivi d'effets potentiels plus discrets ou cumulatifs s'exerçant à plus long terme. Nous posons ici (comme dans d'autres suivis) une interrogation sur la validité des mesures de fluorescence en milieu naturel. La régénération est, comme dans les autres suivis, étudiée à trop petite échelle et nous suggérons d'augmenter les surfaces suivies quitte à ne pas s'intéresser à toutes les plantules mais juste aux jeunes individus établis.

8.5 Suivi annuel de l'état de santé des massifs forestiers par télédétection sur 9 massifs forestiers

8.5.1 Etat initial, objectifs et sites suivis

Depuis 2016, VNC puis Prony Resources NC ont mandaté Bluecham pour la mise en place d'un protocole de suivi par imagerie satellitaire de l'évolution de l'état de santé de la végétation.

Il s'agit du suivi à l'échelon du paysage, de l'activité photosynthétique de la végétation, de la structure de la canopée et du couvert de feuilles, ainsi que du stress hydrique du couvert végétal sur deux acquisitions de satellite multispectrale de haute résolution par an.

Cette surveillance complémentaire au suivi de terrain doit permettre de détecter précocement d'éventuelles dégradations de l'état de santé de la canopée par rapport aux images satellites de 2011. Sept massifs forestiers ont ainsi été sélectionnés à proximité d'ouvrages miniers pour ce suivi ainsi que deux massifs témoins hors influence de l'activité minière.

Un suivi global est réalisé à l'aide d'un indicateur nommé ISEV.

Le suivi a démarré le 7 décembre 2016 et se poursuit jusqu'à aujourd'hui.

8.5.2 Méthodologie de suivi

8.5.2.1 Impacts observés par satellite sur les massifs forestiers

Les impacts sont définis par des individus ou groupes d'individus morts tels que relevés sur le terrain en 2014 pour le calibrage de l'outil de télédétection. Les résultats mettent en évidence des stress et des impacts parfois importants sur les forêts. L'état de santé spectrale de la canopée des massifs est signalé par année. La méthodologie n'était pas présentée dans les documents transmis (seuls des résultats étaient présentés), aussi l'IRD a contacté Bluecham pour obtenir des informations complémentaires.

8.5.2.2 Dynamique des massifs forestiers ISEV

Les indicateurs NDVI, EVI, GRVI et Fr sont combinés pour former un indicateur de dynamique de végétation nommé ISEV. L'indice ISEV classe chaque massif dans un état dynamique allant de "fort déclin" à "forte reprise".

L'indicateur ISEV est affiché comme indicateur de la dynamique de la canopée. La dynamique d'une forêt tropicale est un phénomène complexe, encore mal connu en Nouvelle-Calédonie. En l'absence d'étude de référence sur des milieux similaires et/ou de campagnes de réalité terrain et/ou de transparence concernant la méthodologie utilisée pour éprouver les modèles proposés, l'utilisation de ces indicateurs pour garantir un suivi scrupuleux des milieux forestiers suscite des questionnements.

Les derniers documents transmis par Bluecham à l'IRD permettent de conforter la pertinence de ce suivi, notamment en termes de calibration terrain. Il demeure à évaluer la pertinence scientifique de l'utilisation de l'indice ISEV.

8.5.2.3 Utilisation des indicateurs

Les indicateurs sont présentés par massif comme témoignant de l'activité de la canopée. Le massif mentionné comme étant le massif de référence est la forêt Nord

Les indicateurs utilisés pour réaliser les analyses sont largement utilisés et éprouvés pour identifier et caractériser les couverts forestiers (NDVI et EVI particulièrement). Leur utilisation nécessite toutefois un paramétrage prenant en compte la spécificité de l'environnement étudié et sa variabilité saisonnière. Ils sont effectivement très sensibles à des variations climatiques, notamment à des échelles aussi fines (50 cm, soit moins d'un houppier).

L'indice ISEV utilisé dans cette étude ne semble pas avoir fait l'objet de publications récentes, particulièrement dans le type d'habitat considéré ici.

Le cadre de l'étude n'est pas défini au départ et n'est pas précisé dans les résultats laissant penser que la méthodologie doit faire l'objet d'une publication.

En l'état actuel de la prise de connaissance des derniers documents transmis par Bluecham en juillet 2022, les recommandations principales sont présentées ci-dessous :

- la validation de la méthodologie relative à l'indice ISEV nécessiterait d'être développée dans un document à associer aux suivis ;
- la relecture plus régulière des parcelles ayant servi de base à la calibration et au suivi de la végétation pour continuer à évaluer la fiabilité du suivi par télédétection (dernière relecture datant de 2014).

8.6 Suivi des espèces exogènes pour la problématique de la flore

8.6.1 Objectifs et avis sur la stratégie

Les objectifs suivants sont listés :

- faire des EEE un enjeu prioritaire ;
- prévenir l'installation de tout nouvel organisme ;
- détection précoce de tout organisme nouvellement introduit ;
- suivre les EEE déjà présents ;
- participer au maintien de l'intégrité des zones clefs pour la biodiversité du grand Sud

Cela comprend une approche par site et une approche par espèce

La mise en œuvre comprend plusieurs étapes clefs qui sont traitées ici.

Surveillance/détection précoce

Une stratégie est détaillée pour les différents sites à risque et une liste d'espèces "cible" différente est présentée pour chaque site. Toutefois ce point est traité dans le cadre du protocole de suivi et de détection précoce des espèces végétales envahissantes où une liste est présentée. Une stratégie centrée espèces est aussi mise en place. Les moyens déployés et actions sont précisés et les rôles de chacun bien définis.

Remarques :

- La multiplication des listes d'espèces cibles avec une liste différente pour chaque site peut générer de la confusion. Elle se justifie dans des milieux particuliers comme les zones humides mais elle reste discutable pour le domaine terrestre. Prony Resources NC indique qu'un suivi basé sur un plan de suivi et de détection précoce des espèces végétales envahissantes comprenant un relevé exhaustif des espèces végétales exogènes pour chaque site de suivi (site clefs pour la biodiversité et site à risque) précise ces points.

Eradication et contrôle : les procédures d'éradication et de contrôle sont détaillées par site.

Rôles et responsabilités : les rôles et responsabilités de chacun dans le processus de veille et de lutte sont clairement définis.

La prévention : les volets sensibilisation-formation sont détaillés et semblent assez complets.

Révision du plan et reporting : la révision et le reporting sont prévus, des bases de données et un SIG spécifique sont mis en place.

Les opérations : faire des EEE un enjeu prioritaire : la méthodologie est bien établie, des indicateurs de suivis cohérents sont formulés.

Prévenir l'installation de toute nouvelle EEE : le traitement est bref mais suffisant

Déetecter lors des premiers stades tout organisme nouvellement introduit afin de permettre son éradication :

- les listes doivent être régulièrement mises à jour en collaboration avec les organismes compétents. Certaines espèces sont arrivées entre-temps sur le territoire comme *Chromolaena odorata*.
- globalement la stratégie est pertinente
- l'établissement de listes d'espèces cibles différentes pour chaque zone est discutable

Contrôler les EEE présentes : Un contrôle annuel d'arrachage est mis en place depuis 2009 pour éviter la prolifération de certaines EEE déjà présentes sur le site : *Pluchea odorata*, *Rattus spp.* et fourmis exogènes.

Participer au maintien de l'intégrité des zones clefs pour la biodiversité du grand Sud

Concernant les sites clefs, l'objectif affiché est de "détecter toute introduction de nouvelle EEE au sein des zones clés pour la biodiversité du Grand Sud et empêcher son installation et sa propagation". Les moyens mis en œuvre sont "Attention particulière à la détection des nouvelles EEE lors des suivis biennuels ou annuels de ces zones par le personnel de Vale-NC ou les contractants en charge des suivis faune-flore ».

Remarque :

- Une vérification de la bonne applicabilité des moyens pour atteindre l'objectif est proposée.
- Si les observations sont seulement opportunistes, la méthode n'est pas adaptée. Les zones d'intérêt écologique majeur doivent faire l'objet d'une veille particulièrement scrupuleuse selon un tracé et une fréquence définie. Elle doit de plus être réalisée par du personnel formé et compétent sur la problématique des EEE. Le suivi est réalisé par des botanistes de manière systématique sur 18 sites (sites à risque et site d'intérêt écologique). Par ailleurs l'exploitant indique que les zones d'intérêt écologique font l'objet d'une veille annuelle systématique avec relevé exhaustif des espèces sur les points de suivi sur un périmètre bien défini.
- Le contrôle effectué sur Creek Baie Nord où il est précisé que le service préservation effectue une "Descente annuelle le long du creek afin de détecter la présence d'EEE végétales au sein de la ripisylve" doit être généralisé aux autres milieux d'intérêt écologique et faire l'objet d'un protocole de suivi présence/absence. L'exploitant précise que ce contrôle est généralisé aux autres milieux d'intérêt écologique.
- Un suivi est préconisé sur toutes les espèces allochtones qui pourraient être utilisées dans le cadre du projet industriel (*Phragmites*, *vetiver*...)
- Le contrôle du *Pinus* dans le périmètre de la zone d'influence de Prony Ressources NC est vivement recommandé. L'exploitant indique que cette espèce fait partie de la liste des espèces pour lesquelles des actions de contrôle sont engagées.

8.6.2 Synthèse sur les EEE de la flore

Le plan de gestion des espèces exogènes de Prony Resources NC est globalement bien construit et doit permettre de remplir les objectifs affichés.

Ses objectifs sont ambitieux ce qui pourrait le rendre parfois difficile à mettre en œuvre de manière rigoureuse.

. Une vérification de la bonne applicabilité et priorisation entre les moyens et les objectifs ambitieux du suivi des espèces exotiques envahissantes est proposée.

8.7 Synthèse pour la flore terrestre

Le suivi de la flore est particulièrement complet et présentes de nombreux points pertinents : il permet de s'assurer de la bonne santé de la flore et des ERM, il est rigoureux et bien construit en général et répond assez bien aux objectifs. Seul le volet concernant le suivi des EEE de la flore semble insuffisant (pour garantir l'intégrité des zones clefs pour la biodiversité du grand Sud), du fait des objectifs ambitieux de ce volet. Une interrogation générale sur la validité des mesures de fluorescence en milieu naturel est également réalisée.

Les recommandations concernent de ce fait plus des améliorations à apporter.

Suivi des ERM

La priorisation des ERM est à revoir en fonction des études en cours.

L'assurance de la pérennité génétique des populations sur le long terme et des études plus poussées sur les traits fonctionnels et la génétique des espèces les plus menacées seraient des compléments à envisager

Suivi de l'état de santé de la flore

Une suggestion de remplacement des analyses de sol par des capteurs de dioxyde de soufre est proposée pour plus d'efficacité (les analyses de sol nécessiteraient d'être croisées avec les données de structure et de composition forestière ainsi qu'avec les caractéristiques chimiques des végétaux pour être correctement interprétables).

Suivi des lisières forestières

La régénération est, comme dans les autres suivis, étudiée à trop petite échelle et nous suggérons d'augmenter les surfaces suivies quitte à ne pas s'intéresser à toutes les plantules mais juste aux jeunes individus établis.

Les suivis relatifs aux poussières ne montrent aucun effet sur la mortalité des plantes et nous suggérons donc d'alléger ce protocole et de plus se focaliser sur l'effet des poussières sur la reproduction des individus

Suivi de la ripisylve

La stratégie générale (nombre de cours d'eau suivis, nombre de parcelles, localisation des parcelles) mériterait d'être discutée pour être sûr de couvrir toutes les ripisylves menacées.

Suivi par télédétection

La validation de la méthodologie relative à l'indice ISEV nécessiterait d'être développée par Bluecham dans un document à associer aux suivis.

La relecture plus régulière des parcelles ayant servi de base à la calibration et au suivi de la végétation pour continuer à évaluer la fiabilité du suivi par télédétection (dernière relecture datant de 2014) est proposée.

Suivi des EEE de la flore

Du fait des objectifs ambitieux du plan de suivi et de détection précoce de la flore exogène, une vérification de la bonne applicabilité des moyens pour atteindre l'objectif est proposée.

9 Suivi des impacts sanitaires

9.1 Aspect méthodologique

L'analyse critique consiste à porter un avis sur la pertinence et l'adéquation des stratégies de surveillance actuelles afin d'appréhender les impact sanitaires potentiels liés aux rejets du complexe industriel. Elle porte sur la qualité des différents milieux selon les étapes usuelles d'une évaluation quantitative des risques sanitaires en considérant un schéma conceptuel avec des scénarios représentatifs des usages et en utilisant les enseignements provenant des études, données et rapport fournis par Prony Resources NC.

Compte-tenu de la configuration du complexe industriel, des milieux récepteurs et d'exposition autour du site, une attention particulière est portée sur le réseau de surveillance de la qualité des produits de la mer qui semblerait être la voie prépondérante d'un potentiel transfert des polluants des rejets industriels vers l'homme. Les rapports sur l'évaluation du risque sanitaire lié à la consommation des produits de la mer ont été ainsi plus spécialement recherchées pour répondre à la question posée des réseaux et des stratégies de surveillance.

Le cas échéant, des recommandations sont proposées. Des remarques peuvent également être formulées, dans l'objectif de contribuer à améliorer la compréhension des études.

Cette analyse s'attache uniquement aux impacts chimiques potentiels des émissions sur la santé de la population vivant aux environs du complexe industriel et ne concerne donc pas les travailleurs sur le site. Aucune évaluation des autres types d'impacts ou nuisances (ondes, effets biologiques, radiologiques, odeurs, bruits, réchauffement climatique...) ne sera abordée dans le cadre de cette analyse.

En cohérence avec les documents de référence, l'analyse critique veille au respect des principes généraux suivants dans les différentes études mise à disposition de l'Ineris :

- le principe de prudence scientifique : par exemple pour démontrer l'absence de situation préoccupante, en cas de connaissances insuffisantes, des choix majorant raisonnablement les risques estimés doivent être effectués ;
- le principe de proportionnalité : le degré d'approfondissement de l'étude est proportionné aux risques attendus ;
- le principe de spécificité : le contenu de l'étude est adapté aux spécificités du site et de son environnement ;
- le principe de transparence : les hypothèses, données et outils retenus doivent être explicités et justifiés, de manière compréhensible par les lecteurs de l'étude.

9.2 Principaux milieux récepteurs et voies d'exposition des populations

Le site Prony Resources NC est situé dans une zone de la Nouvelle-Calédonie relativement peu peuplée. Les zones peuplées et potentiellement exposées aux émissions de la raffinerie ont été définies lors de la modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques de la raffinerie réalisée par la société Katestone. D'après la carte de dispersion des divers polluants modélisés (cf. (« Rapport de modélisation de dispersion atmosphérique pour le projet GORO Nickel », 2006 (non consulté)), plusieurs lieux de vie sont présents dans la zone potentiellement impactée. Il s'agit de la Base-Vie, située à environ 2 km au nord-ouest du site industriel, du site de Port Boisé et du village de Prony, situés respectivement à 5 km à l'est et 9 km à l'ouest du site industriel.

Le village de GORO, situé à 14 km au nord-est du site, n'est pas inclus dans la zone d'impact.

Une carte indiquant les divers lieux de vie identifiés est présentée ci-dessous.



Figure 13. Localisation des lieux de vie autour du site industriel (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p19)

Aucun village ou peuplement sur la commune de Yaté ne se trouve sur l'emprise du site, ni dans une proximité immédiate (DDAE, Vol III, Section A-Chapitre 8 (2007), p. 19). Un grand Sud sauvage s'étend essentiellement sur des terres placées en réserves naturelles et des terres allouées aux concessions minières.

Les sites touristiques à proximité (DDAE, Vol III, Section A-Chapitre 8 (2007), p. 62) sont :

- Prony et son village ;
- La source de Prony ;
- Le cap N'Doua (à proximité du site de VALE Nouvelle-Calédonie) ;
- Les bois du Sud ;
- L'îlot Casy (à proximité du site de VALE Nouvelle-Calédonie) ;
- L'Aiguille de Prony.

De petites structures touristiques sont implantées au sud-ouest (à l'ouest du site) : Ecolodge Kanua Tera, camping Port Boisé (source : images satellites, données cartographiques Google, 2022).

L'agriculture ne représente pas une activité économique importante dans la zone d'étude, du fait du relief escarpé et des sols généralement pauvres.

La localisation des captages en eau potable recensés autour du site industriel et les zones qu'ils alimentent sont présentés sur la carte ci-dessous.

Tableau 14 Captage en eau potable autour du site (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p35)

Nomination	Source du prélèvement	Zone alimentée
Déversoir ⁽¹⁾	Creek en aval du déversoir	Base vie
Kwé ouest	Rivière Kwé	
Kwé principale ⁽²⁾	Rivière Kwé	
Trou Bleu	Rivière Trou Bleu	Baie de Port Boisé

(1) Captage équipé d'une unité de potabilisation

(2) Captage temporaire prévu pour compléter les besoins en eau (potable et industrielle) nécessaires lors de la phase de construction. L'eau sera traitée avant utilisation.

Un captage de prélèvement dans le lac de Yaté a également été autorisé par arrêté en février 2007 pour l'alimentation en eau industrielle et de consommation du site de la raffinerie.

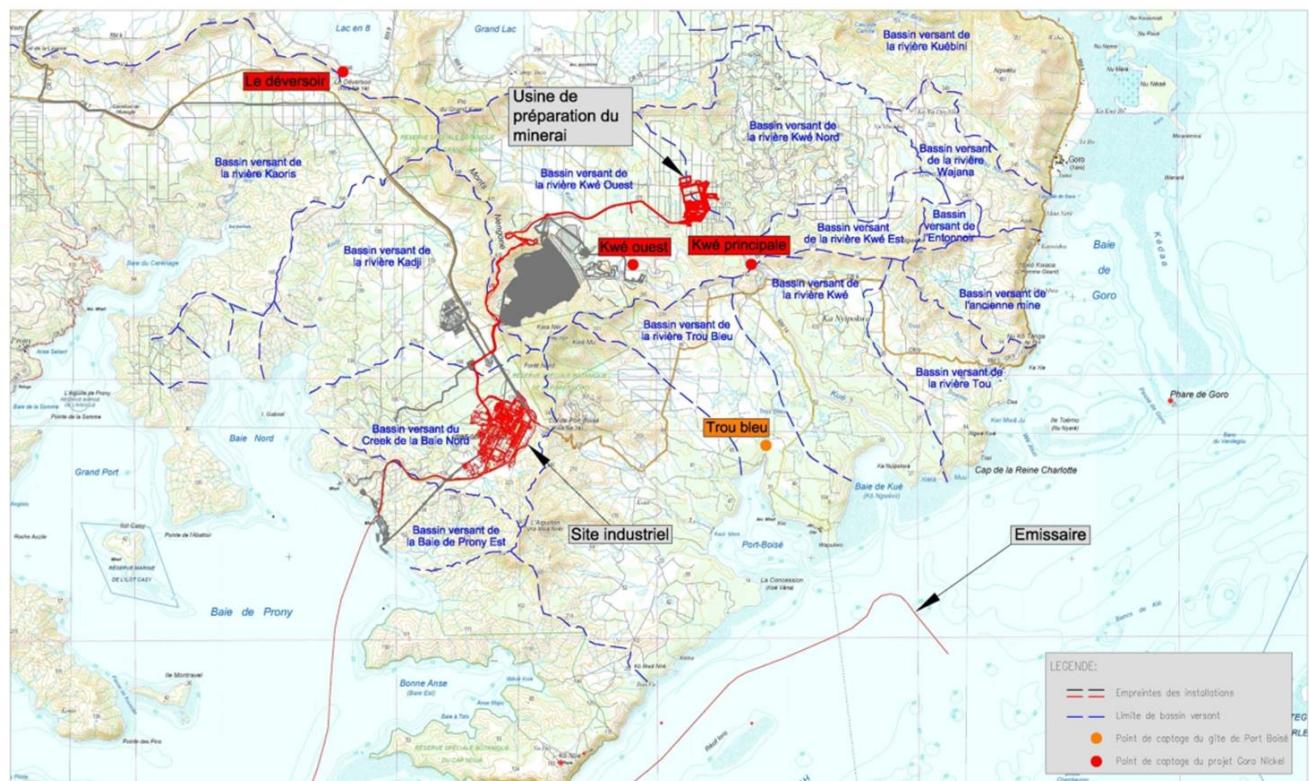


Figure 14. Localisation des captages en eau potable dans la zone d'implantation du site industriel (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p36)

Les zones de baignade et les activités de pêche sont détaillées dans le rapport de la DDAE (Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p37)

Des activités nautiques (baignade, plongée, voile) sont pratiquées le long des côtes de la zone d'étude. La pêche est une activité pratiquée dans la zone d'étude, soit de façon professionnelle, soit en amateur.

En 2007, la filière de la pêche fournit un emploi à plus de 1400 patrons pêcheurs indépendants et à un peu moins de 300 salariés (en filière semi-industrielle) sur le territoire de la Nouvelle Calédonie. La pêche en lagon et la pêche côtière, considérées comme « artisanales », font appel à diverses méthodes et elles se pratiquent près de la côte, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur du récif. La pêche sportive et de subsistance se pratique près de la côte.

En matière de prises totales, en 2003, la pêche sportive et de subsistance est la plus importante, avec 52 % des prises (3 500 tonnes/an). La pêche en lagon compte pour 17 % des prises et la pêche hauturière rapporte 34 % des prises.

Au cours d'une enquête effectuée dans la région de Yaté - île Ouen, 80 % du nombre des personnes interrogées ont déclaré qu'au moins un membre de leur famille pêchait dans la mer. La zone au large de l'embouchure de la Rivière Kwé a été indiquée par 23 % des personnes interrogées comme étant une zone de pêche importante, soit la zone qui a été citée le plus souvent dans la région de l'enquête.

Les membres des collectivités de Goro, de Port Boisé et de l'île Ouen pêchent surtout dans le lagon, à un kilomètre tout au plus de leurs plages. Une partie de la pêche se fait à des fins commerciales et une partie à des fins de subsistance. La pêche en rivière n'est pas courante, le poisson étant plus abondant dans les lagons (source : Dossier de demande d'autorisation d'exploiter du projet GORO Nickel, Etude d'impact, volume III, section A, chapitre 9).

9.3 Analyse critique

9.3.1 Réseau de surveillance des rejets atmosphériques

9.3.1.1 Analyse du réseau de surveillance

La société Prony Resources NC a mis en place un suivi de la qualité de l'air ambiant sur le site de l'usine et sa périphérie conformément aux arrêtés ICPE n° 1467-2008 du 9 octobre 2008, ICPE n° 375-2019 du 8 juillet 2019 qui remplace et reprend notamment, les dispositions de l'arrêté n°1946-2012 du 5 septembre 2012 ainsi que l'arrêté autorisant l'exploitation du site minier (AEM) n°2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016. Les rapports annuels (2010 à 2019) de surveillance de la qualité de l'air ambiant présentent les données acquises au niveau des stations de surveillance ainsi que les comparaisons aux obligations réglementaires pour les paramètres suivis lors des différentes campagnes. L'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air a été défini en novembre 2004 par les sociétés Sechaud Environnement et LBTP. Au total, cinq sites de mesures avaient été retenus (pour 3 stations fixes : Forêt Nord, Base-vie, et Utilité et une station mobile) auxquels un sixième site a été rajouté dans le périmètre immédiat de l'usine conformément à l'arrêté complémentaire n°1946-2012 du 5 septembre 2012 et à la suite du dépérissement observé sur une formation végétale à l'ouest et à proximité du site industriel. Il existe sept stations de mesure de la qualité des eaux de pluie réparties sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, principalement situées aux alentours du site industriel. Cinq d'entre elles sont situées au même endroit que les stations de mesure de la qualité de l'air ambiant.

Tableau 15. Composés rejetés dans l'atmosphère par la raffinerie (source : DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p12)

Poussières (PM10)
Acide sulfurique
Composés organiques volatils (COV)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore (exprimé en HCl)
Chlore (exprimé en HCl)
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en Cd + Hg + Tl
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en As + Se + Te
Plomb (Pb et ses composés) pour les installations de combustion
Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) exprimé en Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + Pb + V + Zn
Oxydes de nickel ($\text{NiO} + \text{NiO}_2 + \text{Ni}_2\text{O}_3$) exprimé en Ni
Oxydes d'azote
Oxydes de soufre ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$) exprimé en SO_2 pour l'usine d'acide
Oxydes de soufre ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$) exprimé en SO_2
CO

Les mesures des polluants gazeux (NO_2 et SO_2) sont réalisées en quatre points de mesure. Les mesures des quantités de poussières en suspension PM10 sont réalisées en deux points de mesure avec des analyses ponctuelles des métaux (caractérisation chimique). Les mesures des retombées de poussières sont réalisées au niveau des stations Forêt Nord et Port Boisé jusqu'en aout 2019. A partir

de novembre 2019, les retombées de poussières sont réalisées au niveau des stations Forêt Nord et Base Vie. Des métaux (As, Cd, Ni, Pb, Hg et Zn) sont également recherchés dans les retombées atmosphériques. Enfin, les campagnes de suivi de la qualité des eaux de pluie ont concerné les paramètres suivants : sulfates, Nitrates, Chlorures et pH.

Les composés rejetés dans l'atmosphère ont été rapportés dans le rapport d'étude d'impact de 2007 (voir Tableau 15).

L'Ineris s'interroge sur les raisons de la non prise en compte de certaines substances rejetées par l'usine dans le programme de suivi de la qualité de l'air ambiant. Le choix de substances traceurs d'émissions atmosphériques et traceurs de risque doit être argumenté en prenant en compte les différents critères de sélection (flux émis, toxicité, incidences avérées ou prévisibles, devenir dans l'environnement, etc. ...).

Les implantations des stations de suivi couvrent globalement les zones peuplées identifiées lors de la modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques de la raffinerie réalisée par la société Katestone en 2006, à savoir, la Base-Vie, Port Boisé et le village de Prony. Néanmoins, l'Ineris s'interroge sur l'absence d'un suivi équivalent entre les différents sites (types et périodes des campagnes de mesures).

En 2019, les concentrations en Nickel dans les retombées atmosphériques au niveau de la Base-Vie sont supérieures à la valeur limite de référence du TA Luft et aux concentrations mesurées en 2009 (considérées comme valeurs indicatives de référence) (Cf. rapport 2019, tableau 16 page 32). Le rapport ne présente pas l'éventuel dysfonctionnement à l'origine de ces concentrations élevées en Nickel ni les mesures correctives pour abaisser les niveaux de concentrations mesurées.

9.3.1.2 Conclusions et recommandations

Après consultation des documents et des rapports de surveillance de la qualité de l'air ambiant fournis par Prony Resources NC, l'Ineris s'interroge sur :

- les raisons de la non prise en compte de certaines substances rejetées par l'usine dans le programme de suivi de la qualité de l'air ambiant ;
- l'absence d'un suivi équivalent entre les différents sites (types et périodes des campagnes de mesures) ;
- l'origine des concentrations élevées en Nickel dans les retombés atmosphériques (une fraction non précisée provient de l'érosion, des envols et des opérations sur la zone de la mine qui est plus riche en nickel après décapage des stériles).

L'Ineris recommande de :

- établir et argumenter le choix des substances traceurs d'émissions atmosphérique en prenant en compte les différents critères : flux émis, toxicité, incidences avérées ou prévisibles, devenir dans l'environnement, etc. ...) ;
- mettre en place un suivi équivalent (types et périodes des campagnes de mesures) au niveau des zones peuplées identifiées lors de la modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques de la raffinerie réalisée par la société Katestone en 2006. Cette modélisation mériterait également d'être mise à jour en prenant en compte les paramètres actuels du fonctionnement de l'usine ;
- mettre en place, au niveau des zones peuplées (Base-Vie, Port Boisé et le village de Prony), un suivi des concentrations en particules fines PM2.5 afin de s'assurer du respect des seuils en vigueur ;
- mettre en place des mesures correctives pour abaisser les niveaux de concentrations en Nickel mesurées dans les poussières au niveau de la Base-Vie.

9.3.2 Réseau de surveillance des eaux souterraines

9.3.2.1 Analyse des données

Des campagnes de suivi annuel des eaux souterraines sont mises en place par Prony Resources NC 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 mineraï et du centre de maintenance de la mine) et n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de résidus issus du procédé - « LUCY »).

Les résultats de ces campagnes de suivis sont présentés dans des rapports annuels de 2010 à 2019.

Les localisations des piézomètres sont présentées dans les rapports de surveillance par zone d'activité de l'usine.

Les paramètres physicochimiques suivi lors des campagnes de surveillance relèvent uniquement des arrêtés cités ci-dessus. Les critères de potabilité des eaux ne semblent pas être pris en compte dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines. En effet, aucune comparaison aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (arrêté du 11 janvier 2007 modifié) n'a été mise en œuvre.

9.3.2.2 Conclusions et recommandations

L'Ineris n'a pas mis en évidence la présence de captages AEP dans les environs du site industriel. S'il s'avère que les eaux souterraines alimentent des captages en eau destinée à la consommation humaine, il conviendra de s'assurer du respect des limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, conformément à l'arrêté du 11 janvier 2007 du code de la santé publique. Si les eaux souterraines sont utilisées pour l'arrosage ou l'abreuvement, il est recommandé de vérifier leur qualité au point de captage. Il conviendrait également de vérifier si la qualité des denrées alimentaires autoproduites sont compatibles avec leurs usages.

9.3.3 Réseau de surveillance des eaux de surface

9.3.3.1 Analyse des données

Les activités liées au projet Vale Nouvelle-Calédonie 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). Des suivis sont mis en place pour détecter les pollutions chroniques liées à l'activité industrielle, conformément aux 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 mineraï 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). Les résultats de ces suivis sont présentés dans les rapport semestriels et annuels. 24 points ont été définis pour le suivi physico-chimique des eaux de surface des bassins versants du Creek de la Baie Nord, de la Kwé Ouest, de la Kwé Principale, de la Kadji, de la Truu, de la Kuebini et de la rivière Trou Bleu.

Les paramètres physicochimiques suivi lors des campagnes de surveillance relèvent uniquement des arrêtés d'autorisation d'exploitation. Les critères de potabilité des eaux ne sont pas pris en compte dans le cadre de la surveillance des eaux de surface au niveau des captage AEP. En effet, aucune comparaison aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (arrêté du 11 janvier 2007 modifié) n'a été mise en œuvre.

Des captages en eau potable au niveau du Déversoir, la Kwé ouest, la Kwé principale et le Trou bleu ont initialement été prévus pour alimenter la Base-Vie et la Baie du Port Boisé comme rapporté dans la DDAE (DDAE, Vol III-Etude d'impact Sections D, E, F et G (2007), p36). Prony Resources NC précise que l'alimentation en eau potable du site et de la base vie est actuellement produite uniquement par le captage du lac de Yaté. Les captages prévus ne sont ainsi plus utilisés pour la production d'eau potable. Le captage sur la Kwé (appelé BSKN désormais) est utilisé pour l'eau d'arrosage des pistes minières, pour limiter les envols de poussières.

D'après la DDAE de 2007, la tribu qui gère le gîte de Port Boisé produit sur place des denrées alimentaires dont la part d'autoconsommation représentent 70 %. Les eaux de surface (Trou bleu) étant

a priori utilisées pour l'arrosage ou l'abreuvement, il est recommandé de vérifier leur qualité au point de captage. Il conviendrait également de vérifier si la qualité des denrées alimentaires autoproduites est compatible avec la qualité requise pour leurs usages alimentaires.

9.3.3.2 Conclusions et recommandations

L'Ineris ne dispose pas d'information sur le suivi réalisé au niveau du captage du Trou bleu, dont le suivi n'est pas assuré par l'exploitant. Une vérification est en cours par l'exploitant pour s'assurer qu'un suivi est prévu par la municipalité. Pour les eaux captées au niveau de ces points AEP, il convient de s'assurer du respect des limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine conformément à l'arrêté du 11 janvier 2007 du code de la santé publique si celui-ci s'applique. Si les eaux de surface sont utilisées pour l'arrosage ou l'abreuvement, il est recommandé de vérifier leur qualité au point de captage.

9.3.4 Réseau de surveillance des rejets des effluents industriels dans le milieu marin

9.3.4.1 Suivi réglementaire des rejets des effluents du complexe industriel

Les rejets des effluents industriels sont réglementés et font l'objet de suivis périodiques selon les prescriptions des arrêtés N°890-2007/PS du 13 juillet 2007, N°891-2007/PS du 13 juillet 2007, N°1467-2008/PS du 9 octobre 2008 et N°2767-2016/ARR/DIMEN du 21 novembre 2016, correspondant respectivement aux autorisations d'opérer les utilités, le port, l'usine, l'unité de préparation du minerai et le centre industriel de la mine, et fixant des mesures complémentaires relatives au traitement des effluents au sein de l'unité 285.

Les valeurs limites de concentrations et des flux des rejets traités de l'usine dans le canal de la Havannah sont présentées dans le Tableau 16 (extrait du rapport de surveillance des émissions rejets liquides de 2021).

Tableau 16 : Valeurs limites de concentrations et des flux des rejets traités de l'usine dans le Canal de la Havannah (rapport de surveillance des émissions rejets liquides de 2021)

Paramètre	valeur limite de concentration	Valeur limite en flux en Kg/j sauf autre mention	Péodicité de l'auto-surveilance
Débit horaire maxi	-	3 050 m ³ /h	en continu
Débit journalier maxi	-	73 200 m ³ /j	en continu
Température	-	40 °C	en continu
pH	-	Entre 5,5 et 9,5	en continu
Modification de couleur du milieu	-	100 mg Pt/l ⁽¹⁾	à la mise en service
MEST	35 mg/l	2 562	journalière
DBO ₅ (sur effluent non décanté)	30 mg/l	1 464	mensuelle
DCO (sur effluent non décanté)	125 mg/l	7 320	journalière
COT	10 mg/l	366	journalière
Azote global	30 mg/l	1 098	journalière
Phosphore total	10 mg/l	366	journalière
Sulfates	50 000 mg/l	2 196 000	journalière
Cyanures	0,1 mg/l	0,73	trimestrielle
Arsenic	0,05 mg/l	0,37	hebdomadaire
Chrome hexavalent et composés (en Cr ⁶⁺)	0,1 mg/l	7,32	journalière
Chrome et composés (en Cr)	0,5 mg/l	36,6	journalière
Plomb et composés (en Pb)	0,5 mg/l	3,66	hebdomadaire
Cuivre et composés (en Cu)	0,5 mg/l	36,6	journalière
Nickel et composés (en Ni)	2 mg/l	146,4	journalière
Zinc et composés (en Zn)	2 mg/l	146,4	journalière
Manganèse et composés (en Mn)	1 mg/l	-	journalière
Étain et composés (en Sn)	2 mg/l	14,6	hebdomadaire
Fer, aluminium et composés (en Al+Fe)	5 mg/l	366	journalière
Cobalt et composés (en Co)	1 mg/l	73,2	journalière
Magnésium et composés (en Mg)	10 000 mg/l	512 400	journalière
Calcium et composés (en Ca)	1000 mg/l	73 200	journalière
Mercure et composés, y compris méthylmercure (en Hg)	0,05 mg/l	0,37	hebdomadaire
Cadmium	0,2 mg/l	1,46	hebdomadaire
Composés organiques halogénés (en AOX ou BOX)	1 mg/l	36,6	trimestrielle
Dioxines et furannes	0,3 ng/l	0,011	annuelle

Les bilans annuels des conformités, des dépassements et des non-conformités ainsi que les mesures correctives sont présentés dans les rapports des suivis des rejets liquides.

Il est à noter que la dernière analyse annuelle des dioxines et furanes a été réalisée en janvier 2018, la prochaine analyse annuelle de ces substances est prévue lors de l'audit de 2022.

En janvier 2014, une recherche de 33 substances prioritaires dangereuses au titre de la Directive Cadre sur l'Eau a révélé la présence des nonylphénols dans les rejets des effluents industriels. Les investigations menées sur l'origine de cette substance ont conduit à l'hypothèse d'un apport potentiel lié à l'utilisation de produits de nettoyage sur la Base-Vie. Des analyses complémentaires des nonylphénols ont été réalisées au niveau des rejets des effluents industriels et ont montré la présence de cette substance en 2015 à des concentrations de 0,15 à 0,4 µg/L. L'origine de cette pollution reste inexpliquée à ce stade après des recherches effectuées sur plusieurs effluents (d'après les informations communiquées par exploitant).

9.3.5 Suivi de la bioaccumulation des substances rejetées par les espèces marines : Biosurveillance dans le milieu marin et analyse du risque sanitaire

Un programme de surveillance du milieu marin dans la région sud de la Grande Terre a été mené entre 2009 et 2016. Deux approches ont été suivies pour évaluer les apports en métaux biodisponibles dans la zone potentiellement impactée par le rejet :

- une surveillance passive par l'analyse des produits de la mer (invertébrés et poissons) les plus communément consommés dans la région et pêchés dans la zone de l'étude (2009-2014);
- une surveillance active par la transplantation en stations artificielles d'espèces bioindicatrices des métaux (2009-2016).

Les données les plus pertinentes d'un point de vue sanitaire, objet de cette analyse, sont celles générées lors des campagnes de surveillance passive. Au total 8 campagnes ont été réalisées entre 2009 et 2014.

L'Ineris recommande de mettre en place un suivi régulier (au minimum biannuel) des polluants dans les principales espèces consommées par la population locale afin de s'assurer que leurs niveaux de concentrations ne présentent pas de risque pour l'homme.

9.3.5.1 Etat initial

L'état de référence de la zone sud du Lagon de Nouvelle Calédonie a été déterminé lors des 2 premières campagnes de 2009 (saison fraîche) et 2010 (saison chaude) dans le cadre d'une étude menée par l'IRD (Breau et al., 2010) (rapport MM_8) avant le début effectif des rejets liquides du complexe industriel. Le rapport de l'étude présente les résultats des analyses chimiques dans les chairs des poissons, bivalves et gastéropodes pour les 9 métaux et métalloïdes : As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni et Zn. Les résultats de cette étude montrent une variabilité des concentrations des 9 métaux dans les chairs de poissons mais aussi entre les différentes espèces de mollusques. Les conclusions du rapport mettent en évidence « ...une certaine variabilité temporelle, potentiellement saisonnière, des concentrations entre les deux campagnes... » et « souligne l'importance d'une évaluation semestrielle des niveaux de concentration... ».

9.3.5.2 Biosurveillance passive et analyse du risque sanitaire

Le rapport MM_27 (2021) « Biosurveillance passive et analyse du risque sanitaire » (Kumar-Roiné S et Fernandez JM, 2021) regroupe les résultats de l'ensemble des 8 campagnes réalisées entre 2009 et 2014 de suivi des concentrations des 9 métaux recherchés lors de l'étude de détermination de l'état initial auxquels il a été ajouté le Hg à partir de la campagne de janvier 2012.

Le rapport constitue une synthèse des études concernant les risques sanitaires liés à la consommation de produits de la mer dans l'aire d'impact potentiel de l'activité industrielle et minière de VALE-NC, à savoir les études :

- MM_9 (2013) : Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (poissons) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : évaluation du risque sanitaire dû à la présence de métaux dans les eaux.
- MM_10 (2013) : Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (poissons) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : évaluation du risque sanitaire dû à la présence de mercure (hg) dans les eaux
- MM_12 (2014) : Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (mollusques) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : Evaluation du risque sanitaire dû à la présence de métaux dans les eaux et sédiments.

a. Paramètres suivis

La confrontation de la liste des 10 métaux et métalloïdes suivis lors des campagnes de biosurveillance passive à celle des substances suivies dans les rejets en mer des effluents industriels montre que certaines substances n'ont pas été recherchées dans les matrices animales (poissons et invertébrés) lors des campagnes de biosurveillance passive. L'Ineris n'a pas mis en évidence, dans les documents précités, la présentation d'un choix justifié des substances d'intérêt suivies lors des différentes campagnes d'échantillonnage. De plus, certaines substances recherchées dans les émissions industrielles, par exemple les dioxines et furanes, les nonylphénols, le plomb (ce dernier est cité dans les recommandations du rapport MM27), etc. ..., peuvent être bioaccumulées par les organismes marins consommés par la population locale. Il conviendrait alors que la surveillance des produits de la pêche comporte un suivi des substances qui sont rejetées via l'émissaire marin ainsi que celles qui peuvent atteindre le milieu marin à la suite du dépôt des rejets atmosphériques (par érosion ...). Dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, le choix de substances traceurs d'émissions considérées

devrait également être argumenté (Ineris, 2003)² en prenant en compte les différents critères de sélection (flux émis, toxicité, incidences avérée ou prévisibles, devenir dans l'environnement, etc.) selon les modalités définies dans la note ministérielle³ N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 et décrites dans le guide Ineris sur l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires de 2013 et mis à jour en 2021⁴.

b. Campagnes de prélèvements et espèces marines échantillonnées

En ce qui concerne les zones de surveillance, un ensemble de quatre zones à surveiller a été défini lors de l'étude de définition de l'état initial sur la base d'études de courantologie et de modélisation de la dispersion du panache. Ces zones ont été redessinées en 2012 et 2013 pour « ...une meilleure délimitation des aires de pêche et donc un traitement de données plus robuste... ». Les campagnes de biosurveillance passive ont mis en évidence des difficultés concernant la réalisation des échantillonnages dans certaines zones : sur les deux zones de pêche attribuées d'un commun accord (Bonne Anse et Ile Ouen), seul l'échantillonnage de l'Ile Ouen (bord Est de l'île) a été mené et cela uniquement en 2009. Quant à la zone de Prony Est et au récif de Bonne Anse, aucun échantillonnage de poisson ou de coquillage n'a été effectué pour les années 2009 et 2010.

En 2014, à la suite de l'accident du 06/07 mai 2014 dans la Baie du Prony (acidification accidentelle du Creek de la Rade du Nord), de nouvelles zones ont été investiguées. Certaines de ces zones n'avaient pas été inclus dans l'étude de l'état de référence réalisée en 2009 et 2010 et aucune information sur leur état initial n'est disponible, en particulier pour les zones de la Baie de Carénage et de l'îlot Montravel, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats des analyses pour caractériser une éventuelle dégradation des milieux en l'absence de données complètes sur l'état de référence.

Le rapport (MM_27) « Biosurveillance passive et analyse du risque sanitaire » souligne bien les difficultés rencontrées en termes de représentativité des espèces échantillonnées, de comparabilité entre les prises des différentes campagnes (espèces et niveaux trophiques, nombre d'individus par zone, tailles et poids des prises). Les recommandations du rapport concernant le volet sanitaire, préconisent de « ... s'orienter uniquement vers des espèces de produits de la mer (poissons, coquillages, crustacés, etc.) comestibles et les plus couramment consommées par les populations locales et de cibler uniquement les zones dans lesquelles elles sont pêchées ». L'Ineris estime que l'application de ces recommandations est indispensable afin que l'évaluation des risques sanitaires liée à la consommation des produits de la mer soit pertinente. L'Ineris préconise également de cibler les espèces sédentaires des zones potentiellement impactées et bioaccumulatrices des substances d'intérêt avec une représentativité des espèces benthiques et pélagiques et des différents niveaux trophiques. Le poids, la taille et l'âge des individus péchés doivent être représentatifs de ceux des espèces pêchées et consommées localement.

Les analyses des métaux ont été réalisées dans les parties comestibles à savoir le muscle pour les poissons et les gastéropodes et dans la chair totale des bivalves.

Les résultats d'analyses dans la chair des poissons montrent que peu d'éléments ont pu être mesurés aux concentrations supérieures à la limite de quantification de la méthode analytique pour le Fe, le Ni et le Cd ; ce dernier n'étant dosable que dans un seul spécimen. Seul le Cu est mesuré dans la totalité des spécimens, suivi par l'As et le Mn (>90 % de l'échantillonnage) puis le Zn et le Cr (>70 %). Pour le Co, le nombre quantifié se réduit drastiquement (31 % de l'échantillonnage). Pour le Hg, dont le dosage n'a été effectué qu'à partir de la campagne 2012, le pourcentage s'élève 98 %.

Pour les mollusques, le pourcentage d'analyses quantifiables atteint quasiment 100 %, sauf pour le Co dans les deux groupes d'organismes étudiés ; les concentrations sont supérieures à la LQ dans 78 %

² INERIS, 2003. Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement – Substances chimiques – (ERS – ICPE), 152 p.

³ Note ministérielle d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. <https://aida.ineris.fr/reglementation/note-d-information-ndeg-dgsea1dgpr2014307-311014-relative-modalites-selection>

⁴ Ineris, 2021. Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarque intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, 130p. https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quattro_Web.pdf

des spécimens de bivalves et 49 % des spécimens de gastéropodes. Pour le Hg, dont le dosage n'a été effectué que lors de la campagne 2014, le pourcentage s'élève à 99 et 72 % des individus, respectivement.

Pour l'évaluation des risques sanitaires, la valeur de la limite de quantification de la substance a été prise en compte dans le calcul des concentrations moyennes. Néanmoins, pour chaque substance, il est fortement recommandé de définir les limites de quantification pour les analyses en laboratoire en tenant en compte des valeurs toxicologiques de références des substances sélectionnées et de la consommation locale.

c. Interprétation des résultats et analyse des risques sanitaires

L'évaluation du risque sanitaire lié à la consommation des produits de la mer a été réalisée pour chaque groupe (poissons, bivalves, gastéropodes) toutes espèces confondues, sur la base des concentrations moyennes des métaux pour toutes les zones et les campagnes de pêche dont celles destinées à la définition de l'état initial. Une analyse des risques sanitaires a également été menée spécifiquement sur la base des résultats obtenus (toutes campagnes confondues) pour le poisson *P. leopardus*, espèce piscivore fortement représentée dans les différentes campagnes d'échantillonnage et qui se situe en haut de la chaîne trophique et en ciblant les 2 espèces *T. crocea* et *Spondylus sp.* pour les bivalves et les espèces *L. lambis* et *S. luhuanus* pour les gastéropodes, organismes ayant montré des charges métalliques élevées.

L'utilisation des concentrations obtenues lors des deux premières campagnes destinées à la définition de l'état initial dans l'analyse des risques sanitaires n'a pas été justifiée et n'est pas conforme à l'état de l'art. En effet, même si pour le Cr et le Cu, les concentrations dans les poissons sont plus élevées lors des 2 premières campagnes (état initial), il s'avère que les concentrations de certains métaux (Ni, Co chez les poissons ; As, Cd, Cu, Fe, Zn, Co, Cr, Fe, Mn, Ni chez les bivalves et Cu, Zn, Co, Cr chez les gastéropodes) sont plus faibles en 2009 et 2010 (état initial) qu'en 2014. Dans ce cas, les concentrations moyennes calculées et utilisées dans l'analyse du risque sanitaire seraient sous-estimées.

Conformément à l'état de l'art en termes d'évaluation des risques sanitaires (cf. guide Ineris sur l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires de 2013 et mis à jour en 2021⁴), les concentrations obtenues lors de la définition de l'état initial doivent servir de référence pour la comparaison aux résultats des autres campagnes réalisées après le démarrage effectif des rejets du complexe industriel dans l'objectif de caractériser une éventuelle dégradation des milieux générée par les rejets.

Par ailleurs, compte-tenu des observations rapportées dans l'étude qui « ...montrent clairement que l'accumulation des métaux chez les poissons est fortement régie par le régime alimentaire, d'une part et la position taxonomique, d'autre part, qui joue également un rôle important. » ainsi que les disparités des concentrations en métaux observées chez les différentes espèces d'invertébrés, il est fortement recommandé de mener l'analyse des risques sanitaires soit par espèce, soit à minima en considérant les espèces d'un même niveau trophique (présentant des capacités de bioaccumulation comparables). Cette approche permettrait de statuer sur la compatibilité ou non de la consommation d'une espèce de poissons ou d'invertébrés avec sa qualité à l'issue de l'évaluation du risque sanitaire, mais aussi par la comparaison aux teneurs maximales en vigueur pour les contaminants chimiques dans les denrées alimentaires destinées à l'homme au titre du règlement CE N°1881/2006 modifié⁵. Ces informations ne sont pas disponibles dans le rapport MM 27 et ne sont pas suffisamment détaillées dans les documents MM 9, MM 10 et MM 12 ce qui rend difficile la mise en œuvre de cette comparaison pour chaque espèce. Il est à noter néanmoins, que la concentration maximale en Cd (10,5 µg/g pf) mesurée dans les bivalves dépasse largement la teneur maximale fixée pour les mollusques bivalves (1 mg/Kg pf) dans le règlement CE N°1881/2006 modifié.

Il est également recommandé, en première approche, d'analyser les données obtenues par zone d'échantillonnage, en particulier pour les espèces sédentaires (le cas des bivalves et des gastéropodes

⁵ Règlement (CE) N°1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:32006R1881>

dans cette étude), afin que les mesures de gestion soient adaptées par zone (par exemple dans le cas d'une restriction ou une interdiction de pêche).

Les rapport MM_9, MM_10, MM_12 et MM_2, présentent la méthode suivie pour évaluer le risque sanitaire liés à la consommation des produits de la mer. Cette méthode se base sur un calcul de quantités maximales de consommation (QMC) en l'absence de données complètes sur la consommation moyenne des produits de la mer par la population locale. Ces QMC sont calculées par rapport au poids d'une personne (adulte et enfant) et indiquent la quantité de chair fraîche à ne pas dépasser pour une fréquence journalière ou hebdomadaire ou mensuelle selon les valeurs maximales préconisées par le JECFA. Ainsi, les doses DJT (Cr et Ni), DMJTP (Cu, Fe et Zn), DHTP (Hg) et DMTP (Cd) du JECFA (exprimées en µg pf/kg pc/unité de temps), sont multipliées par le poids corporel moyen du consommateur (30 et 70 kg pc, respectivement pour les enfants et les adultes) puis divisées par la concentration moyenne de l'élément mesuré dans les chairs ou les muscles des produits de la mer (µg/kg pf) pour obtenir la QMC (kg/unité du temps). Les seuils maximaux de consommation à ne pas dépasser sont calculés à la fois en prenant l'ensemble de l'échantillonnage (campagne, zone et espèce) et en ciblant uniquement l'espèce de poisson *P. leopardus*, les 2 espèces *T. crocea* et *Spondylus sp.* pour les bivalves et les espèces *L. lambis* et *S. luhuanus* pour les gastéropodes, organismes ayant montré des charges métalliques élevées.

Cette méthode ne correspond pas à l'état de l'art et à la démarche classique d'une évaluation des risques sanitaires décrite dans le guide de l'Ineris sur l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires de 2013 et mis à jour en 2021.

Le choix des valeurs toxicologiques de référence utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires ne respecte pas les modalités fixées par la note ministérielle N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014. En effet, les 8 bases de données : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA doivent être considérées pour le choix des valeurs toxicologiques de référence utilisée selon le logigramme défini dans la note ministérielle.

Même si le retour d'expérience montre que le choix des VTR a, globalement, un impact bien moindre sur les résultats de l'ERS que celui lié à la sélection des substances, il demeure important de s'assurer de l'existence de VTR pour toutes les substances sélectionnées dans les 8 bases précitées. En effet des VTR pour des effets à seuil existent pour le Co (1,5 µg/Kg/j, VTR établie par AFSSA en 2010) et pour le Mn (0,055 mg/kg/j, VTR retenu par l'ANSES en 2018). En ce qui concerne l'arsenic, compte-tenu des différences de toxicité entre l'As organique et inorganique et la variabilité observée des taux d'As inorganiques chez les espèces de poissons et de mollusques dans la littérature (ex : Leufroy, 2013⁶), il conviendrait de réaliser des analyses de la spéciation chimique de l'As dans les produits de la mer échantillonnes (poissons et invertébrés).

Il est également fortement recommandé de définir les limites de quantification pour les analyses en laboratoire en prenant en compte les valeurs toxicologiques de référence des substances sélectionnées.

Pour les paramètres d'exposition utilisés, le poids corporel moyen du consommateur pour l'enfant (30 kg) est supérieur aux valeurs usuellement considérées pour ces catégories de consommateurs sensibles, à savoir :

- 13 kg pour la période de 6 mois à 6 ans selon la base de données CIBLEX⁷ et l'US EPA⁸

Ou selon le rapport Ineris de 2017⁹ :

- 7,6 kg pour la période 0 à 1 an ;
- 12,4 kg pour la période 1 à 3 an
- 17,8 kg pour la période 3 à 6 an

⁶ Axelle LEUFROY, 2013. Spéciation de l'arsenic dans les produits de la pêche par couplage HPLC/ICP-MS. Estimation de sa bioaccessibilité en ligne et applications à d'autres éléments traces métalliques d'intérêt. Thèse de doctorat AgroParis Tech, 185p.

⁷ ADEME, IRSN, 2004. - CIBLEX : Base de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. CD-Rom coédité ADEME / IRSN, référence 4773

⁸ US EPA – 2008 Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/96F. September 2008.

⁹ INERIS, 2017. Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS. Rapport INERIS-DRC-14-141968 du 23/06/2017

Le choix d'utiliser un poids corporel de 30 kg pour les enfants n'est pas suffisamment protecteur pour cette catégorie de consommateurs sensibles.

Le recours à un calcul de quantités maximales de consommation (QMC) est justifié par l'absence de données complètes sur la consommation moyenne des produits de la mer par la population locale. L'interprétation des résultats des QMC obtenues a été réalisée sur la base des études réalisées en Province Nord (Labrosse et al., 2006) et sur l'île d'Ouvéa (Leopold et al., 2004) qui rapportent des quantités moyennes annuelles consommées par habitant qui semblent être du même ordre de grandeur que les quantités issues des recommandations de consommation de poissons du gouvernement néo-calédonien et utilisées par l'ANSES dans son avis relatif « aux risques et bénéfices associés à la consommation de poissons pélagiques contaminés par le mercure en Nouvelle-Calédonie »¹⁰.

Les conclusions du rapport MM_27 concernant le volet analyse des risques sanitaires liés à la consommation des produits de la mer, mettent en évidence des apports en métaux, Hg dans les poissons et Cd et Ni dans les coquillages, supérieurs aux valeurs maximales préconisées par le JEFCA et par l'OMS. Ces conclusions demeurent partielles en raison de l'absence de prise en compte de certaines substances dans l'évaluation des risques sanitaires (substances non recherchées dans les matrices animales et/ou substances non retenues lors du calcul de risque).

Le rapport ne comporte pas un chapitre sur l'évaluation des hypothèses et des incertitudes de l'évaluation des risques sanitaires telle qu'elle a été mise en œuvre. Dans ce chapitre, un calcul de risque dans le cas d'un scénario majorant pourrait être présenté, en particulier pour les poissons dont le risque n'a été mis en évidence que pour le Hg (par exemple en considérant l'ingestion de poisson par un enfant (< 6 ans) qui consommerait l'espèce de poisson la plus contaminée en considérant la concentration maximale).

Enfin, le rapport ne présente pas de recommandations concernant les mesures de gestion à mettre en œuvre pour les substances pour lesquelles des dépassements des valeurs maximales préconisées par le JEFCA et l'OMS ont été observés. En effet, l'évaluation des risques sanitaires doit contribuer à l'identification des mesures de gestion adaptées et proportionnées pour définir les conditions des flux n'impliquant pas de risque préoccupant. Une surveillance des émissions et une surveillance environnementale sont donc recommandées pour garantir l'absence de risques préoccupants liés à la consommation des produits de la mer contaminés.

9.4 Conclusions et recommandations

Prony Resources NC a mis en place un programme de surveillance du milieu marin dans la région sud de la Grande Terre entre 2009 et 2014 dont un de ses objectifs était d'évaluer les risques sanitaires liés à la consommation des produits de la pêche. Après consultation des documents et des différentes études fournis par Prony Resources NC, l'Ineris estime que les conclusions des différentes études demeurent partielles en raison de :

- l'absence de prise en compte de certaines substances dans l'évaluation des risques sanitaires (substances non recherchées dans les matrices animales et/ou substances non retenues lors du calcul de risque) ;
- non-respect de certaines étapes de la démarche d'évaluation des risques sanitaires telle que décrite dans les guides Ineris (2003¹¹, 2013 et 2021 Erreur ! Signet non défini.) ;
- l'absence de recommandations concernant les mesures de gestion à mettre en œuvre suite aux dépassements observés pour les valeurs maximales préconisées par le JEFCA et l'OMS ;
- l'arrêt du programme de surveillance en 2014.

Les données actuellement disponibles ne permettent pas de réaliser une étude sanitaire pertinente. La surveillance proposée a pour objectif de fournir des valeurs de teneurs afin de limiter les incertitudes en privilégiant les valeurs mesurées aux modèles théoriques de bioconcentration. Une mise en place d'un suivi biannuel sur 2 ans permettra de fournir des valeurs qui pourront être utilisées pour réaliser une analyse des risques sanitaires. Suite à celle-ci, le suivi pourra être allégé.

¹⁰ ANSES, 2019. Avis relatif « aux risques et bénéfices associés à la consommation de poissons pélagiques contaminés par le mercure en Nouvelle-Calédonie », 48p.

Pour mieux estimer les risques sanitaires potentiellement induits par les émissions industrielles dans le milieu marin, l'Ineris propose les recommandations suivantes :

- mettre en place un suivi régulier (au minimum biannuel) des polluants dans les principales espèces consommées par la population locale afin de s'assurer que leurs niveaux de concentrations ne présentent pas de risque pour l'homme. Ce suivi s'avère davantage justifié compte-tenu de l'évolution du modèle industriel depuis 2020 et ceci même si ce changement n'influence que très peu les volumes d'effluents à traiter et ne semble pas avoir d'impact sur les capacités de l'unité de traitement 285.
- il conviendrait que la surveillance des produits de la pêche comporte un suivi des substances qui sont rejetées via l'émissaire marin ainsi que celles pouvant atteindre le milieu marin à la suite du dépôt des rejets atmosphériques (par érosion ...) si ces flux s'avèrent significatifs. Le choix de substances traceurs d'émissions considérées doit également être argumenté (Ineris, 2003)¹¹ en prenant en compte les différents critères de sélection (flux émis, toxicité, incidences avérée ou prévisibles, devenir dans l'environnement, etc., ...) selon les modalités définies dans la note ministérielle¹² N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 et décrites dans le guide Ineris sur l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires de 2013 et mis à jour en 2021¹³ ;
- afin de pouvoir caractériser une éventuelle dégradation des milieux attribuée aux rejets du complexe industriel, il est préconisé de définir des zones de référence hors influence des émissions industrielles (ou d'autres sources d'émission) pour l'échantillonnage des produits de la pêche. Les données des campagnes de définition de l'état de référence ne doivent pas être considérées dans les calculs de risque sanitaire ;
- les recommandations du rapport MM_27 concernant le volet sanitaire, préconisant de « ... s'orienter uniquement vers des espèces de produits de la mer (poissons, coquillages, crustacés, etc.) comestibles et les plus couramment consommées par les populations locales et de cibler uniquement les zones dans lesquelles elles sont pêchées » sont fortement appuyées. Il est également préconisé de cibler les espèces sédentaires des zones potentiellement impactées et bioaccumulatrices des substances d'intérêt avec une représentativité des espèces benthiques et pélagiques et des différents niveaux trophiques. Le poids, la taille et l'âge des spécimens pêchés doivent être représentatifs de ceux des espèces consommées localement ;
- la réalisation d'une enquête auprès de la population locale permettrait de statuer sur les espèces et les quantités consommées afin d'ajuster les paramètres d'exposition nécessaires dans la réalisation de l'évaluation des risques sanitaires ;
- il est préconisé de mener l'analyse des risques sanitaires soit par espèce, soit a minima en considérant les espèces d'un même niveau trophique (présentant des capacités de bioaccumulation comparables). Cette approche permettrait de statuer sur la compatibilité ou non de la consommation d'une espèce de poissons ou d'invertébrés avec sa qualité à l'issue

¹¹ INERIS, 2003. Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement – Substances chimiques – (ERS – ICPE), 152 p.

¹² Note ministérielle d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. <https://aida.ineris.fr/reglementation/note-d-information-ndeg-dgsea1dgpr2014307-311014-relative-modalites-selection>

¹³ Ineris, 2021. Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarque intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, 130p. https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quattro_Web.pdf

de l'évaluation du risque sanitaire mais aussi par la comparaison aux teneurs maximales en vigueur pour les contaminants chimiques dans les denrées alimentaires destinées à l'homme au titre du règlement CE N°1881/2006 modifié¹⁴ ;

- Il est également recommandé, en première approche, d'analyser les données obtenues par zone d'échantillonnage, en particulier pour les espèces sédentaires (comme les bivalves et les gastéropodes), afin que les mesures de gestion soient adaptées par zone (par exemple dans le cas d'une restriction ou une interdiction de pêche) ;
- Il est important de s'assurer de l'existence de VTR pour toutes les substances sélectionnées dans les 8 bases : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA (note ministérielle N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014). En effet des VTR pour des effets à seuil existent pour le Co (1,5 µg/Kg/j, VTR établi par AFSSA en 2010) et pour le Mn (0,055 mg/kg/j, VTR retenu par l'ANSES en 2018). En ce qui concerne l'arsenic, compte-tenu des différences de toxicité entre l'As organique et inorganique, il conviendrait de réaliser des analyses de la spéciation chimique de l'As dans les produits de la mer échantillonés (poissons et invertébrés) ;
- Le choix d'utiliser un poids corporel de 30 kg pour les enfants n'est pas suffisamment protecteur pour cette catégorie de consommateurs sensibles. Il est préconisé d'utiliser les données proposées dans la base de données CIBLEX¹⁵ et de l'étude de l'US EPA de 2008¹⁶ ou celles du rapport Ineris de 2017¹⁷.
- Enfin, des recommandations de mesures de gestion à mettre en œuvre doivent être proposées pour réduire l'exposition de la population aux substances pour lesquelles des dépassements des valeurs maximales préconisées sont observés. Une surveillance des émissions et une surveillance environnementale sont donc recommandées pour garantir l'absence de risques préoccupants liés à la consommation des produits de la mer contaminés avec un fréquence biannuelle, compte-tenu de la variation des concentrations selon les saisons.

¹⁴ Règlement (CE) N°1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:32006R1881>

¹⁵ ADEME, IRSN, 2004. - CIBLEX : Base de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. CD-Rom coédité ADEME / IRSN, référence 4773

¹⁶ US EPA – 2008 Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/96F. September 2008.

¹⁷ INERIS, 2017. Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS. Rapport INERIS-DRC-14-141968 du 23/06/2017

10 Conclusion et recommandations générales

10.1 Conclusion

Les analyses des suivis de chaque milieu montrent que globalement des efforts importants sont réalisés pour suivre tous les milieux, avec des difficultés propres à chaque milieu pour permettre de discerner l'impact lié à l'exploitation.

Les milieux « air atmosphérique » et marin bénéficient d'une forte dispersion naturelle opérée par les vents et les courants marins du canal de la Havannah. De la même manière, des épisodes pluvieux intenses génèrent des modifications importantes de la sédimentation dans le bassin versant de la Kwé.

Du fait de ce contexte fortement dispersif, favorable à la dilution des effluents, le suivi en champ éloigné des émissions semble vouer à ne pas permettre de mesurer un signal faible provenant des installations de Prony Ressources NC du fait des variations des autres paramètres (des milieux biologiques et naturels, des éventuels apports autres et anthropiques).

Nous proposons donc des modifications et des développements méthodologiques pour renforcer la pertinence du réseau dans chaque milieu. Des renforcements sont donc proposés, en particulier pour le milieu marin, par un suivi à proximité des sources d'émissions (baies et émissaire).

Le milieu terrestre bénéficie d'une rigueur méthodologique pour ce qui concerne le suivi de la flore, qui pourrait être étendue au suivi de l'avifaune et de l'herpétofaune, en particulier si des développements méthodologiques permettraient de statuer sur la possibilité de suivre les impacts miniers à partir de ce type de suivi. Il semblerait à ce stade que le suivi de l'avifaune et de l'ichtyofaune marine soit à considérer plus sur les aspects de la biodiversité que sur les aspects de suivi des impacts des installations du fait des possibilités de déplacements rapides de ces espèces.

Il serait donc nécessaire de mieux préciser les objectifs du suivi dans chacun des milieux pour ne pas présenter des objectifs trop ambitieux.

Les recommandations font l'objet d'une synthèse par milieu (chapitre de conclusion de chaque milieu). Quelques recommandations générales à plusieurs milieux ou suivis sont reprises ci-dessous. Une synthèse des avis et recommandations suit.

10.2 Recommandations opérationnelles générales

La réalisation d'un suivi au plus proche des zones d'émissions ou de dispersion est proposée pour le milieu air et le milieu marin/littoral.

Une sélection de deux stations (base vie et station de référence) est ainsi soumise pour confirmation (validation par étude de dispersion ou autre moyen) dans le milieu air.

Concernant le suivi de la qualité des sédiments, cette recommandation générale se traduit par la concentration des moyens des suivis sur les baies et sur la station St07 et une station de référence en milieu marin.

Une meilleure répartition des efforts de suivi est également proposée pour plusieurs milieux ou compartiments biologiques. Des propositions de redistribution des stations de suivi sont présentées dans les recommandations (herpétofaune, myrmécofaune).

L'intégration des conditions mésologiques (de description du milieu, selon la faune étudiée) dans les suivis de la faune (avifaune et herpétofaune) est proposée. Cette intégration des conditions du milieu pourrait également se traduire par une meilleure prise en compte du suivi de la flore du fait de la prééminence de la qualité de l'habitat (décrise principalement par la flore) en tant que paramètre explicatif des observations et inventaires de la faune.

L'interprétation des suivis gagnerait à disposer de variables explicatives complémentaires, liées à l'activité industrielle pour mieux identifier les causes des variations observées dans les suivis telles que les variations mensuelles des surfaces ouvertes, des flux traités (UPM, usine), des flux des paramètres chimiques suivis.

Il existe également un besoin pour le suivi sanitaire de l'ensemble des installations de réaliser une enquête auprès de la population locale qui permettrait de statuer sur les espèces et les quantités consommées.

Une mise en place d'un suivi régulier (au minimum biannuel) des polluants dans les principales espèces consommées par la population locale permettra de fournir des valeurs qui pourront être utilisées pour réaliser une analyse des risques sanitaires afin de s'assurer que leurs niveaux de concentrations ne présentent pas de risque pour l'homme. Suite à cette analyse, le suivi pourra être allégé.

10.3 Recommandations de développement méthodologique

De manière générale, la définition de zones de référence hors influence des émissions industrielles (ou d'autres sources d'émission) pour l'échantillonnage des produits de la pêche, le suivi du biote marin et des eaux dulcicoles est nécessaire. Elle doit s'appuyer sur les travaux déjà réalisés (état initiaux) et les évolutions des installations industrielles et du contexte (habitat). Des questionnements sur les choix réalisés pour les stations de référence sont ainsi présentés dans plusieurs milieux (milieu marin, dulcicole, air atmosphérique, ...), sans pouvoir toujours conclure sur les choix à réaliser.

L'utilisation de méthodes d'échantillonnages passifs pour les autres métaux d'intérêt (dont le Cd) constitue également un développement à considérer.

Des travaux bibliographiques seront nécessaires pour établir une liste de valeurs de référence (environnementale et sanitaire).

La recherche d'espèces sentinelles de la qualité globale du milieu serait également une voie méthodologique à développer (avifaune, herpétofaune), le milieu dulcicole bénéficiant d'une avance méthodologique dans ce domaine.

Enfin, des protocoles d'échantillonnage ne sont pas encore définis pour l'étude de la faune aquatique des dolines, ce qui nécessite des développements avec les partenaires traitant de ces aspects.

10.4 Synthèse des avis et recommandations par thématique

Cette partie a pour vocation de rassembler une synthèse des avis et des recommandations les plus importantes. Les recommandations spécifiques à cette étude (étude 6) sont numérotées.

10.4.1 Suivi du milieu air ambiant

L'air ambiant fait l'objet d'une surveillance comprenant un suivi des gaz (SO_2 et NO_2), des particules en suspensions (PM_{10} et métaux) et des retombées de poussières par l'association Scal air sur 3 emplacements (Base vie, utilité, forêt Nord). La qualité des pluies est également suivie sur 7 emplacements par Prony Resources NC.

La méthodologie appliquée pour le suivi répond globalement aux besoins, sous réserve des améliorations proposées à apporter. Des optimisations de la stratégie de suivi pour les différents objectifs sont à considérer.

Recommandations :

- 1) mettre à jour la surveillance environnementale (choix des polluants), du fait de l'évolution des installations ;
- 2) le plan de surveillance doit comporter a minima :
 - un emplacement de typologie « exposé » au niveau de la base vie,
 - un point témoin (défini à partir d'une modélisation récente ou d'un emplacement remplissant les mêmes fonctions en le justifiant) en utilisant le même suivi (même polluant, même méthode, même période).

La localisation précise se fera en fonction des possibilités logistiques disponibles sur le terrain (sécurité du matériel, électricité...)

Une étude de dispersion plus récente permettra de statuer sur la nécessité ou non de faire un suivi complémentaire au niveau du village de Prony ;

- 3) pour compléter le suivi de l'état de santé de la flore, prévoir des mesures dans la zone de la forêt sous les vents de l'installation (optimisation de l'utilisation de la station mobile) ;
- 4) Interpréter les résultats en tenant compte des données météorologiques enregistrées au cours des campagnes

10.4.2 Suivi du milieu biologique des eaux de surface

Le réseau de suivi s'appuie sur l'étude de deux grands groupes faunistiques ; d'une part les poissons et les crustacés décapodes (ichtyofaune et carcinofaune, 23 stations) et, d'autre part, les macroinvertébrés benthiques (macrofaune benthique, 18 stations dont 2 dolines).

Les indicateurs de suivi apparaissent pertinents. Des améliorations sont à considérer pour les stations étudiées, les sites de référence et la méthodologie pour la carcinofaune et faune dulcicole des dolines (dont la périodicité pour la faune des dolines).

Recommandations :

- 5) repositionner certaines stations ;
- 6) développer le réseau de stations des dolines avec un protocole et une fréquence d'échantillonnage spécifique ;
- 7) améliorer et standardiser le protocole pour la carcinofaune ;
- 8) s'assurer de la bonne mise en œuvre des protocoles pendant la période la plus propice.

10.4.3 Suivi du milieu marin

Le suivi de la qualité du milieu marin comporte actuellement 5 volets (structure et qualité de la colonne d'eau, taux de sédimentation, qualité des sédiments, flux sédimentaires, écosystèmes marins).

La surveillance de la colonne d'eau et de la matrice sédimentaire est réalisée sur 14 stations réparties sur 4 secteurs (canal de la Havannah, Baies du canal, Baie de Prony, Ile Ouen).

Il comprend également un suivi des flux verticaux de particules sur 3 stations (Creek de la Baie Nord, chenal de la Baie de Kwé, canal de la Havannah à proximité du diffuseur) et de l'accumulation sédimentaire sur 4 stations (Ile Ouen, Port de Prony et 2 baies (Nord et Kwé)).

Le suivi du biote est réalisé sur 12 stations réparties dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin et comprend une station de référence (Merlet, réserve intégrale).

Un suivi de grande envergure, relativement complet et pertinent en termes de matrices suivies a été mis en œuvre.

L'interprétation des résultats du suivi au regard d'un impact écotoxique est difficile du fait du grand nombre de variables susceptibles d'interférer, en particulier pour le biote.

Cette difficulté est encore plus importante en champ éloigné. Des améliorations traitant de ce point sont donc proposées dans l'étude E4 et dans cette étude. Des recommandations pour réaliser un suivi des aspects sédimentaire au plus proche des baies sont proposées.

Recommandations spécifiques à E6

- 9) concentrer les moyens de suivi de la matrice sédimentaire sur les baies, en complément des deux points (St07 Récif Ioro dans le canal de la Havannah) et point de référence à conserver ;
- 10) interpréter les résultats des suivis en fonction de paramètres synthétiques de l'activité minière et de l'usine ;
- 11) ajouter une station dans la baie de Port Boisé pour l'étude des flux particulaires ;
- 12) prioriser le suivi sédimentaire des stations dans le chenal de la Kwé (St06) et à proximité de la zone de mouillage (St16, à relocaliser)) et réduire la fréquence des autres stations ;

- 13) améliorer l'échantillonnage du milieu biologique, la périodicité de suivi, et réévaluer l'intérêt du suivi du corail en comparaison du suivi des poissons, espèces mobiles.

Recommandations communes à l'étude 4 sur le milieu marin (à titre d'informations, non comptabilisées ici) :

- étudier la possibilité de pouvoir utiliser des échantilleurs passifs pour une meilleure intégration dans le temps (et éventuellement des seuils d'analyse plus faible) ;
- établir une liste des valeurs de référence (colonne d'eau et sédiment) à utiliser pour les composés présents (les seuils « d'effets » définis à partir de données d'écotoxicité) ;
- réaliser un suivi des rejets pour mieux évaluer l'impact écotoxique.

10.4.4 Suivi de la faune terrestre, dont les espèces envahissantes

L'impact de l'activité minière est suivi par des inventaires de la faune (avifaune, herpétofaune) et des espèces exogènes et envahissantes.

Le suivi des espèces de la faune apparaît conforme aux suivis attendus.

Un manque méthodologique ne permet pas de pousser l'interprétation au-delà des inventaires pour le suivi de l'avifaune, si un impact sur l'avifaune était recherché au-delà du suivi de la biodiversité. Des propositions d'intégration des divers suivis ont pour but de permettre plus facilement de faire des liaisons entre les suivis et les dégradations éventuelles de l'habitat.

Les recommandations :

- 14) mieux intégrer les conditions de description du milieu dans les suivis de l'avifaune et de l'herpétofaune pour permettre de faire des relations entre les dégradations éventuelles de l'habitat (à renseigner) et les variations observées ;
- 15) poursuivre l'effort d'intégration des suivis de la flore et de la faune, les reptiles dans les conservatoires de biodiversité et les plantations de compensation ;
- 16) mieux répartir les efforts de suivi sur la gamme d'habitat pour l'herpétofaune en intégrant le maquis forestier, les études botaniques et les pressions environnementales ;
- 17) prévoir une adaptation et articulation de l'effort de suivi des nouvelles espèces exotiques de fourmis avec la dynamique des populations, la flore envahissante et la gestion de la biomasse lors de la révision programmée du plan de gestion des espèces exogènes.

10.4.5 Suivi de la flore, de son état de santé et des espèces envahissantes

L'impact sur la flore est suivi par des inventaires des espèces remarquables (rares et menacées), de l'état de santé de la flore forestière, du suivi spécifique des lisières et de la ripisylve.

Le suivi de l'état de santé de la flore comprend un suivi à l'échelle globale de l'extrême Sud par imagerie satellite, un suivi des massifs forestiers et des mesures des impacts de l'usine sur une forêt localisée sous les vents de l'usine.

Un suivi des espèces exogènes et envahissantes complète le suivi réalisé.

Le suivi de la flore est particulièrement complet et pertinent et permet de s'assurer de la bonne santé de la flore et des espèces rares et menacées. Sa construction rigoureuse répond assez bien aux objectifs. Des améliorations ou compléments sont proposés.

Les recommandations :

- 18) envisager l'utilisation de critères complémentaires (formes de rareté, espèces anciennes endémiques) dans la priorisation des espèces rares et menacées

- 19) s'assurer de la pérennité génétique des populations sur le long terme et envisager des compléments (études plus poussées) sur les traits fonctionnels et la génétique des espèces les plus menacées;
- 20) étudier la régénération à plus grande échelle (augmentation des surfaces suivies) en s'intéressant aux jeunes individus établis (en réduisant si besoin le nombre de plantules suivies);
- 21) réaliser une relecture des parcelles ayant servi de base à la calibration et au suivi de la végétation pour le suivi de l'état de santé de la flore par télédétection;

10.4.6 Suivi des impacts sanitaires

L'analyse critique a consisté à porter un avis sur la pertinence et l'adéquation des stratégies de surveillance actuelles afin d'appréhender les impact sanitaires potentiels liés aux rejets du complexe industriel.

Prony Resources NC a mis en place un programme de surveillance du milieu marin dans la région sud de la Grande Terre entre 2009 et 2014 dont un de ses objectifs était d'évaluer les risques sanitaires liés à la consommation des produits de la pêche.

Les conclusions des différentes études demeurent partielles en raison de l'absence de prise en compte de certaines substances, du manque d'application de la démarche d'évaluation des risques sanitaires et de mesures de gestion à mettre en œuvre suite aux dépassements observés. Les données actuellement disponibles ne permettent pas de réaliser une étude sanitaire pertinente.

Il apparaît donc nécessaire de remettre à jour le suivi arrêté en 2014.

Recommandations :

- 22) établir et argumenter le choix des substances traceurs et d'intérêt et des VTR retenues ;
- 23) vérifier qu'un suivi est prévu pour la qualité des eaux captées au niveau du Trou bleu ;
- 24) mettre en place une enquête sur les produits de la mer consommés et une surveillance biannuelle des produits de la pêche en ciblant les espèces sédentaires et prédatrices potentiellement impactées et bioaccumulatrices, avec une représentativité des espèces benthiques et pélagiques et des différents niveaux trophiques ;
- 25) mettre en place des mesures correctives (mesures de gestion) pour réduire l'exposition de la population aux substances.

11 Références

Les références sont présentées en annexe au sein des différentes parties traitées.

Sites internet consultés :

<https://www.oeil.nc/>

<https://pronyresources.com/fr/>

12 Annexes

Liste des annexes :

- Annexe 1 : liste des éléments consultés pour l'aspect sanitaire et pour le milieu air
- Annexe 2 : liste des documents consultés pour la partie faune (herpétofaune, myrmécofaune et faune exotique envahissante (EEE))
- Annexe 3 : liste des documents consultés pour la partie flore
- Annexe 4 : liste des documents consultés pour la partie hydrobiologie / ichtyologie des eaux dulcicoles
- Annexe 5 : liste des documents consultés pour traiter le milieu marin et spécifiques à l'étude E6
- Annexe 6 : liste non exhaustive des arrêtés concernant la surveillance des différents milieux et milieux concernés.

Annexe 1

Liste des documents consultés pour l'aspect sanitaire et pour le milieu air

Identifiant Prony	Domaine
ENV_1	Air ambiant, Surveillance des milieux récepteurs – Qualité de l'air ambiant. Rapports annuels 2010 à 2019 – Vale NC - 310 pages
ENV_2	Eaux souterraines
ENV_3	Eaux de surface
ENV_5	DDAE vol III Usine et mine
ENV_7	DDAE exploitation minière livret C
ENV_8	Incidence activité minière 2017_2019
ENV_10	Carte du suivi volontaire
ENV_18	Plans de suivi
Bilan environnementaux annuels dossier zip	Rapports annuels concernant l'activité minière
Volet B état initial	Etude d'impact
Présentation simplification flowsheet	Procédés
Mémo arrêt raffinerie	Procédés
Populations	Document complémentaire sur la situation des tribus
ENV_18_rev	Plan de suivi révisé
Fichier Excel : PlanEch_Pr_ExpertiseEnv6	Descriptif du plan d'échantillonnage
Rejets Liquides PRNC	Bilans annuels 2015 - 2021
MM_8	Etat de référence de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : détermination de la qualité écotoxicologique initiale des produits de la mer consommés localement
MM_9	Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (poissons) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : évaluation du risque sanitaire du à la présence de métaux dans les eaux
MM_10	Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (poissons) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : évaluation du risque sanitaire du à la présence de mercure (hg) dans les eaux
MM_12	Suivi de la qualité écotoxicologique des produits de la mer (mollusques) dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie : Evaluation du risque sanitaire dû à la présence de métaux dans les eaux et sédiments
MM_27	Biosurveillance passive et analyse du risque sanitaire. Rapport de synthèse 2009-2014
MM_28	Biosurveillance active et qualité éco-toxicologique de l'eau. Rapport de synthèse 2009-2016

Annexe 2

Liste des documents consultés pour la partie faune (avifaune, herpétofaune, myrmécofaune et faune exotique envahissante (EEE))

Documents généraux

- Anonyme. Plan de suivis environnementaux, Vale NC, 54 pp.
- Anonyme 2012-2015. Demande d'autorisation d'exploitation minière 2012/revue 2015. Livret C : Etude d'impact sur l'environnement / Volet F : Méthodes utilisées pour suivre et évaluer les effets du projet. Egis & Vale NC, 70 pp.
- McCoy, S. 2020. Plan de gestion de la biodiversité 2020. Vale NC, 100 pp.

Faune

Etudes initiales faune

- Rapport sur l'avifaune « Inventaire et écologie de l'avifaune du plateau de GORO », IAC pour Goro Nickel, IAC/programme Elevage et Faune sauvage, n°9/2004, 45 pages
- Chazeau, J., Jourdan, H., Bonnet de Larbogne, L., Konghouleux, J., Potiaroa, T. 2004. Recherche des caractéristiques faunistiques des habitats se trouvant sur les sites retenus pour l'installation des infrastructures minières et industrielles du complexe de GORO NICKEL. Contrat de consultation institutionnelle. Goro Nickel/ IRD N° 5763.00 du 14/08/2003. Rapport IRD Nouméa, 79 pp.
- Sadlier, R., Shea, G. 2004. Etude faunistique spécifique herpétofaune sur le site minier Goro Nickel proposé. Rapport *Australian Museum business service*, Sydney. 22 pp.
- Sadlier, R., Shea, G. 2004. Etude de l'herpétofaune de quatre réserves spéciales du Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie et propositions d'orientations de mesures de conservation. Rapport *Australian Museum business service*, Sydney. 70 pp.
- Sadlier, R., Swan, G. 2009. Etude de la faune des lézards des habitats de maquis paraforestier sur le site minier de Vale Inco (plan de développement minier de 5 à 10 ans). Rapport Cygnet surveys & consultancy, 36 pp.
- Sadlier, R., Swan, G. 2010. A survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco mine site (10 to 20 year plan of development). Rapport Cygnet surveys & consultancy, 27 pp.
- Sadlier, R., Swan, G. 2011. Rapport “a survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco mine site (20 to 30 year plan of development)”. Cygnet surveys & consultancy, 24 pp.

Suivi faune

- Anonyme, 2018. Rapport annuel 2017 concernant l'activité minière. Volet C. Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines. Rapport Vale NC, 247 pp.
- Anonyme, 2019. Rapport annuel 2018 concernant l'activité minière. Volet C. Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines. Rapport Vale NC, 239 pp.
- Anonyme. 2019 Protocole annuel de suivi annuel de l'herpétofaune. Vale NC, 8 pp .
- Anonyme, 2020. Rapport annuel 2019 concernant l'activité minière. Volet C. Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines. Rapport Vale NC, 228 pp.
- Anonyme, 2020. Bilan faune 2020. Prony Ressources, 20 pp.

- Astrongatt S., 2013. Campagne de surveillance de *Lacertoides pardalis* sur le massif du Kwa Neie. Rapport d'expertise réalisé pour le Département Environnement et Relations Communautaires de VALE Nouvelle-Calédonie. 14 pp.
- Astrongatt S., 2016. Campagne de surveillance de la population de *Lacertoides pardalis* (Scincidae) de la mine A1. Rapport d'expertise réalisé pour le Service Préservation de l'Environnement de VALE Nouvelle-Calédonie. 18 pp.
- Astrongatt S., 2016. Campagne de surveillance n°2 de la population de *Lacertoides pardalis* (Scincidae) de la mine A1. Contrôle de réussite du transfert de spécimens sur un site récipient. Rapport d'expertise réalisé pour le Service Préservation de l'Environnement de VALE Nouvelle-Calédonie. 16 pp.
- Astrongatt S., 2018. Campagne de surveillance n°3 de la population de *Lacertoides pardalis* (Scincidae) de la mine A1. Contrôle de réussite du transfert de spécimens sur un site récipient. Rapport d'expertise réalisé pour le Service Préservation de l'Environnement de VALE Nouvelle-Calédonie. 20 pp.
- Astrongatt, S. 2019. Campagne de surveillance 2019 de l'herpétofaune de trois réserves forestières du grand sud calédonien - Aires protégées du Pic du Pin, Pic du grand Kaori et Forêt Nord pour Vale NC. 18 pp
- Astrongatt, S. 2021. Campagne de surveillance 2021 de l'herpétofaune de trois réserves forestières du grand sud calédonien - Aires protégées du Pic du Pin, Pic du grand Kaori et Forêt Nord pour Prony Ressources. 13 pp
- Bouteillier, A. 2018. Bilan faune Terrestre 2017, VALE (herpétofaune (13 p), myrmecofaune (8 pp.)), divers. Total : 31 pp.
- Bouteillier, A. 2019. Bilan faune Terrestre 2018, VALE, février 2019, (herpétofaune (14 pp.), myrmecofaune (10 pp.)), divers. Total : 33 pp.
- Bouteillier, A. Bilan faune Terrestre 2019, VALE, (herpétofaune (12 pp.), myrmecofaune (12 pp.)), divers. Total : 32 pp.
- Mihel, N. 2016. Bilan faune Terrestre 2015, VALE, (herpétofaune (43 pp.), myrmecofaune (11 pp.)), divers. Total : 57 pp.
- Ravary, F. 2014. Caractérisation de la myrmécofaune présente dans les zones d'extension du projet mine_2015. Biocidal, 13 pp
- Ravary, F 2015. Caractérisation de la myrmécofaune présente sur quatre zones du secteur zefnord_v5. Biocidal, 16 pp.
- Ravary, F. 2016. caractérisation de la myrmecofaune présente sur la zone à défricher def2017-2018, pour le compte de Vale NC. Biocidal, 15 pp
- Ravary, F. 2016. Caractérisation de la myrmécofaune présente sur la zone à défricher def2019. Biocidal, 15 pp.
- Ravary, F.2016. Caractérisation de la myrmécofaune présente sur la zone à défricher def2020. Biocidal, 18 pp
- Ravary, F 2016 . Caractérisation de la myrmécofaune présente sur une zone de stockage de topsoil du secteur SMLT. Biocidal, 6 pp.
- Ravary, F, 2018. Caractérisation de la myrmécofaune présente au sein du patch forestier jouxtant la carrière CPKE. Biocidal, 14pp
- Ravary, F. 2019. Inventaire de la myrmécofaune présente le long du tracé de la future route d'accès à la mine (Mar_lucy). Biocidal, 14 pp
- Ravary, F. 2020. Inventaire de la myrmécofaune présente le long du tracé de la future voie sécurisée (Mar_lucy) de Vale-NC. Biocidal, 14 pp.
- Tehei, M. 2010. Suivi environnemental 2008 à premier semestre 2010 – Rapport de suivi de la faune terrestre. VALE NC

Gestion et surveillance des espèces envahissantes

- Anonyme 2008. ICPE. Plan opérationnel de gestion et de surveillance des espèces exogènes envahissantes. Vale NC, 96 pp.

- Anonyme 2014, Plan opérationnel de gestion des espèces exogènes envahissantes de VALE-Nouvelle-Calédonie V01. Vale NC, 49 pp.
- Anonyme, 2015. Plan de surveillance des espèces végétales exogènes. Vale NC , 6 pp.
- Anonyme, 2019. Stratégie/plan de gestion des espèces exogènes envahissantes, période 2013-2018. V 03_02/09/2019. Vale NC, 41 pp.
- Biocidal 2009-2017. Campagne de détection (1 à 9) du Crapaud buffle (*Chaunus marinus*) sur le site industriel de VALE Nouvelle-Calédonie à Prony. 1 rapport annuel > 70 pp.
- Biocidal, 2009 à 2021. Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risque du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie, 2 rapports par an > 200 pp

Autre document

- Anonyme, 2015. Gestion de la biomasse végétale du plateau de Goro. Vale NC, 10 pp.

Annexe 3

Liste des documents consultés pour la partie flore

Etudes initiales flore & liaison faune

- Forêt nord 2007 : inventaire de la réserve de la forêt nord, rapport de l'IRD pour Goro Nickel, mars 2007, laboratoire de botanique et d'écologie végétales appliquées, 43 p
- A Survey of the Lizard Fauna of the Proposed Goro Nickel Mine Site Goro Nickel Final Report, Australian Museum Business Services, feb 2004, 23 p
- Scan Rapport N&B, Végétation et flore du site d'implantation de la future usine Inco Goro Nickel SA, laboratoire de botanique et d'écologie végétales appliquées, octobre 2001, 28 p environ

Etudes fumigation SO2

- Synthèse des études de fumigation menées entre 2013 et 2015 : Evaluation des effets du dioxyde de soufre sur des plantes endémiques communes aux alentours du complexe industriel de Vale Nouvelle Calédonie, Vale NC, 18 p
- Controlled exposures of native vegetation to sulphur dioxide at Vale New Caledonia, Exposure 4, Associate Professor Frank Murray, 23 August 2016, 67 p
- Controlled exposures of native vegetation to sulphur dioxide at Vale New Caledonia Synthesis Report Draft Only, Associate Professor Frank Murray, 17 September 2016, 23 p

Suivi de l'état de santé forêts réserves, parcelles permanentes

- 2010, Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie Bilan 2006-2009, Vale, 77 p
- 2011, Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie Bilan 2011, Vale 57 p
- Et Rapports 2012 (38 p), 2014 (42 p), bilan 2015 - 2016 (54 p), bilan 2017 (47 p), 2018 (65 p), 2019 (43 p), 2020 (55 p)

Suivi lisière forêt mine

- PROTOCOLE DE SUIVI DE LA VEGETATION D'INTERET PATRIMONIALE A PROXIMITE D'OUVRAGES MINIERS, Julie Goxe, Stephane McCoy, Warren Kotopeu, Zoe Foullonneau - Vale NC 04/11/2016, 15 p
- Suivi de la végétation d'intérêt patrimoniale à proximité d'ouvrages miniers Octobre 2015 à octobre 2020, Equipe conservation Service Préservation de l'Environnement, Vale Nouvelle-Calédonie Février 2021, 53 p

Suivi Ripsylve

- Suivi de l'état de santé de la ripsylve Octobre 2017 à novembre 2020, Equipe conservation Service Préservation de l'Environnement Prony Resources New Caledonia Juin 2021, 58 p

Usine suivi symptomatologique

- Evaluation quantitative de l'état de santé de la strate forestière dans la zone d'étude de dépérissement des chênes gomme (*Arillastrum gummiferum*) sur le creek de la Baie Nord, IAC, juillet 2015, 25 p
- Investigations sur les facteurs en cause du dépérissement de la végétation dans la zone d'emprise de l'activité industrielle de Vale Nouvelle Calédonie, Associate prof Franck Murray, Murdoch University, 36 p
- 2013, Surveillance symptomologique de la flore endémique sur 27 stations d'observation situées aux alentours de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie : Bilan de Janvier 2013 à Décembre 2013, 36 p
- Rapports de suivi symptomologique 2014, 2015,

- Rapports 2016-2017, 2016-2018, 2016 -2020 (64 p environ/ rapport) dont étude VEGUSINE (5p)

Etat de santé des massifs forestiers

Télédétection bluecham forêts usine-mine

- 2 cartes de synthèse IMPACT et ISEV datées du 17/07/2020 et 23/09/2020
- Rapport VEGUSINE, état actuel du suivi - décembre 2020 – version 1.1 du 20/01/2021, 28 p

Documents complémentaires

Plan de gestion de la biodiversité : 100 p, VALE

Et rapports de gestion et surveillance des espèces envahissantes :

- Plan opérationnel de gestion et de surveillance des espèces exogènes envahissantes – Vale NC – 96 pages :
 - STRATEGIE/PLAN DE GESTION DES ESPECES EXOGENES ENVAHISANTES DE VALE-NOUVELLE CALEDONIE - PERIODE 2013-2018 - 41 p
 - Plan de surveillance des espèces végétales exogènes 2015 – 6 p
 - PLAN OPERATIONNEL DE GESTION DES ESPECES EXOGENES ENVAHISANTES DE VALE-NOUVELLE CALEDONIE- 2014 - 49 p

Suivi incidence de la mine 2017, 2018, 2019 : 3 rapports de synthèses de 200 pages (tous les milieux, reprenant dans environ 40 pages/rapport une synthèse des aspects faune et flore des données des rapports de base)

Annexe 4

Liste des documents consultés pour la partie hydrobiologie / ichtyologie des eaux dulcicoles

- A2EP, ERBIO, SORECO-NC (2015). Étude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique - 303 pages.
- BIOEKO (2019a). Suivi de la faune aquatique dans la zone d'activité de VALE NC période 2017-2019. Campagne 3 – juin-juillet 2018.
- BIOEKO (2019b). Suivi de la faune aquatique dans la zone d'activité de VALE NC période 2017-2019. Campagne 4 – juillet-août 2019.
- BIOTOP (2014). Rapport intermédiaire. État des lieux de la flore et de la faune du creek de la Baie Nord suite à un déversement accidentel d'effluent industriel – Mai 2014.
- BIOTOP (2014b). État des lieux de la flore et de la faune du creek de la Baie Nord suite à un déversement accidentel d'effluent industriel – Mai 2014.
- BOUCHARD J., ROSET N., VIGNERON T. (2018). Standardisation du suivi par pêche électrique des peuplements de poissons et crustacés ds cours d'eau de Nouvelle-Calédonie. Guide technique et méthodologique. AFB - OEIL, 44 p + annexes.
- DIMENC (2016). Article n°2698/2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 autorisant l'exploitation du site minier de « GORO » situé sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, par la société Vale Nouvelle-Calédonie SAS. Province Sud.
- DIMENC (2019). Modification du suivi du milieu dulçaquicole du site de Goro – Service Mines et Carrières – 17 pages.
- DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT (2011). Expertise du plan de suivi des eaux superficielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie. 58p.
- DIXON I., DOUGLAS M., DOWE J., BURROWS D. (2006) Tropical Rapid Appraisal of Riparian
- Condition: Version 1 (for use in tropical savannas). River Management Technical Guideline N 7. Canberra, Land & Water Australia. ISSN 1445-3924.
- EARLE J., CALLAGHAN T. (1998). Coal mine drainage prediction and pollution prevention in Pennsylvania. Chapter 4: Impacts of mine drainage on aquatic life, water uses, and man-made structures. p 1-10.
- ECOTONE (2015). Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activités de Vale NC. Campagne de mai-juin 2015 : rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini, Truu, Wadjana et Trou Bleu.
- ECOTONE (2017). Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'influence des activités de Vale NC – Campagne de mai-juin 2016, rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini, Truu, Wadjana et Trou Bleu. V1.
- ECOTONE (2021). Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activités de Vale NC. Campagne de novembre-décembre 2020 : rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini, Truu, Wadjana et Trou Bleu.
- ERBIO (2009). Inventaire faunistique du Creek de la Baie Nord et de la rivière Kwé. Juin à juillet 2009.
- ERBIO (2015). Suivi de la faune dulcicole 2014 pour Vale Nouvelle-Calédonie.
- ERBIO (2017). Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la zone d'activités de Vale NC – rapport annuel 2016 Milieux lotiques.
- ETHYCO (2021). Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la zone des activités de Vale NC. Rapport d'étiage 2020. Version finale – Mars 2021.

- L'HUILLIER L., JAFFRÉ T., WULFF A. (2010). Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration. IAC. Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
- MARQUET G., KEITH P., VIGNEUX E. (2003). Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de Nouvelle-Calédonie. Patrimoines Naturels, 58 : 282 p.
- MARY N. (1999). Caractérisations physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques.
- Mary N. (2015). Amélioration des méthodes indicielles IBNC et IBS. Phase 3 : Validation des indices.
- OEIL Observatoire de l'Environnement, DAVAR SESER, Pôle de l'Observatoire de la Ressource en Eau, CNRT « Nickel & son Environnement ». 115 p. + annexes.
- MARY N. (2016). Indice biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC) et Indice biosédimentaire (IBS) - Guide méthodologique et technique. ETHYCO - CNRT - OEIL - DAVAR.
- MARY N. (2017). Les macro-invertébrés benthiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie. Guide d'identification. Version révisée 2017. DAVAR Nouvelle-Calédonie, OEIL, CNRT. 182 p.
- MARY N., ARCHAIMBAULT V. (2012). L'indice Biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC). L'indice Biosédimentaire (IBS). Guide méthodologique et technique. DAVAR, Service de l'Eau et des Statistiques et Études Rurales, Pôle de l'Observatoire de la Ressource en Eau.
- NF EN 14011 (2003). Qualité de l'eau – Échantillonnage des poissons à l'électricité.
- NF EN 14962 (2006). Qualité de l'eau – Guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage de poissons.
- ONEMA (2012). Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité – Dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. 31 pages.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA P. (2010). Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS éditions. 608p.
- PRONY RESOURCES NEW CALEDONIA (2021). Déclaration quinquennale, centre minier de Goro.
- Volet 2 : Bilan de la période écoulée 2016-2020. Communes de Yaté et du Mont-Dore. Nouvelle Calédonie. Directions Mine et Hygiène, Sécurité, Environnement. Mai 2021.
- PRONY RESOURCES NEW CALEDONIA (2021b). Suivi de l'état de santé de la ripisylve – Octobre 2017 à novembre 2020. Equipe conservation. Service Préservation de l'Environnement. Juin 2021.
- VALE NOUVELLE-CALEDONIE (2015). Demande d'autorisation d'exploitation minière. Livret C – Étude d'impact sur l'environnement. 720p + annexes.
- VALE NOUVELLE-CALEDONIE (2019). Rapport annuel 2020 concernant l'activité minière. Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines. Mai 2019.
- VALE NOUVELLE-CALEDONIE (2020). Surveillance des milieux récepteurs – Rapport annuel 2019. EAUX DOUCES DE SURFACE.
- VALE NOUVELLE-CALEDONIE (2021). Rapport annuel 2020 concernant l'activité minière. Incidence des activités minières sur l'occupation des sols, l'environnement et les eaux superficielles et souterraines. Mars 2021.
- XP T90-383 (2008). Qualité de l'eau – Échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau

Annexe 5

Liste des documents consultés pour le milieu marin, spécifiques à ce milieu et à l'étude E6

ENV_4 (Surveillance des milieux récepteurs - Milieu Marin – Rapports annuels 2010 à 2019 – Vale NC - 1828 pages + Annexes) Suivi milieu marin 2010 à 2019, VALE, Surveillance des milieux récepteurs, dont pour le rapport 2eme semestre 2019 :

- annexe 1 : rapport AEL, suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone Sud du lagon de Nouvelle Calédonie, 86 pages
- annexe 2 : rapport AEL, suivi station ST16 : évolution physico-chimique de la colonne d'eau et géochimie des sédiments récents, 49 pages
- annexe 3 : rapport VALE - Aqua-Terra, suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah, 326 pages
- annexe 4 : rapport AEL, suivi des densités de flux verticaux de particules dans le canal de la Havannah, la baie Kwé et la rade Nord de Prony, 60 pages
- annexe 5 : rapport AEL, suivi des concentrations en manganèse et nickel dans le champ proche du diffuseur, 26 pages

ENV_9 (Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie – B. Beliaeoff, G. Bouvet, JM Fernandez, C. David, T. Laugier (CNRT) – 2011 – 169 pages)

ENV_14 (Suivi de l'état de peuplement récifaux et des organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah – 2011 à 2020 – AquaTerra) comprenant 21 rapports de suivis semestriels des peuplements récifaux et organismes associés d'Aqua-terra de 2011 à 2019 dont reprise de ENV_4, derniers rapports :

- rapport 2020 MM_21 : mai 2020, 1er semestre 2020, suivi des 12 stations, 347 pages
- rapport 2020 MM_22 : mission octobre 2020, suivi des 12 stations, 355 pages

ENV_17 : Evolutions physico-chimique de la colonne d'eau et géochimique des sédiments récents de la station ST16 – Rapport de synthèse 2010-2020 – AEL – 35 pages

Annexe 6

Liste non exhaustive des arrêtés concernant la surveillance des différents milieux et milieux concernés.

Milieu air :

La surveillance dans l'air est spécifiée notamment dans les arrêtés ICPE n° 1467-2008 du 9 octobre 2008 et les dispositions complémentaires de l'arrêté ICPE n° 375-2019 du 8 juillet 2019.

Milieu eau :

La surveillance des eaux superficielles et des eaux souterraines est décrite, entre autres, dans les arrêtés :

- n°890-2007/PS du 12 juillet 2007 (Utilités) ;
- n° 891-2007/PS du 13 juillet 2007 (Port) ;
- n°1239-2017/ARR/DIMENC du 07 avril 2017 (carrière de périclase) ;
- 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°2698-2016/ARR/DIMENC (exploitation du site minier) ;
- n°2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 (autorisation d'exploitation minière) ;
- n°2767-2016/ARR/DIMENC du 21 novembre 2016 (traitement des effluents, suivi milieu marin) ;
- n°3690-2017-ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 (usine d'assèchement de résidus et stockage de déchets issus du procédé - LUCY).
- n° 692-2021/ARR/DIMENC du 18 mars 2021, l'inspection des installations classées de la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (DIMENC) fixe à la société VALE Nouvelle-Calédonie S.A.S. des mesures complémentaires relatives à la mesure des impacts de ses installations sises communes de Yaté et du Mont-Dore

Milieu eaux dulcicoles :

- n°575-2008/PS du 06 mai 2008 autorisant la société Goro Nickel SA à exploiter temporairement une installation de traitement et d'épuration des eaux résiduaires domestiques ou assimilées sur le site de Prony Est, sur le territoire de la commune du Mont-Dore ;
- n°1467-2008/PS du 09 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt sise « Baie Nord » - commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine sis « Kwé Nord » - commune de Yaté ;
- n°11479-2009/PS du 13 novembre 2009 autorisant la société Vale Inco Nouvelle-Calédonie SAS à exploiter deux installations de traitement et d'épuration des eaux résiduaires domestiques ou assimilées, dénommées « Step 5 » et « Step 6 », au sein du site de la base-vie et de l'usine commerciale sises Baie Nord, sur le territoire de la commune du Mont-Dore ;
- n°1172-2013/ARR/DENV du 07 mai 2013 portant dérogation relative aux espèces protégées et autorisation de défrichements par la société Vale Nouvelle-Calédonie S.A.S pour l'aménagement des phases « 1a » et « 1b » d'un stock de minerai long terme « SMLT », bassin de la Kwé, commune de Yaté ;
- n°2853-2014/ARR/DENV du 21/10/2014 portant autorisation de défrichement ainsi que dérogation à la réglementation relative aux espèces protégées pour la réalisation, par la société Vale Nouvelle-Calédonie S.A.S., d'une zone d'emprunt de fer, sur le plateau de Goro, commune de Yaté ;
- n°2698-2016/ARR/DIMENC du 30 septembre 2016 autorisant l'exploitation du site minier de « GORO » situé sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, par la société Vale Nouvelle-Calédonie SAS
- n°1239-2017/ARR/DIMENC du 07 avril 2017 autorisant la société Vale Nouvelle-Calédonie à exploiter une carrière de périclase, sur le site « A1 », sur la commune de Yaté ;
- n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 autorisant la société Vale Nouvelle-Calédonie S.A.S. à exploiter une usine d'assèchement de résidus et un stockage de déchets issus du procédé hydro-métallurgique – site de la Kwé Ouest – commune de Yaté.

