

PROTOCOLE DE SUIVI DE LA VEGETATION D'INTERET PATRIMONIALE A PROXIMITE D'OUVRAGES MINIER



Peuplement de *Callitris pancheri* (ex *Neocallitropsis pancheri*) sur le flanc de la Kue Ouest.

Julie Goxe, Stephane McCoy, Warren Kotopeu, Zoe Foullonneau - Vale NC

04/11/2016

Contenu

Avant-propos :.....	2
Objectif et présentation de la zone d'étude :	2
Fréquence et durée du suivi:.....	3
Méthode de suivi de l'état de santé de la végétation :.....	4
➤ <i>Evaluation de l'état des cours d'eau</i>	5
➤ <i>Evaluation de l'état de santé de la végétation et de son activité photosynthétique</i> :	5
➤ <i>Evaluation de l'état de la régénération</i> :.....	7
➤ <i>Evaluation des dépôts de poussières</i> :.....	8
➤ <i>Evaluation des symptômes foliaires</i> :	9
➤ <i>Evaluation du bruit</i>	10
➤ <i>Coupe de bois</i>	10
➤ <i>Les déchets</i>	11
➤ <i>Les espèces exogènes</i>	11
➤ <i>L'érosion du sol</i>	11
➤ <i>Suivi photographique des formations végétales</i>	11
Historique des modifications du protocole :	12
BIBLIOGRAPHIE.....	13
ANNEXE 1 : Fiche d'évaluation de terrain	14
ANNEXE 2 : Evaluation de l'état de santé des forêts d'intérêt prioritaire en périphérie de l'emprise minière par télédétection (BLUECHAM)	15

Avant-propos :

L'activité minière peut être source de perturbations potentielles et engendrer des impacts indirects sur la végétation alentour (poussières, espèces exogènes, modifications hydriques et perturbations des cours d'eau, coupes de bois illégales, déchets, modification de la composition spécifique et de la structure des formations végétales). Peu d'études sont actuellement disponibles. Un plan de suivi de l'état de santé de la végétation à proximité d'ouvrages miniers a ainsi été engagé en réponse à l'arrêté n°2848-2013/ARR/DENV pour l'exploitation de la mine et de la verse V5, à l'arrêté n° 977-2016/ARR/DENV autorisant le défrichement de la CPA1 et à l'arrêté n° 2698-2016/PS autorisant l'exploitation du site minier de « Goro ». Huit sites de suivi ont été sélectionnés à proximité de cinq projets envisagés dans le cadre du développement minier ainsi qu'un site témoin afin d'assurer un suivi de l'état de santé de la végétation.

Objectif et présentation de la zone d'étude :

L'objectif de ce suivi est d'évaluer l'impact potentiel des travaux miniers sur l'état de santé des formations végétales localisées à proximité. Un travail de cartographie a été mené au préalable en vue d'identifier les sites de suivi. Une reconnaissance terrain a permis de valider les sites localisés à proximité de projets miniers (SMLT, CPKE, fosse minière, piste d'accès et carrière CPA1). Les points de suivi sont localisés en lisière de forêt et de maquis paraforestier. Seul le point SM2 est localisé en maquis arbustif ouvert sur les berges de le Kwe Ouest afin d'évaluer l'impact potentiel des travaux planifiés sur KO2, KO4 et KO5 en amont du cours d'eau sur le peuplement de *Neocallitropsis pancheri* (Tableau 1). Un site témoin localisé au niveau de la réserve du Pic du Grand Kaori a été sélectionné car localisé hors zone d'influence de l'activité minière. La figure 1 présente les neuf sites de suivi. L'ensemble de ces massifs forestiers font aussi l'objet d'un suivi annuel de leur état de santé (activité photosynthétique, structure de la canopée, stress hydrique) par télédétection (Annexe 2).

Sites	Projet	Localité	Type de zone - Description	X	Y
SM1	Fosse Minière	Kwe Est - Bord de creek	Lisière de maquis para-forestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	166,98242	-22,30059
SM2	KO2, KO4, KO5	Kwe Ouest – Bord de rivière	Maquis arbustif en bord de rivière – Peuplement de <i>Neocallitropsis pancheri</i>	166,94009	-22,30482
SM3	Fosse Minière	Kwe Est- Lisière maquis paraforestier	Maquis para-forestier sur pente en lisière de forêt. Creek en contre-bas. Accès par une ligne tomographique	166,970434	-22,299117
SM4	Fosse Minière	Kwe Est - Lisière maquis paraforestier/Forêt	Maquis para-forestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i> dense sur pente légère et forêt à <i>Arillastrum gummiferum</i> . Accès par une ligne tomographique	166,977923	-22,3015
SM5	SMLT	SMLT - Forêt	Lisière de forêt humide en périphérie d'une piste = Points IAC suivi impact des poussières	166,964771	-22,301227
SM6	CPKE	CPKE - Forêt	Ancienne piste en lisière de forêt à chêne gommés	166,93326	-22,28888
SM7	CPA1	CPA1 – Lisière forêt sur crête	Ligne tomographique de CPA 1 en lisière de forêt à chêne gommés	166,933848	-22,290816
SM8	Piste	Bord de Piste - Forêt du Tuyau	Piste en lisière de la forêt du Tuyau sur KO4 en contrebas de CPA 1	166,941174	-22,279842
SM9	/	Pic du Grand Kaori	Site témoin	166,89494	-22,28448

Tableau 1 : Présentation des caractéristiques géographiques et écologiques des points de suivi et des projets miniers localisés à proximité.

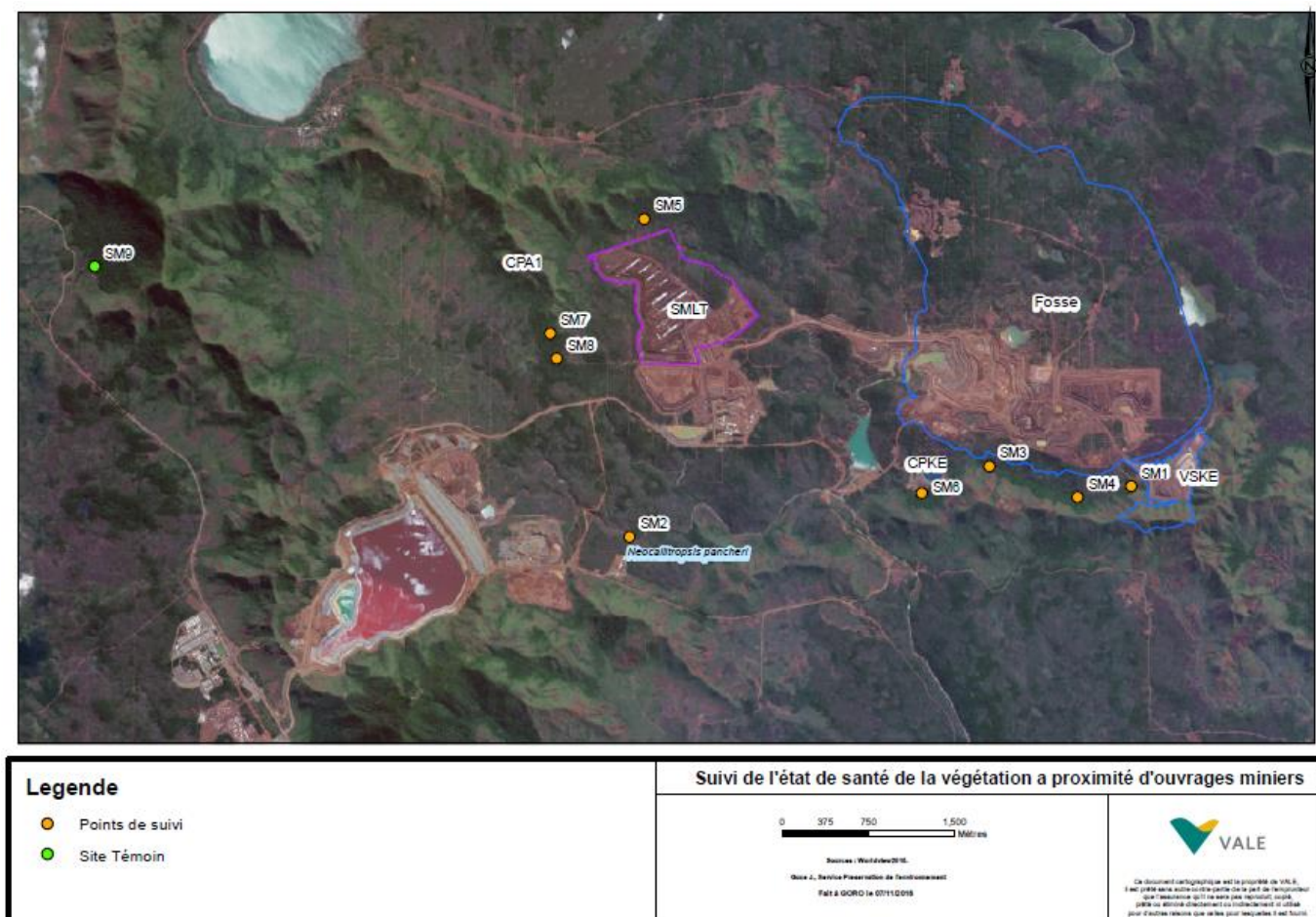


Figure 1: Localisation des stations de suivi à proximité de l'activité minière (points orange) et du site témoin (point vert).

Fréquence et durée du suivi:

Le suivi est réalisé trois fois par an avec une fréquence de suivi plus rapprochée durant la saison sèche (mai à décembre – Figure 2), période durant laquelle les émissions de poussières seront plus importantes et les précipitations moins importantes diminuant ainsi l'« effet lessivage » (Cape, 1993 ; Grantz *et al.*, 2003 ; Bordez L. *et al.*, 2016). La saison sèche peut également être associée à une baisse des nappes phréatiques. Les trois campagnes de suivi se dérouleront ainsi fin mai, début septembre et fin novembre.

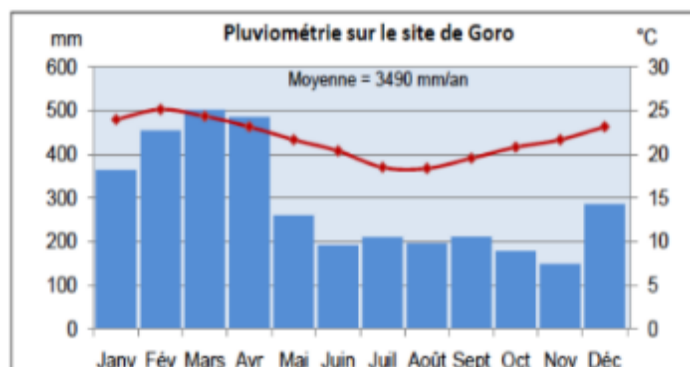


Figure 2 : Précipitation et température moyenne sur le site de Goro (2010 à 2013)

Méthode de suivi de l'état de santé de la végétation :

Ce protocole de surveillance a pour objectif de détecter précocement tout impact potentiel des travaux miniers sur la végétation. Le suivi visuel et auditif doit permettre de caractériser l'évolution de l'état de santé des écosystèmes d'intérêt prioritaire sur des points accessibles localisés à proximité d'ouvrages miniers. Pour répondre à cet objectif le protocole intègre le suivi de plusieurs paramètres (tableau 2) : Des sources de perturbation potentielles (Poussières, espèces exogènes, Coupe de bois, Déchets...) et des indicateurs de l'état de santé du milieu (Activité photosynthétique, Symptômes foliaires, Régénération naturelle, Débris ligneux...). La fiche d'évaluation de terrain est présentée en annexe 1.

Il convient de noter qu'une étude de suivi par télédétection des massifs forestiers d'intérêt prioritaire situés à proximité de l'activité minière apportera des éléments d'informations complémentaires. La méthodologie employée pour l'évaluation annuelle par télédétection de l'état de santé des massifs forestiers est présentée en annexe 2. Une vérification de terrain sera effectuée ponctuellement sur les points des 19 massifs forestiers présentant un changement négatif détecté par télédétection dans un délai 3 mois selon le protocole de suivi. La vérification des zones présentant un changement négatif par télédétection seront prioritaires au niveau des 8 massifs proches du développement minier si le point est proche de zones de travaux ou si le changement négatif devient récurrent sur une surface de plus de 120 m².

Paramètre de suivi	Indice		Description	Photographie
Etat de santé de la végétation et Activité photosynthétique	Quantitatif	Activité photosynthétique (FV/Fm)	Phénologie : Espèces en floraison et/ou fructification, phytosanitaire : Espèces et pathogènes associés	Vue d'ensemble de la végétation
	Qualitatif	Mauvais, Moyen, Bon		
Poussière	Quantitatif	Pourcentage d'individus (%)	Type de dépôts : Couche fine/diffuse, Petit amas localisé, Plaque	x
	Qualitatif	Rien, Leger, Moyen, Fort		
Symptômes foliaires	Quantitatif	Pourcentage d'individus (%)	Espèces et Type de symptômes : Chloroses, Necroses, Déformations	x
	Qualitatif	Rien, Leger, Moyen, Fort		
Etat de la régénération	Quantitatif	Activité photosynthétique (FV/Fm)	/	x
	Qualitatif	Rien, Legere, Moderee, Forte		
Bruit	Quantitatif	dB(A)	Type de bruit	/
	Qualitatif	Rien, Leger, Moyen, Fort		
Debris ligneux au sol	Quantitatif et qualitatif	Pourcentage de recouvrement (%)	Branchages au sol : recents, anciens, décomposés	x
Déchets	Quantitatif et qualitatif	Quantité	Type de déchets	x
Exogène	Quantitatif et qualitatif	Indice de braun-blancet	Espèces	x
Coupe de bois	Quantitatif et qualitatif	Quantite et Diamètre	Espèces	x
Erosion du Sol	Qualitatif	Oui/Non	Source	x
Cours d'eau	Qualitatif	Sec, Normal, Crue/debordement	Turbité	x

Tableau 2: Paramètres de suivi et indices quantitatifs et/ou qualitatifs associés

Méthodologie employée pour l'évaluation des différents paramètres suivis

➤ *Evaluation de l'état des cours d'eau*

- Indice visuel qualitatif

Il est reconnu qu'un déficit hydrique ou un drainage insuffisant puisse impacter l'état de santé de la végétation (Bordez L., 2016 ; Soreco, 2015). L'activité minière pouvant être à l'origine de modifications hydriques, un indice qualitatif est ainsi attribué à chaque station afin d'apprécier l'état général du cours d'eau lors du suivi. La turbidité de l'eau est également appréciée et la hauteur d'eau relevée pour le point SM2. Les indices visuels pour l'évaluation de l'état du cours d'eau sont présentés ci-dessous.

- Sec : Cours d'eau à sec, absence de mouvement d'eau
- Normal : Mouvement d'eau perceptible. Le fond est visible.
- En cru/débordement : Fort débit et/ou débordement sur les berges. Le fond n'est pas visible à cause des turbidités et apports de sédiments terrigènes.

➤ *Evaluation de l'état de santé de la végétation et de son activité photosynthétique :*

- Indice visuel qualitatif

Un indice qualitatif est attribué à chaque station afin d'évaluer l'état de santé global du milieu. Les indices visuels pour l'évaluation sont présentés ci-dessous :

- **Bon** : Très peu voir quasi-absence d'attaques phytosanitaires, Très peu voir absence de symptômes foliaires, observation de fruits/fleurs, présence de jeunes pousses. On note une bonne régénération au sol.
- **Moyen** : Etat de santé pouvant légèrement porter atteinte à la sensibilité d'un observateur expérimenté. Présence de symptômes foliaires de chlorose et/ou de nécrose, d'attaques phytosanitaires et/ou présence de poussière et/ou peu de jeunes pousses.
- **Mauvais** : Etat de santé de la végétation pouvant porter atteinte à la sensibilité d'un observateur inexpérimenté. Attaques phytosanitaires généralisées, absence de signes de fructification et de floraison, observation d'individus morts, présences de symptômes foliaires marqués et/ou abondance de poussière et/ou absence de jeunes pousses. Peu de régénération au sol.

- Indice quantitatif :

Des mesures de fluorescence chlorophyllienne de la végétation sont également réalisées sur chaque point de suivi grâce à un fluorimètre portable qu'on appelle "PLANT EFFICIENCY ANALYZER", ou PEA meter (Cambridge Scientifique). L'émission de fluorescence est directement liée au processus de photosynthèse et permet ainsi d'évaluer l'état de stress de la plante. La fluorescence est observée au niveau des feuilles de toutes les plantes : c'est une conséquence de la transformation par la plante de l'énergie lumineuse en matière végétale. L'émission de fluorescence varie selon l'état de stress de la plante (Krause et al., 1991).

Ces mesures quantificatives sont réalisées sur :

- Un individu d'une espèce commune de la strate arborée.
- Un individu d'une espèce commune de la strate du sous-bois.
- Un individu en lisière

Chaque individu est balisé pour ce suivi.

La mesure de fluorescence chlorophyllienne est effectuée de la manière suivante :

- **Une surface foliaire test** est placée dans l'obscurité par un « clip » durant 15 minutes. Sur le plan physiologique cette opération supprime la photosynthèse.
- **Un flash lumineux** est ensuite envoyé sur la surface test. L'énergie lumineuse excédant les possibilités de collecte des systèmes de photosynthèse est alors réémise sous forme de fluorescence, selon une cinétique particulière et numérisée par l'appareil (courbe de fluorescence).



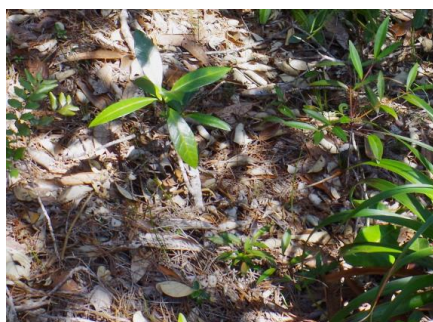
La valeur numérique d'une plante saine est d'environ 0,8 et diminue en cas de stress (Krauss & Weiss, 1991; Kupper *et al*, 1996).

➤ *Evaluation de l'état de la régénération :*

- Indice visuel qualitatif

La régénération naturelle désigne la faculté d'un écosystème à se reconstituer spontanément. Elle permet notamment de maintenir la diversité génétique, de limiter les atteintes au sol et peut servir d'indicateur traduisant la dynamique d'un milieu. Un indice qualitatif est attribué à chaque station afin d'évaluer l'état de la régénération. Les indices visuels pour l'évaluation sont présentés ci-dessous :

- **Rien** : Absence de plantules récentes et de plants juvéniles au sol.
- **Peu** : Moins de 10 % de recouvrement pour les plantules et individus juvéniles au sol. Pas de recrutement récent de nouvelles plantules ou recrutement récent négligeable (Figure 3).
- **Modérée** : Entre 10 et 20 % de recouvrement pour les plantules et individus juvéniles au sol. On note le recrutement récent de nouvelles plantules au sol (Figure 4).
- **Fort** : Plus de 20% de recouvrement pour les plantules et individus juvéniles au sol. On note le recrutement récent de nouvelles plantules au sol formant des concentrations notables (Figure 5).



Photographie de Gauche – Figure 3 : Indice « Peu », pas de recrutement récent de nouvelles plantules. Photographie du centre – Figure 4 : Indice « Modérée », on note le recrutement récent de nouvelles plantules. Photographie de droite – Figure 5 : Indice « Fort », On note un important recouvrement de plantules formant des concentrations notables.

- Indice quantitatif :

Des mesures de fluorescence chlorophyllienne des plantules sont également réalisées sur chaque point de suivi grâce à un PEA meter afin d'évaluer l'état de stress des plantules. Ces mesures quantificatives sont réalisées sur deux plantules balisée appartenant à deux espèces communes différentes.

➤ *Evaluation des dépôts de poussières :*

- Indice visuel qualitatif et quantitatif :

Plusieurs études réalisées à l'international rapportent un effet des dépôts de poussières foliaires sur l'intégrité physiologique des végétaux environnants les zones industrielles d'émissions (Ukpaka et al., 2011, Leghari, 2013 ; Pichhoda & Nikhil, 2015). Un indice qualitatif est ainsi attribué à chaque station afin d'évaluer le dépôt de poussières sur la végétation. Les indices visuels pour l'évaluation sont présentés ci-dessous :

- **Rien** : Aucune poussière visible sur l'ensemble de la végétation.
- **Léger** : Poussière légèrement visibles, sous forme de couches très fines et diffuses essentiellement sur les feuilles du bas de la végétation témoignant ainsi d'anciennes émissions ou d'un faible apport de poussières qui auraient probablement été en partie lessivées sur les feuilles du haut de la végétation, voir présence de petit amas très localisés (Figure 6) sur l'apex ou entre les nervures des feuilles sur quelques individus. On estime que 20 % des individus ou moins présentent des traces de poussière.
- **Moyen** : Poussières visibles, sous formes de couches plus épaisses voir sous forme de plaques sur le limbe des feuilles du haut et du bas de quelques individus (Figure 7). On estime entre 20 et 50 % le nombre d'individus présentant de la poussière dont une partie présente de la poussière sous forme de plaques.
- **Fort** : Poussières fortement visibles sous forme de couches épaisses et de plaques sur toutes les strates de la végétation ainsi qu'au niveau des troncs et du sol (forte émission de poussières et probablement récente). Les lichens et la litière au sol sont aussi couverts que la végétation (Figure 8). On estime que plus de 50 % des individus présentent de la poussière en couche épaisse voir de la poussière sous forme de plaque.



Figure 6: Indice « Léger », On note la présence de petits amas localisés sur les dépressions des feuilles (apex et bord du limbe). Figure 7: Indice « Moyen », On note la présence de dépôts de poussière sous forme de plaque sur quelques individus de la station. Figure 8 : Indice « Fort », On note le dépôt de poussières sous forme de couche épaisse. La litière et les troncs sont recouverts de poussière.

➤ *Evaluation des symptômes foliaires :*

- Indice visuel qualitatif et quantitatif :

Plusieurs auteurs ont en effet rapporté que des dépôts de poussières en quantités trop importantes peuvent entraîner une diminution des pigments chlorophylliens et consécutivement des phénomènes de chloroses et de nécroses (Ukpaka et al., 2011, Leghari, 2013 ; Pichhoda & Nikhil, 2015). Ces symptômes foliaires peuvent également être provoqués par des modifications hydriques (drainage insuffisant ou un déficit hydrique...). Un indice qualitatif et quantitatif correspondant à un pourcentage d'individus présentant des symptômes foliaires de chlorose, nécrose et/ou déformation est ainsi attribué à chaque station afin d'évaluer la présence de symptômes sur la végétation. Ce paramètre de suivi permet ainsi d'indiquer l'existence d'une perturbation du milieu. Les indices visuels pour l'évaluation sont présentés ci-dessous :

- **Rien** : Aucun symptôme de chloroses ou de nécroses visible sur l'ensemble des plantes de la station.
- **Léger** : 1-5 % de plantes chlorosées et/ou présentant des nécroses. Symptômes légers non détectable par un observateur inexpérimenté mais détectable par un observateur expérimenté. L'état de santé de l'individu ne semble pas impacté malgré la présence symptômes.
- **Moyen** : 5-20 % de plantes chlorosées et/ou présentant des nécroses visibles. Symptômes détectable par un observateur inexpérimenté (Figure 9). L'état de santé de l'individu ne semble pas impacté malgré la présence de symptômes.
- **Fort** : Plus de 20% de plantes chlorosées et/ou nécrosées. Les symptômes sont observables sur plusieurs strates. Symptômes évident pouvant porter atteinte à la sensibilité d'un observateur inexpérimenté (Figure 10). L'état de santé des individus est impacté.



Figure 9 : Illustration d'une chlorose marginale sur *Arillastrum gummiferum* détectable par un observateur inexpérimenté. Figure 10 : Illustration d'une chlorose marquée entre les nervures pouvant porter atteinte à la sensibilité d'un observateur inexpérimenté.

➤ *Evaluation du bruit*

- Indice qualitatif et quantitatif :

Un indice qualitatif correspondant à une gamme de niveaux sonores en décibel est attribué à chaque station afin d'évaluer le bruit au niveau de la station de suivi. Les indices sont basés sur les niveaux sonores du trafic routier défini par l'Office of Planning, Environment, & Realty (HEP) du département des transports des États-Unis¹ et sont présentés ci-dessous. Un sonomètre est utilisé dès 2017 afin de vérifier la bonne correspondance des niveaux sonores avec les indices qualitatifs :

- **Rien** : vent : 10dB
- **Léger** : Oiseaux, cours d'eau, alarme de recul des engins (à peine perceptible) : 20 – 40dB
- **Moyen** : Alarme de recul des engins bien perceptible : 40dB – 80dB
- **Fort** : Alarme de recul bien perceptible qui couvre le chant des oiseaux, roulement des engins, grincement des chenilles : > 80dB

➤ *Coupe de bois*

L'activité minière par l'intermédiaire de la création de nouvelles pistes peut dans certains cas favoriser l'accès aux forêts et engendrer des coupes de bois illégales. Toute coupe de bois illégale est ainsi relevée sur les stations de suivi. Les espèces concernées, la quantité et le diamètre des tiges sont relevés (Figure 11).



Figure 11 : Illustration de coupes de bois illégales.

¹ https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/construction_noise/handbook/handbook09.cfm

➤ *Les déchets*

Un indice qualitatif correspondant au type de déchets et un indice quantitatif correspondant à la quantité de déchets répertoriés sur la station de suivi sont relevés.

➤ *Les espèces exogènes*

Un indice quantitatif est attribué à toute espèce exogène 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 (Tableau 3).

Code	Description	Abondance/ Recouvrement
+	Individu ou peuplement isolé	<1%
1	Plusieurs petits peuplements	1-5%
2	Peuplements moyennement abondants	6-25%
3	Peuplements abondants	26-50%
4	Peuplements très abondants	51-75%
5	Quasiment mono-spécifique	76-100%

Tableau 3 : Coefficient d'abondance et correspondance (selon la table de Braun-Blanquet)

➤ *L'érosion du sol*

Une note relative à toute perturbation du sol est relevée pour chaque station.

➤ *Suivi photographique des formations végétales*

Pour chaque station de suivi, une photographie de la formation végétale dans son ensemble est prise au même emplacement à chaque suivi. L'emplacement pour la prise de photo est marqué d'un repère (piquet). Une photographie est également prise pour chaque paramètre de suivi afin d'illustrer l'indice qualitatif et/ou quantitatif associé (Figure 12).

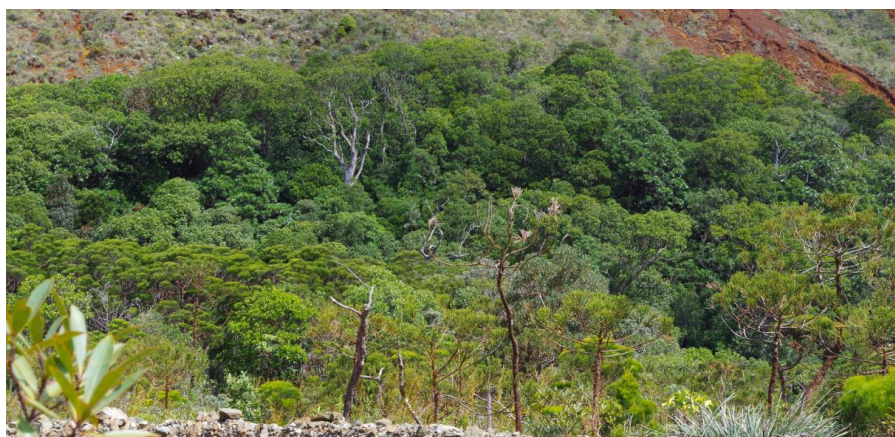


Figure 12 : Photographie de la vue d'ensemble de la formation végétale de la station de suivi SM1. Une photographie est prise au même emplacement à chaque suivi.

Analyse des données

L'ensemble des données est présenté dans un rapport annuel. Des communications peuvent être transmises dans l'année en cours à la demande des autorités compétentes. C'est l'ingénieur flore ou le technicien supérieur conservation flore qui rédige ce rapport. Les données brutes sont saisies sous la forme d'un tableur Excel. Les résultats des suivis sont comparés dans le temps afin d'évaluer d'éventuels changements des valeurs des indices qualitatifs et quantitatifs.

Si des changements négatifs et significatifs sont constatés sur un ou plusieurs paramètres de suivi, la Mine en sera informée dans les plus brefs délais et des mesures correctrices pourront être mise en œuvre (ex : plan de communication en cas de détection d'une espèce exogène envahissante et/ou programmation d'une campagne d'éradication, limitation des accès en cas de coupe de bois ou de dépôts de déchets, mise en place de mesures de gestion des poussières...).

Il convient de noter qu'une étude de suivi par télédétection des massifs forestiers situés à proximité de l'activité minière apportera des éléments d'informations complémentaires (Annexe 2).

Historique des modifications du protocole :

Version	Modification(s)	Raison(s) de modification(s)	Date prise d'effet
Draft	Version de création		23/11/2015
V 1	Version vérification terrain des stations	Validation des stations de suivi	11/01/2016
V 1.1	Version vérification paramètres	Ajustement des paramètres de suivi	04/02/2016
V 1.2	Rajout de paramètres quantificatives	Paramètres quantifiant l'activité photosynthétique de la végétation	6/10/16

BIBLIOGRAPHIE

Krause, G. H & Weis E., 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Annual review plant physiol. & mol. biol. 42: 313-349.

Jaffré T., Dagostini G., Rigault F., 2003b. Inventaire floristique des unités de végétation de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro-Nickel. Rapport de synthèse. Consultance pour Goro Nickel. 34 p. + annexe + cartes.

Grantz D.A., Garner J.H.B., Johnson D.W., 2003. Ecological effects of particulate matter. Environment International, 29, 213-219.

Ukpaka P. C., Eluozo S. N., Orji, C.U., 2011. Impact of road construction dust on plantain vegetation in port harcourt rivers state Nigeria. International journal of current research Vol. 3 (10), 092-098.

Leghari S.K., Zaid M.A., Sarangzai A.M., Faheem M., Shawani G.R., Ali W., 2013. Effect of road side dust pollution on the growth and total chlorophyll content in Vitis vinifera L. (grape). African journal of biotechnology, vol 13(11), 1237-1242.

A2EP, ERBIO, Soreco NC, 2015. Etude de l'impact du débit sur la flore et la faune aquatique. Rapport final Vale Nouvelle Calédonie, 294 pages.

Pichhode M. & Nikhil K., 2015. Effect of copper mining dust on the soil and vegetation in india: A critical review. International Journal of Modern Sciences and Engineering Technology (IJMSET) ISSN 2349-3755, Volume 2, Issue 2, pp.73-76.

Bordez L. ; Zongo C., 2016. Etude d'impact potentiel des émissions de poussières sur la végétation environnante du site minier de VALE NC, Zone SMLT.

Kuppers, M., Timm, H., Stegemann, J., Stober, R., Paliwal, K., Karunaichamy, K. S. T. K. & Ortiz, R. 1996. Effects of light environment and successional status on sunfleck use by understorey trees of temperate and tropical forests. Tree physiology 16: 69-80.

ANNEXE 1 : Fiche d'évaluation de terrain

Paramètre	Indice qualitatif	Description	Indice quantitatif
Cours eau	Sec	Turbidité, Hauteur d'eau (SM2)	
	Normal		
	Cru/débordement		
Etat de santé (Phénologie, phytosanitaire...)	Mauvais	Nom d'espèce	PEA METER : FV/FM
		Espèce arbre (strate arborée)	
	Moyen	Espèce arbustive (sous-bois)	
	Bon	Espèce "impactée"	
Poussière	Rien	Type dépôt : Couche fine, diffuse, petit amas localisés, plaques...	% individus
	Léger		
	Moyen		
	Fort		
Symptômes foliaires dans la végétation	Rien	Type de symptôme (CH, NEC, DEF...)	% individus
	Léger		
	Moyen		
	Fort		
Etat de la régénération	Rien	Nom d'espèce	PEA METER : FV/FM
	Legere	Especes 1 - Plantule	
	Moderée	Especes 2 - Plantule	
	Fort		
Bruit (zone miniere)	Rien	Type	dB(A)
	Leger		
	Modéré		
	Fort		
Debris ligneux au sol		Branchages au sol recents, anciens, décomposés	Recouvrement (%)
Déchets		Type	Quantité
Exogène		Espèce	Indice Abondance Braun-Blanquet
Coupe de bois		Espèce	Quantité et diamètre
Sol		Erosion	

ANNEXE 2 : Evaluation de l'état de santé des forêts d'intérêt prioritaire en périphérie de l'emprise minière par télédétection (BLUECHAM)

Une évaluation de l'état de santé de 19 forêts en périphérie de l'emprise minière est réalisée annuellement par Bluecham et comparé avec les données d'imagerie satellitaire de même résolution prise en 2011.

Le processus de suivi de l'évolution de l'état de la végétation est réalisé à partir d'une combinaison d'indices satellitaires permettant de :

- Suivre l'activité photosynthétique de la végétation ;
- Suivre la structure de la canopée et le couvert de feuilles ;
- Suivre le stress hydrique de la végétation (fraction de la végétation).

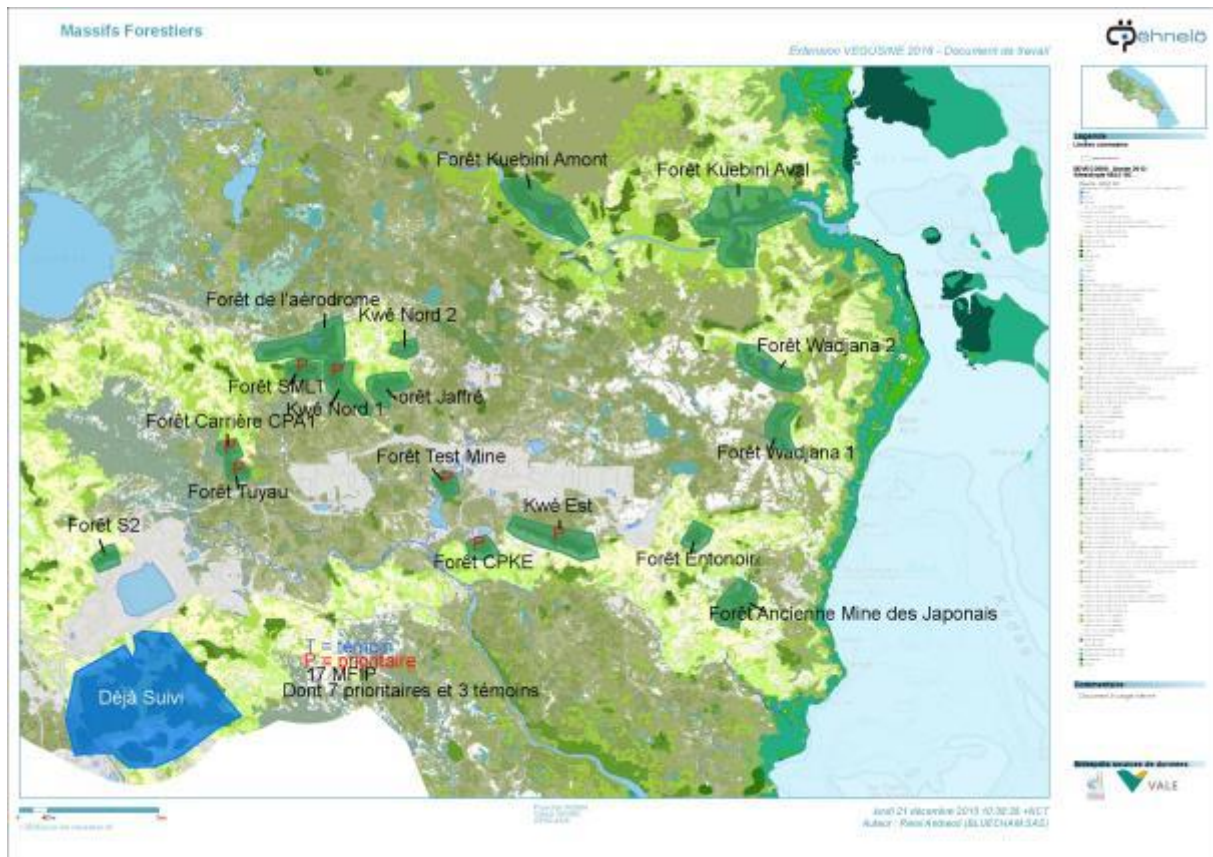


Figure : Massifs forestiers d'intérêt prioritaire autour de la mine.

Les indices requis sont des indices scientifiquement validés et approuvés depuis de nombreuses années dans le suivi de la végétation en milieu tropical (NDVI, EVI, GRVI, Fr). Chaque indice est estimé pour chaque pixel à partir de l'acquisition annuelle de données d'imagerie satellitaire par VALE NC afin de constituer une base de données spatialisées de chaque indice.

A partir des changements mesurés pour chaque paramètre caractérisant la végétation, l'indicateur synthétique de l'évolution de la végétation ISEV est calculé chaque année par la moyenne des indices de chaque paramètre. L'indicateur synthétique de l'évolution de la végétation ISEV permet de mettre en évidence 3 états de la végétation variant de -1 à +1 :

- Les valeurs centrées autour de 0 correspondent à des zones sans ou à très faible changements.
- Les valeurs tendant vers + 1 indiquent des changements positifs dans l'activité de la végétation (1= apparition de la végétation) ;
- Les valeurs tendant vers -1 indiquent des changements négatifs dans l'activité de la végétation (-1 = mort ou disparition de la végétation)