



Rapport final

Synthèse des connaissances sur les milieux terrestres dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie.

A. Wulff (SoREco-NC), S. Astrongatt, R. Barrière (Botanic), F. Desmoulins (ECCET), F. Ravary.

Avril 2016



Observatoire de l'environnement
en Nouvelle-Calédonie

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

SOMMAIRE

1. Contexte	9
2. Objectifs	9
3. Méthodologie	10
4. Présentation du site d'étude et de sa biodiversité terrestre	12
4. 1. Climat	12
4. 2. Géologie.....	12
4. 3. Végétation.....	13
4. 3. 1. Formations végétales.....	13
4. 3. 2. Espèces rares et menacées de la flore de la zone d'étude	16
4. 4. Herpétofaune.....	17
4. 5. Avifaune.....	18
4. 5. 1. Oiseaux terrestres.....	18
4. 5. 2. Oiseaux marins	18
4. 6. Mammifères	19
4. 7. Entomofaune	19
5. Synthèse des connaissances acquises sur le site d'étude par composante de la biodiversité	21
5. 1. Flore	21
5. 1. 1. Informations recueillies.....	21
5. 1. 2. Cartographie de l'information récoltée	22
5. 2. Herpétofaune	25
5. 3. Avifaune	28
5. 4. Mammifère.....	29
5. 5. Entomofaune	29
5. 6. Imagerie satellitaire et aérienne.....	30
6. Type de pression générée par Vale NC sur la faune et la flore	31
7. Présentation et analyse du réseau de suivi de la biodiversité terrestre autour de l'usine de Vale NC	33
7. 1. Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale NC.	33
7. 2. Suivi symptomologique de la flore endémique aux alentours de l'usine de VALE NC	42
7. 3. Suivi des Massifs Forestiers d'Intérêt Prioritaire (MFIP) par télédétection.	51
7. 4. Suivi de l'herpétofaune dans les réserves provinciales à proximité du projet industriel de VALE NC.....	55
7. 5. Suivi de l'espèce sensible <i>Lacertoides pardalis</i>	64
7. 6. Suivi de l'avifaune sur le plateau de Goro.....	67

7. 7. Suivi de l'impact de la pollution lumineuse du projet de VALE NC sur les oiseaux marins.....	74
7. 8. Suivi des fourmis exogènes sur les zones à risque du site de VALE NC	77
7. 9. Suivi du crapaud buffle.....	84
7. 10. Synthèse de recommandations identifiées pour chaque suivi.....	87
7. 11. Analyse transversale de l'acquisition de connaissances et des réseaux de suivi de la biodiversité terrestre	90
7.11.1. Etat des connaissances de la biodiversité terrestre	91
7.11.2. Réseau de suivi de la biodiversité terrestre dans la zone d'étude	95
8. Impacts finaux du projet de VALE NC sur la biodiversité terrestre	97
8. 1. Contexte	97
8. 2. Impact sur les formations naturelles et la flore.....	97
8. 3. Impact sur la faune	100
8. 3. 1. Les reptiles (herpétofaune).....	101
8. 3. 2. Les oiseaux (avifaune).....	101
8. 3. 3. Les mammifères	102
8. 4. Remarques sur l'étude d'impact sur la biodiversité terrestre.....	103
8. 5. Bibliographie.....	104
9. Conclusion et perspectives	104
Bibliographie.....	106
Annexe 1 : Liste des documents consultés	108
Annexe 2 : Liste des oiseaux contactés sur le plateau de Goro (Desmoulins & Barré, 2004).	121
Annexe 3 : Liste des espèces de la Myrmécofaune (selon les relevés du cabinet Biodical)	123

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Cartographie de la zone d'étude et des réserves provinciales	12
Figure 2: Cartographie des forêts denses humides et maquis paraforestiers, des zones dégradées et des étendues d'eau dans la zone d'étude (Bluecham, 2010)	14
Figure 3: Couverture de l'ensemble des études floristiques autour de la zone d'étude	22
Figure 4: Couverture des études floristiques autour du site d'étude hors études bibliographiques	23
Figure 5: Couverture des études floristiques dans le site d'étude réalisées par l'IRD	23
Figure 6: Couverture des études floristiques dans le site d'étude réalisées par Vale NC	24
Figure 7 : Répartition des forêts denses humides et maquis paraforestiers (Bluecham, 2010) et des zones concernées par les inventaires botaniques. Les ellipses rouges signalent les zones nécessitant une caractérisation botanique.	25
Figure 8: Localisation des inventaires et suivi de l'herpétofaune autour de la zone d'étude	26
Figure 9: Localisation des inventaires et suivi de l'herpétofaune autour de la zone d'étude (agrandissement sur la zone d'étude)	27
Figure 10: Localisation des inventaires et suivi de l'avifaune à proximité de la zone d'étude	28
Figure 11: Localisation des inventaires de l'entomofaune dans la zone d'étude	29
Figure 12: Localisation des stations de suivi de l'état de santé de la flore des réserves provinciales	35
Figure 13 : Disposition des parcelles de suivi des réserves forestières. En noir on retrouve les parcelles de 400 m ² , en rouge celles de 10 m ² , en rose celles de 4 m ² et en bleu celles d'1 m ² (Vale NC, 2011).	37
Figure 14: Localisation des stations de suivi symptomologique de la flore	43
Figure 15: Localisation des stations de suivi symptomologique de la flore (agrandissement autour de l'usine et de la base vie).	43
Figure 16: Localisation des stations de suivi symptomologique de la flore (agrandissement de la zone ouest de l'usine).	44
Figure 17 : Concentration moyenne en soufre foliaire par station pour toutes les espèces. Moyenne réalisée sur les 3 campagnes d'échantillonnage (mai, août et novembre 2012) (Vale NC, 2013).	46
Figure 18 : Représentation spatiale des concentrations moyennes en soufre foliaire par station. Moyenne réalisée sur les 3 campagnes d'échantillonnage : mai, août, novembre 2012 (Vale NC, 2013).	47
Figure 19 : Concentration moyenne en azote foliaire par station. Moyenne réalisée pour les 3 campagnes d'échantillonnage : mai, août, novembre 2012 (Vale NC, 2013).	47
Figure 20: Comparaison des concentrations moyennes en SO ₂ de l'air par type de station : Stations avec et sans symptômes et stations témoins (catégorie « LOIN ») pour toutes les campagnes d'observation (mai, août, novembre) (Vale NC, 2013).	48
Figure 21 : Comparaison des concentrations moyennes en NO ₂ de l'air mesurées par type de station : Stations avec symptômes, sans symptômes et stations témoins (Vale NC, 2013).	49
Figure 22 : Localisation des 27 massifs forestiers d'intérêt prioritaire (MFIP) autour de l'usine VALE NC (Bluecham SAS, 2014)	51
Figure 23 : Etat de la végétation en juin 2011 (Bluecham SAS, 2014).	52
Figure 24 : Evolution globale des impacts entre 2009 et 2013 (Bluecham SAS, 2014).	53
Figure 25 : Evolution globale de l'ISEV entre décembre 2008 et novembre 2013 (Bluecham SAS, 2014).	54
Figure 26 : Localisation des stations de suivi herpétologique (une des stations du Pic du Grand Kaori n'a pas pu être localisée par manque de coordonnées)	57
Figure 27 : Localisation des parcelles de suivis de l'avifaune sur la plateau de Goro.	68
Figure 28 : Richesse spécifique (à gauche) et abondance (à droite) moyennes de l'avifaune des stations de suivis entre 2008 et 2013 (ECCET, 2014).	71

Figure 29 : Courbe d'échouages d'oiseaux marins par lieux d'activités de VALE NC de 2008 à 2012 (Vale NC, 2012).....	76
Figure 30 : Localisation des stations de suivi des fourmis exogènes.....	78
Figure 31 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site du Magasin (Biodical, 2014).....	80
Figure 32 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site du Port (Biodical, 2014).....	80
Figure 33 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de la Step (Biodical, 2014).....	80
Figure 34 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de Vrac (Biodical, 2014).....	81
Figure 35 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de la Mine (Biodical, 2014).....	81
Figure 36 : Localisation des zones de suivi du crapaud buffle.....	85
Figure 37 : Caractérisation de la biodiversité terrestre sur l'ensemble du site d'étude.....	95
Figure 38 : Carte illustrant les zones du site industriel et minier de Vale NC dont la surface augmentera dans les années à venir. Image 2007 (source : Gouvernement NC / Géoportail OEIL).	99

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif du nombre de documents identifiés pendant l'étude et leur accessibilité.....	11
Tableau 2 : Distribution des groupements végétaux identifiés dans la région de référence du Grand Sud selon l'IRD en 2003 (Vale NC, 2015).....	16
Tableau 3: Espèces importantes (au dire d'experts) pour l'entomofaune néo-calédonienne rencontrées dans les réserves terrestres à proximité du projet de Vale NC (Museum du Queensland, 2006).	20
Tableau 4 : Caractéristiques des parcelles et paramètres mesurés (Vale NC, 2011).....	36
Tableau 5 : Résultats du suivi des symptômes foliaires. Les cases vertes correspondent aux stations où l'espèce est suivie. Les cases cochées correspondent aux stations où l'espèce a présenté des symptômes. Les cases orange correspondent aux stations impactées (Vale NC, 2013).	45
Tableau 6 : Nombre d'espèces rencontrées au cours des différentes études menées sur les lézards des 3 réserves naturelles (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori, Pic du Pin) et sur la zone SMLT (suivi débuté en 2013).....	59
Tableau 7 : Espèces observées lors du suivi des populations de lézards des forêts humides des 3 réserves naturelles terrestres (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin) et pour la zone SMTL pour les années 2008 à 2013.	60
Tableau 8 : Bilan 2008-2012 des échouages de pétrels du site VALE NC (Vale NC, 2012).....	75
Tableau 9 : Bilan des oiseaux marins sauvés et blessés ou morts de 2008 à 2012 (Vale NC, 2012).....	75
Tableau 10 : Synthèse des recommandations par programme de suivi.....	87
Tableau 11 : Existence et disponibilité des rapports sur les différentes composantes de la biodiversité terrestre.....	91
Tableau 12: Etat des connaissances de chaque composante de la biodiversité terrestre sur le site d'étude. Les couleurs correspondent au niveau de connaissance. Vert = bon ; Jaune = moyen ; Orange = insuffisant ; Rouge=aucune connaissance.	93
Tableau 13 : Etat des suivis de chaque composante de la biodiversité terrestre sur le site d'étude. Les couleurs correspondent au niveau de qualité des suivis. Vert = bon ; Jaune = moyen ; Rouge=mise en place d'un suivi requis ; Bleu : acquisition de connaissances nécessaires.....	96

Tableau 14: Surfaces impactées pour les différentes zones identifiées, en hectares	98
Tableau 15 : Formations végétales dans l’empreinte totale du projet minier (Vale NC, 2016).....	99
Tableau 16 : Surface totale de chaque type de formation par zone géographique susceptibles d’être impactés par la variation des débits.....	100

Résumé exécutif

Titre de l'étude	Synthèse des connaissances sur les milieux terrestres dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC		
Auteurs	A. Wulff (SoREco-NC), S. Astrongatt, R. Barrière (Botanic), F. Desmoulins (ECET), F. Ravary.		
Collaborateurs			
Editeurs	Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie (OEIL)		
Année d'édition du rapport	2016	Année des données	2000-2015

Objectif	Cette étude a pour objectifs de : • Référencer l'ensemble des connaissances existantes sur la biodiversité terrestre autour du site de Vale NC • Identifier d'éventuelles lacunes en matière de connaissance de la biodiversité • Présenter le réseau de suivi mis en place par l'industriel sur la faune et la flore • Analyser les tendances d'évolution des composantes de biodiversité suivies • Identifier de potentielles améliorations des réseaux de suivi
Contexte	La biodiversité terrestre à proximité du site de Vale NC est connue pour son caractère exceptionnel avec une faune et une flore particulièrement riches et de forts taux d'endémicité. Depuis l'année 2000, de nombreuses études ont été menées sur la zone et des suivis environnementaux ont été mis en place par Vale NC pour étudier les éventuels impacts liés à ses activités. Dans le cadre de sa mission de suivi environnemental et d'optimisation, l'OEIL a souhaité mener une étude permettant de faire le point sur les connaissances acquises et les suivis réalisés sur les milieux terrestres de la zone afin d'identifier de potentielles lacunes et optimisations.
Méthodologie	La zone d'étude se trouve dans l'extrême Sud de la Nouvelle-Calédonie, autour du projet industriel et minier de Vale NC couvrant une superficie de 30 600 hectares, soit 1,6 % du territoire. La présente étude a été réalisée grâce à l'exploitation de la documentation existante et disponible relative à la zone d'étude depuis les années 2000. Au total, 179 rapports (études d'impacts, rapports et données de suivis environnementaux, inventaires) en provenance de Vale NC et de ses opérateurs techniques ainsi que des instituts de recherche (IRD, IAC, Australian Museum) ont été analysés. Une approche spatiale des connaissances existantes a permis d'identifier des zones où la biodiversité terrestre reste peu connue. Une attention particulière a été portée à l'analyse des réseaux de suivi pour en dégager les principales tendances et identifier les potentielles améliorations à y porter.

Résultats et conclusions	<u>Etat des connaissances sur la biodiversité terrestre</u> Dans le cadre d'inventaires ou de suivis environnementaux régulièrement opérés sur la zone, de nombreuses informations sont disponibles sur la flore, l'herpétofaune et l'avifaune. Les informations concernent la richesse spécifique et les abondances de ces organismes entre 2000 et 2015. Ces études concernent tous les milieux naturels à proximité directe de la mine et de l'usine. Parmi les points remarquables identifiés sur sa biodiversité terrestre, notons que : • la végétation autour du projet de Vale NC fait partie de la flore ultramafique si particulière au territoire. Elle est constituée principalement de maquis minier (78%) et de forêts denses humides (9%). • 70 espèces rares et menacées végétales y ont été répertoriées dans l'étude d'impact de 2007. • les suivis herpétologiques ont répertorié 14 espèces différentes de scinques et 11 espèces différentes de geckos, dont une uniquement connue à proximité immédiate de la zone du projet de Vale NC (le gecko <i>Bavayia goroensis</i>) et un scinque ayant une distribution relativement restreinte (<i>Lacertoides pardalis</i>). • le plateau de Goro présente une richesse spécifique pour les oiseaux terrestres particulièrement élevée (32 espèces contactées, soit 15 % des espèces recensées sur le
---------------------------------	--

	Territoire) et abrite trois espèces quasi menacées (le Notou, l'Autour à ventre blanc et la Perruche à front rouge). Parmi les composantes de la biodiversité qui n'ont été que peu étudiées, les chiroptères (chauve-souris/roussettes) et les espèces envahissantes semblent constituer une priorité. D'une façon générale, des secteurs à proximité du site de Vale NC comme les forêts littorales de Port Boisé semblent ne pas avoir été étudiés et il serait intéressant d'y caractériser la biodiversité. <u>Analyse des tendances au niveau de la flore</u> Le suivi des réserves forestières ne permet pas de mettre en évidence de changements notables entre 2006 et 2013. Toutefois, le suivi symptomologique et le suivi des massifs forestiers d'intérêt prioritaire - opérés depuis 2013 suite aux observations de dépérissement d'une forêt de chênes gommés située sous le vent de l'usine en 2010 - mettent en évidence certaines dégradations de la végétation à proximité de l'usine liées à la pollution atmosphérique. En 2013, 14 des 24 stations d'observations sont considérées comme impactées par des observations visuelles. Cinq de ces stations ont des concentrations en soufre foliaire plus importantes que les sites témoins. Pour l'azote foliaire, cinq stations présentent des concentrations en azote foliaire supérieures à 1 % en azote total. La concentration moyenne en SO₂ de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparaît significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptôme. La concentration moyenne en NO₂ de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparaît significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptômes. <u>Analyse des tendances au niveau de la faune</u> Les suivis ne mettent pas en évidence de changements notables pour l'herpétofaune et l'avifaune. De même, aucune nouvelle introduction d'espèces animales invasives surveillée sur le site depuis 2008 (fourmis et crapauds) n'est à signaler. Enfin, l'expertise des réseaux de suivi a permis de formuler des recommandations pour l'amélioration des suivis sur l'ensemble des dispositifs.			
Limites de l'étude	Du fait de la difficulté d'accès aux informations disponibles, cette synthèse n'est pas exhaustive. En effet, de nombreux documents relatifs à des études ou des suivis menés n'ont pas pu être analysés (32 documents non transmis et 81 documents transmis trop tardivement). Par ailleurs, l'impossibilité, dans la majorité des cas, de consulter les données brutes des suivis a fortement limité les possibilités d'analyse et d'interprétation des résultats.			
Evolutions	Version	Finale	Date de la version	Juin 2016

1. Contexte

Dans le cadre de ses missions de surveillance, d'information et d'optimisation des suivis environnementaux dans le Grand Sud, l'Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie (OEIL) a souhaité réaliser une synthèse des connaissances disponibles sur la biodiversité terrestre (hormis les écosystèmes aquatiques terrestres) dans la zone d'emprise du projet de Vale Nouvelle-Calédonie (VNC). En effet, un grand nombre d'études a été mis en place, sur les différentes composantes de la biodiversité et, pour l'heure, aucune synthèse de l'ensemble des actions menées n'a été produite. Par ailleurs, cette étude doit présenter l'ensemble des réseaux de suivi de la biodiversité terrestre mis en place et leurs résultats tout en proposant des améliorations. Le suivi de la biodiversité terrestre peut être mis en relation avec la surveillance de la qualité de l'air et des pluies, car les polluants atmosphériques peuvent avoir un impact direct sur la qualité des habitats naturels. Une synthèse sur cette thématique a d'ores et déjà été effectuée par l'OEIL (EMR, 2013).

L'observation des différents compartiments de la biodiversité terrestre ne permet pas de quantifier de manière opérationnelle les pressions environnementales générées par VNC mais permet d'évaluer les potentiels impacts de l'industriel sur la faune et la flore terrestre. Au cours du dernier forum « Surveillance environnementale des milieux terrestres en Nouvelle-Calédonie », organisé par l'OEIL en juin 2015¹, il est ressorti qu'il n'existait pas, sur le territoire, de bio-indicateurs validés et qu'il était encore nécessaire à ce jour d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement des milieux terrestres.

2. Objectifs

Les objectifs de la présente étude sont de :

- Référencer l'ensemble des rapports et informations existantes sur la faune et la flore (comprenant aussi les images aériennes et satellites) dans le périmètre de la zone d'étude.
- Présenter l'état des connaissances de chaque composante de la biodiversité au sein de la zone d'étude.
- Présenter le réseau de surveillance effectué par VNC sur la flore et la faune terrestre.
- Dégager les principaux résultats et les tendances d'évolution sur la base des suivis environnementaux réalisés par VNC.
- Identifier les pistes d'optimisation en termes de surveillance environnementale pour chaque programme de suivi.
- Réaliser une analyse transversale des connaissances et réseaux de suivi mis en place sur

¹ Lien vers le contenu du forum, les présentations et le relevé de discussions : <http://www.oeil.nc/fr/page/forum-1>

l'ensemble de la biodiversité terrestre et identifier les potentielles lacunes existantes et les actions d'acquisition de connaissances correspondantes.

- Définir, sur l'ensemble du site d'étude, les impacts potentiels du projet industriel et minier à terme.

3. Méthodologie

La présente étude a été réalisée grâce à l'exploitation du fond documentaire de l'OEIL qui a transmis aux experts l'ensemble des documents en sa possession. L'ensemble de ces rapports se trouve sur les différents outils de diffusion mis en place par l'OEIL (CDRN², Pardalis³, CartEnvironnement⁴). Environ une centaine de documents a été préalablement identifiée par l'OEIL sur les thématiques concernées par l'étude. Par ailleurs, l'ensemble des acteurs travaillant sur ces thématiques a été rencontré afin de recueillir un maximum d'éléments sur le site d'étude et de compléter son exhaustivité. Au final 292 documents ont pu être identifiés parmi lesquels 32 n'ont pas pu être pris en compte car il n'a pas été possible d'avoir accès à ces derniers. Par ailleurs, il faut toutefois noter que cette synthèse prend en compte la dernière enquête publique (janvier 2016) notamment dans l'évaluation des impacts environnementaux qu'aura le projet à terme. Cette enquête présentait un certain nombre de documents dont certains n'ont pas pu être pris en compte précédemment (81 documents au total). Toutefois ces derniers n'ont pas pu être incorporés dans cette analyse par manque de temps.

La liste complète de la bibliographie se trouve en annexe.

Chaque thématique a été traitée par un spécialiste à savoir :

- Romain Barrière (Botanic) et Adrien Wulff (SoREco-NC) pour les parties Flore
- Stéphane Astrongatt pour les parties herpétofaune et faune
- Fabien Ravary (Biodical) pour les parties myrmécofaune et faune
- Frédéric Desmoulins (ECCET) pour les parties avifaune et faune

L'animation de l'étude et la synthèse de toutes les thématiques permettant de constituer ce rapport ont été réalisées par Adrien Wulff.

² <http://www.oeil.nc/cdrn/>

³ <http://www.oeil.nc/fr/page/pardalis>

⁴ <http://www.oeil.nc/page/CARTENVIRONNEMENT>

Chaque spécialiste a pris en charge l'analyse des différents réseaux de suivis mis en place pour suivre l'évolution des composantes biotiques au cours du temps et autour du site industriel et minier de VNC.

Tableau 1: Récapitulatif du nombre de documents identifiés pendant l'étude et leur accessibilité

	Inventaire	Suivi	Autre	Total	Indisponible	Accessible mais pas pris en compte	% pris en compte
Documents réglementaires	0	0	5	5	-	0	100
Flore	140	9	11	160	18	69	46
Avifaune	12	10	0	22	0	1	95
Herpétofaune	42	8	0	50	14	11	50
Myrmécofaune exotique	17	17	0	34	0	0	100
Entomofaune	5	0	0	5	0	0	100
Faune terrestre	1	1	1	3	0	0	100
Flore et faune	1	0	6	7	0	0	100
Espèces envahissantes	0	5	1	6	0	0	100
TOTAL	218	50	24	292	32	81	61

Une analyse critique des protocoles a été effectuée afin de caractériser leur pertinence par rapport aux caractéristiques intrinsèques des différentes composantes de la biodiversité mais surtout par rapport aux menaces pesant sur celles-ci. La rencontre avec les chercheurs locaux ainsi que les opérateurs techniques des suivis et les connaissances de chaque spécialiste a complété cette analyse afin de recueillir le maximum de données sur ces thématiques. Dans certains cas, des propositions de modification et d'amélioration des suivis ont été formulées pour en améliorer la pertinence.

Une attention particulière a été portée à l'analyse de ces réseaux de suivi afin de proposer une approche adéquate vis-à-vis du contexte du Grand Sud Calédonien. Pour cela, une approche transversale des différentes composantes de la biodiversité terrestre a été adoptée pour suivre au mieux l'évolution des écosystèmes terrestres. En effet, puisqu'ils fonctionnent ensemble, les divers compartiments indicateurs de l'état des écosystèmes doivent être analysés conjointement, afin d'identifier d'éventuelles lacunes dans le suivi de la biodiversité terrestre autour du site industriel et minier.

4. Présentation du site d'étude et de sa biodiversité terrestre

Le site d'étude se trouve dans l'extrême Sud de la Nouvelle-Calédonie, autour du projet industriel et minier de VNC. Il a été défini par l'OEIL et il correspond à la zone illustrée dans la figure suivante :

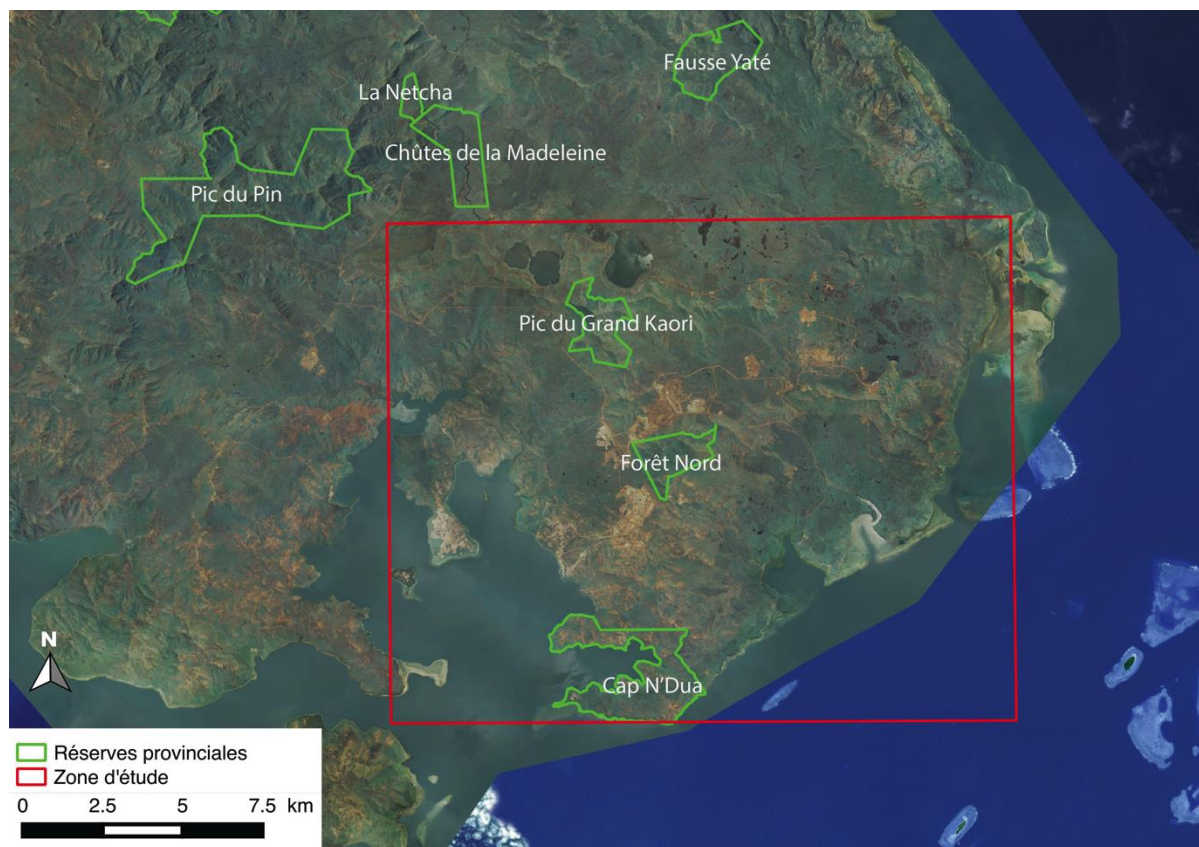


Figure 1: Cartographie de la zone d'étude et des réserves provinciales

4.1 Climat

Le site d'étude est caractérisé par un climat humide. On retrouve un cumul annuel de plus de 3000 mm de précipitations par an, avec un maximum mensuel de près de 400 mm en mars et un minimum de 150 mm en novembre. Les températures moyennes oscillent entre 25° C en mars et 18°C en août (L'Huillier et al. 2010).

4.2 Géologie

Le socle rocheux présent sous la zone du site industriel et minier est un massif ultramafique constitué de péridotite. Le socle rocheux est recouvert par des dépôts meubles formés par l'altération sur place du massif rocheux sous-jacent et par les processus physiques de surface. Le socle sous-jacent de la partie Ouest du plateau de Prony, plus élevé, sur lequel l'usine de traitement a été installée, possède une composition minéralogique qui s'apparente à la wehrilite. Plus à l'est, la lithologie tend vers

la dunite et finalement l'harzburgite, présente sous la majeure partie du bassin de la Kwé. La wehrlite, la dunite et l'harzburgite sont toutes des variantes de la péridotite (Vale NC, 2007).

La péridotite forme les crêtes où les pentes entourent les bassins versants de la Kwé. Comme indiqué ci-dessus, la péridotite forme également le socle rocheux sous les dépôts de surface, à des profondeurs allant jusqu'à 45 m.

En surface des zones du site industriel et du centre de préparation de minerai, on retrouve essentiellement des formations de type cuirasse de fer (dont l'épaisseur varie entre 1 et 5 m), des dépôts constitués de limonite avec du sable et du gravier de latérite ferrugineuse ainsi que des graviers de péridotite et plus rarement des blocs. Le substrat peut aussi être de type cuirasse démantelée et latérite sur pente.

4.3 Végétation

4.3.1 Formations végétales

La végétation autour du projet de Vale NC fait partie de la flore ultramafique si particulière au territoire. Les plantes adaptées aux terrains miniers comptent environ 2 150 espèces, avec un taux d'endémisme proche de 82 % et représentent 45,5 % de la flore endémique totale de Nouvelle-Calédonie (Jaffré et al., 2009). Cette flore particulière se retrouve en 2 formations principales, la forêt dense humide et le maquis minier. La première est arborescente tandis que l'autre regroupe l'ensemble des groupements végétaux non forestiers à strate dominante inférieure à 5-6 m.

Dans la figure suivante sont figurées au sein de la zone d'étude les forêts denses humides, les zones dénudées par les activités minières (en 2006) et les étendues d'eau. Les forêts denses humides, qui sont les formations naturelles les plus diversifiées du territoire (L'Huillier et al., 2010) couvrent une faible superficie (5,7 %) de l'ensemble de la zone d'étude. Par ailleurs, il existe de nombreuses zones dégradées par l'activité minière (plus de 700 ha dégradées entre 1998 et 2010⁵) et d'importantes étendues d'eau. Le reste de la zone est constitué par des maquis miniers, des plus dégradés appelés maquis ligno-herbacés au plus évolués, les maquis pré ou paraforestiers. En terme de micro-endémisme, cette zone semble moins riche que d'autres zones en Nouvelle-Calédonie tels que les massifs ultramafiques de la Côte Ouest (du massif de Poum jusqu'au Mé Maoya) (Wulff et al. 2013). Il existe toutefois de nombreuses espèces sensibles dans la zone nécessitant une attention particulière (chapitre 4.3.2).

⁵ Mode d'occupation du sol, www.oeil.nc

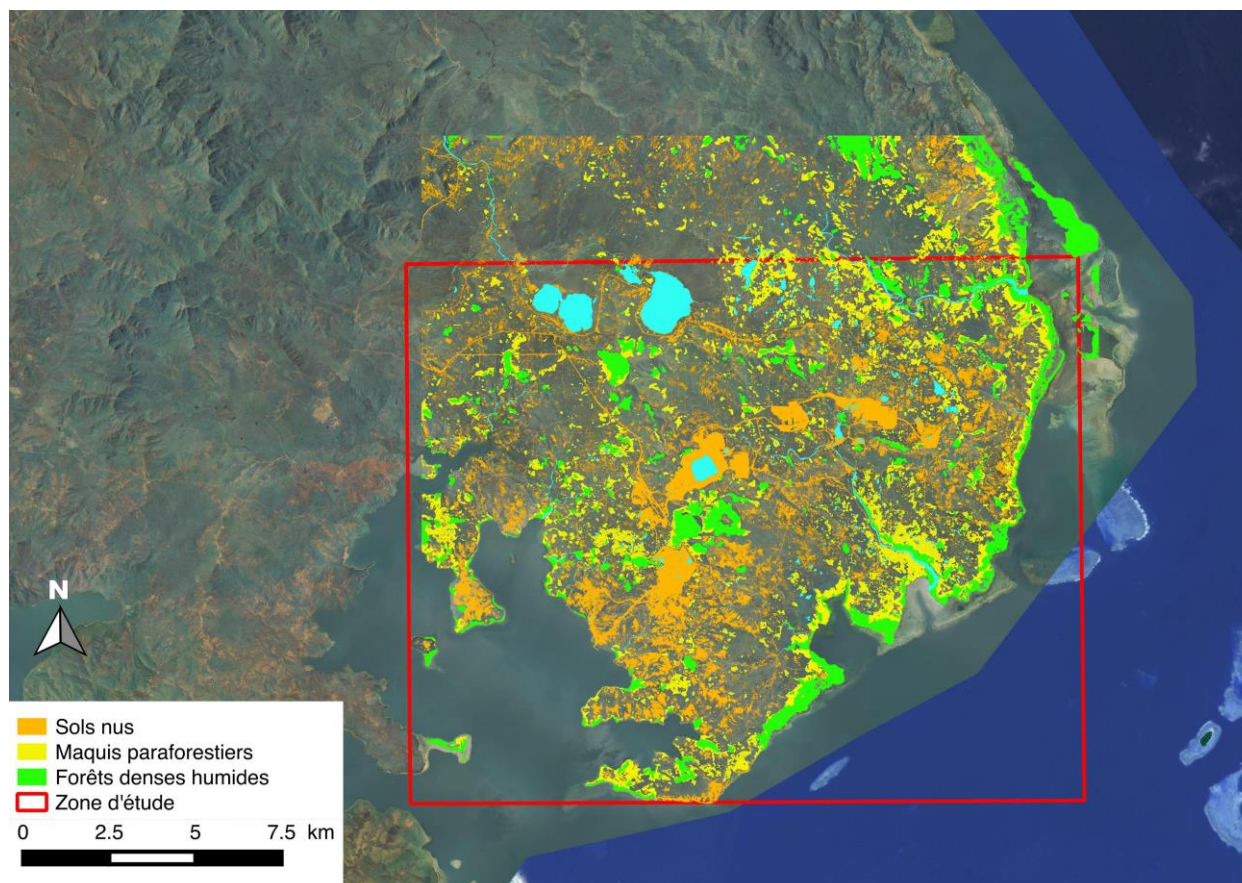


Figure 2: Cartographie des forêts denses humides et maquis paraforestiers, des zones dégradées et des étendues d'eau dans la zone d'étude (Bluecham, 2010)

Au niveau de la flore, différentes formations végétales peuvent être identifiées selon les travaux d'étude de l'IRD réalisés entre 2000 et 2004 sur le site d'étude. On y retrouve les formations suivantes :

Parmi les forêts, il est possible de distinguer les écotypes suivants :

- La forêt dominée par *Arillastrum gummiiferum* (chêne gomme) ;
- La forêt dominée par *Agathis lanceolata* (kaori) ;
- La forêt sur éboulis péridotitiques et forêt rivulaire (souvent en continuité) ;
- La forêt littorale sur éboulis ;
- La forêt de piémont (Forêt Nord).

Parmi les maquis, on distingue les ensembles et sous-ensembles suivants :

- Les maquis des zones humides comprenant les maquis ligno-herbacés des zones à hydromorphie permanente (Maquis des plaines hydromorphes, maquis rivulaire et le groupement végétal des dolines) et le maquis ligno-herbacé des zones à hydromorphie temporaire;
- Les maquis des zones drainées comprenant le maquis ouvert à dense sur gabbros, le maquis arbustif à paraforestier ou préforestier sur sols ferralitiques ferritiques gravillonnaires ou cuirassés (dont certains sont dominés par des espèces telles que *Gymnostoma deplancheanum*, *Arillastrum gummiferum*, *Codia montana* ou *Araucaria nemorosa*) et le maquis ligno-herbacé sur sols ferralitiques ferritiques fortement remaniés par érosion ou colluvionnement. Cette dernière formation occupe les pentes des chaîons rocheux et les piémonts de bas de pentes ;
- Le maquis arbustif sur serpentinite (sols bruns hypermagnésiens).

La végétation ripicole du littoral est caractérisée par :

- Les zones humides ;
- Les zones humides à niaoulis ;
- La mangrove, formant une ceinture continue sur la côte Est de la Nouvelle- Calédonie, depuis l'embouchure de la rivière Kuébini jusqu'à la baie de Goro ;
- La végétation paraforestière littorale.

Afin de d'illustrer l'importance de ces formations dans le contexte du Grand Sud Calédonien, le tableau suivant rassemble la superficie des habitats naturels et leur proportion:

Tableau 2 : Distribution des groupements végétaux identifiés dans la région de référence du Grand Sud selon l'IRD en 2003 (Vale NC, 2015)

Ecosysteme	Sous type	Surface (ha)	Surface (%)
Maquis	Relique forêt/maquis	3 966	5,92
	Maquis des zones humides	9 430	14,08
	Maquis arbustif à paraforestier	4 118	6,15
	Maquis ligno-herbacés bien drainés	21 457	32,03
	Maquis ouvert à dense dominé par <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	10 006	14,94
	Maquis sur gabbro	2 899	4,33
	Maquis sur serpentinites	161	0,24
Total Maquis		52 160	77,86
Forêt		5 929	8,85
Savane à niaouli		123	0,18
Végétation ripicole et du littoral	Végétation littorale	600	0,90
	Zones humides	1 290	1,93
Total Végétation ripicole et du littoral		1 890	2,82
Total formations végétales région Grand Sud		59 979	89,53
Milieux aquatiques et zones anthropisées		7 013	10,47
Total superficie région de référence du Grand Sud		66 992	100,00

4.3.2. Espèces rares et menacées de la flore de la zone d'étude

Dans l'étude d'impact de 2007 (Vale NC, 2007), 70 espèces rares et menacées ont été localisées dans les forêts et la végétation des maquis inventoriés du Grand Sud. C'est la liste de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) qui sert de référence pour savoir si une espèce est considérée comme présentant un statut de conservation problématique. Toutefois, il faut garder à l'esprit que la liste rouge des espèces calédoniennes utilisée à l'époque n'est plus à jour, elle date de 1994. Un groupe de travail RLA (Red List Authority) a été récemment mis en place en ayant pour objectif de revoir le statut de conservation de l'ensemble de la flore du territoire⁶. Dans l'étude d'impact de 2007, 14 espèces sont considérées comme étant dans un état critique d'extinction (CR), 10 en danger d'extinction (EN), 40 présentent un statut vulnérable (VU) et 6 un état de conservation de moindre préoccupation (LC). Comme signalé précédemment, cette zone ne présente pas de phénomène de micro-endémisme marqué (comme on pourrait le trouver sur les massifs de la Côte Ouest) par l'absence de barrière écologique, notamment au niveau du substrat (continuum important de substrat ultramafique permettant les flux de gènes).

⁶ Objectif de réviser l'ensemble des statuts UICN de la flore de Nouvelle-Calédonie sur la période 2015-2020

4.4 Herpétofaune

Sur la zone d'intérêt, une étude a été menée par le Museum Australien en 2003 afin de caractériser la diversité de l'herpétofaune à proximité du site minier et industriel. Dix espèces de scinques et 7 espèces de geckos ont été répertoriées. A l'heure actuelle, les suivis herpétologiques ont finalement répertorié 14 espèces différentes de scinques et 11 espèces différentes de geckos (Cf. Tableau 6).

Les habitats les plus riches en termes de diversité spécifique correspondent à 3 types d'habitats forestiers, dans lesquels il a été enregistré un total de 14 espèces, comprenant la forêt dense humide (13 espèces), la forêt à Chêne Gomme (8 espèces), et le maquis préforestier (8 espèces). Pratiquement toutes les espèces de scincidés et de geckos enregistrées sur les sites de forêt dense humide ont également été notées dans la Forêt Nord, et 3 espèces - les geckos *Bavayia geitana*, *Bavayia robusta* et *Rhacodactylus leachianus* - n'ont été enregistrées, à l'heure actuelle, que dans ces milieux.

Onze espèces de scinques et de geckos ont été identifiées comme « endémiques Sud » (*Lacertoides pardalis*, *Lioscincus tillieri*, *Nannoscincus mariei*, *Sigaloseps deplanchei*, *Tropidoscincus variabilis*, *Bavayia cf. cyclura*, *Bavayia geitana*, *Bavayia robusta*, *Bavayia cf. sauvageii*, *Bavayia septuiclavis*, *Rhacodactylus sarasinorum*), des espèces limitées aux habitats de forêt ou situées sur les sols ultramafiques du Sud de la Nouvelle-Calédonie.

Quatre de ces espèces (*Bavayia robusta*, *Bavayia cf. sauvageii*, *Rhacodactylus sarasinorum* et *Bavayia septuiclavis*) ont des distributions limitées à l'extrême sud de l'île, distributions limitées au nord par le Mont Ouin ou les Monts Koghis.

Deux espèces, le scincidé *Lacertoides pardalis* et le gecko *Bavayia goroensis*, sont connues uniquement à proximité de la zone du projet de Vale NC :

- Le *Lacertoides pardalis* a été enregistré, originellement et uniquement dans le maquis herbacé de la partie supérieure des crêtes de Kwa Neie (zone du col de l'antenne). Les informations sur la biologie de l'espèce sont limitées mais indiquent qu'elle dépend des roches péridotitiques d'affleurement, qui lui servent d'abri. Un habitat adapté à cette espèce a été identifié par l'AMBS (Australian Museum Business Service) près de la crête de la chaîne de montagnes qui s'étend du nord au sud (Monts Nengoné) du col de l'antenne sur les chaînes limitant la partie sud de la Plaine des Lacs, et la chaîne localisée entre la Route de Goro et la Route de la Wadjana. Á l'heure actuelle, de nouvelles populations ont été localisées sur le Mont Ka Yé Wagwé, à l'ouest de la Plaine des Lacs, à la réserve de la Montagne des Sources, la Rivière Blanche, au sein du Parc Provincial de la Rivière Bleue, ainsi qu'en lisière de la réserve du Pic du Grand Kaori (proche du projet KO4) ;

- Le *Bavayia goroensis* (anciennement *Bavayia cf. cyclura*) n'a été enregistré que sur quelques sites du Plateau de Goro, correspondant à des formations de maquis miniers, allant du maquis arbustif aux habitats de maquis para ou préforestier. Cette espèce présente une importance particulière en terme de conservation.

4.5 Avifaune

4.5.1 Oiseaux terrestres

Grâce à l'étude de l'IAC réalisé en 2004 (Desmoulins & Barré, 2004), un premier inventaire du plateau de Goro a été effectué. Trente-deux espèces différentes ont été contactées dont 12 espèces endémiques (cf. annexe), soit un taux d'endémisme de 37,5%, chiffre démontrant l'intérêt de cette zone. Trois de ces espèces présentent un intérêt de conservation, c'est le cas du Notou ou Carpophage géant (*Ducula goliath*), l'Autour à ventre blanc (*Accipiter haplochrous*) et de la Perruche à front rouge (*Cyanoramphus saisseti*).

Le grand nombre de taxons observés traduit la diversité des niches écologiques présentes sur le Plateau de Goro. En effet, comparé aux autres zones forestiers de la zone, le plateau de Goro est la deuxième zone la plus riche après le Parc Provincial de la Rivière Bleue (35 sp.), la Pourina et Yaté (25 sp. chacun) et la Rivière des Pirogues (12 sp.). La proximité de la côte et de ses formations forestières (Port Boisé, Cap N'Dua) ainsi que la présence de la zone humide de la Plaine des Lacs permet sans doute l'arrivée d'oiseaux de ces milieux (Polochion moine, Loriquet à tête bleue) au moins pendant une période de l'année. Le Plateau occuperait donc une position centrale, un lieu de passage par rapport aux quelques sites avoisinants étudiés. Il constitue donc un réseau de corridors écologiques entre les forêts du littoral et les forêts de l'intérieur de la Grande Terre.

4.5.2 Oiseaux marins

Chez ces organismes, on distingue :

- les oiseaux marins nicheurs, dont des espèces menacées telles que le Pétrel de Tahiti (*Pseudobulweria rostrata*) ou celui de Gould (*Pterodroma leucoptera*), se reproduisent en colonies sur les îlots du lagon, sur la côte ou en montagne ou sur les îles éloignées. La société calédonienne d'ornithologie a recensé 25 espèces (Vale NC, 2007).
- les oiseaux marins migrateurs qui se reproduisent en Australie, en Nouvelle - Zélande, en Antarctique ou ailleurs et qui sont de passage - plus ou moins régulièrement - dans les eaux de Nouvelle-Calédonie. La société calédonienne d'ornithologie a recensé 26 espèces (Vale NC, 2007).

4.6 Mammifères

Les chauves-souris (chiroptères) sont les seuls mammifères indigènes que l'on trouve en Nouvelle-Calédonie. Il existe 3 genres endémiques de Mégachiroptères frugivores sur le territoire : *Pteropus*, *Miniopterus* et *Notopteris*. Les Mégachiroptères vivent généralement en colonies au fond des vallées, dans les grottes ou les cavités rocheuses, de préférence sous le couvert forestier. Deux espèces ont été décrites dans la partie Sud de l'île (Mont-Dore) et sont sans doute présentes dans la zone du complexe industriel et minier de Vale NC : *Miniopterus australis australis* et *Miniopterus macrocneme*. Parmi les Microchiroptères insectivores en Nouvelle-Calédonie, il en existe 3 genres et 5 espèces, dont 3 sont endémiques (*Chalinolobus neocaledonicus*, en danger (EN) sur la liste rouge de l'UICN, *Miniopterus robustior* (EN), *Nyctophilus nebulosus*, ayant un statut de conservation critique(CR)). Sur ce dernier groupe, il n'a pas été possible d'identifier d'études spécifiques dans la zone d'étude.

4.7 Entomofaune

Un inventaire de l'entomofaune des 4 réserves du Sud de la Calédonie (Pic du Pin, Pic du Grand Kaori, Forêt Nord et Cap N'Dua) a été réalisé par le Museum du Queensland en décembre 2004 et janvier 2005. 1456 espèces d'insectes ont été triés lors de cette étude représentant 10 Ordres et 166 Familles. La Forêt Nord se révèle être la réserve abritant une richesse spécifique sensiblement plus importante (836 espèces) que le Pic du Grand Kaori (749 espèces) ou que le Pic du Pin (757 espèces). Cela s'explique par l'entomofaune très différente trouvée dans la zone sommitale comparée à celle observée au piémont de la montagne. Ce constat peut aider à identifier des zones potentiellement intéressantes. La réserve du Cap N'Dua présente la richesse spécifique la plus faible (449 espèces). Un total de 72 espèces ayant une importance taxonomique et biogéographique (selon les experts) dans le contexte de l'entomofaune néo-calédonienne a été recensé dans les aires terrestres protégées à proximité de Vale NC. Leur répartition est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3: Espèces importantes (à dire d'experts) pour l'entomofaune néo-calédonienne rencontrées dans les réserves terrestres à proximité du projet de Vale NC (Museum du Queensland, 2006).

Ordre	Forêt Nord		Pic du Grand Kaori		Pic du Pin		Cap N'Dua	
	FN1	FN2	GK1	GK2	PP1	PP2	CN1	CN2
BLATTODEA (blattes)	1	3	2	2	2	1		
PHASMIDA (phasmes)			1		2			
HEMIPTERA (punaises, cigales)	5	3	7	8	5	7	2	3
COLEOPTERA (scarabées)	9	7	12	8	4	9	1	2
DIPTERA (mouches)	1	2	3	1	2	1	3	
HYMENOPTERA (guêpes, fourmis)	7	4	9	8	3	5	4	2
Station total	23	19	34	27	18	23	10	7
Réserve total	37		45		35		15	

Le Pic du Grand Kaori abrite le plus d'espèces intéressantes (à dire d'experts) (45), suivi par la Forêt Nord (37) et le Pic du Pin (35). Le Cap N'Dua présente le plus faible nombre d'espèces intéressantes, en raison peut-être, d'après le Queensland Museum, de la présence forte de la fourmi électrique *Wasmannia auropunctata*.

Au niveau de la myrmécofaune, les suivis mis en place sur différentes zones du projet industriel et minier ont permis de mettre en évidence 46 espèces différentes dont 28 sont locales (natives ou endémiques) et 18 sont des espèces exogènes (annexe 3). Ces chiffres sont susceptibles de varier dans le futur étant donné que certains genres contiennent des espèces qui ne sont pas décrites.

5. Synthèse des connaissances acquises sur le site d'étude par composante de la biodiversité

5. 1 Flore

5. 1. 1 Informations recueillies

Afin de bien caractériser une végétation de manière générale, il est nécessaire d'avoir à l'heure actuelle une connaissance de la distribution des différents types de végétation dans l'espace que l'on étudie mais aussi une connaissance des espèces constituant ces formations naturelles et des espèces rares pouvant s'y abriter. L'acquisition de nouveaux outils tels que les images satellites permettent de mettre en place de la télédétection. Ce travail permet notamment de caractériser assez finement la distribution des formations végétales dans l'espace

Bluecham a réalisé pour le compte de Vale NC la cartographie des formations végétales grâce à cette technologie en 2010. Ce travail comprend une vérification terrain pour corroborer les résultats obtenus par modélisation. Une cartographie précise permet notamment d'estimer les zones qui seront impactées par le projet minier et industriel. Il faut toutefois garder à l'esprit que la cartographie par télédétection a ses limites (problème de reproductibilité, fiabilité du typage, etc...). Au niveau de la connaissance des espèces à l'intérieur des formations naturelles autour du site de Vale NC, de nombreuses études ont été réalisées.

Il a été possible d'identifier 140 documents concernant des inventaires de la flore. Parmi ceux-ci, 55 ont permis de caractériser les zones géographiques où les inventaires ont eu lieu. Ces documents concernent des inventaires botaniques avant la mise en place de l'usine hydro-métallurgique, qui ont été uniquement réalisés par l'IRD ainsi que des inventaires dans le cadre des autorisations de défrichements et d'exploitation demandées par la collectivité. De plus, il a été possible de recenser des documents concernant des campagnes d'étude et de sauvegarde des espèces rares et menacées (ces derniers n'ont pas été illustrés géographiquement car elles s'étendent sur une vaste zone non définie autour du site). Une étude sur la caractérisation des champignons ectomycorhiziens des forêts à *Nothofagus* sur substrats ultramafiques de la zone a aussi été initiée par l'IAC en 2012, notamment au Pic du Grand Kaori, au Col de Yaté et au Col de Mourange. Toutefois cette dernière n'a pas été prise en compte dans l'analyse des connaissances botaniques de la zone.

5. 1. 2 Cartographie de l'information récoltée

Au niveau de la flore, on peut distinguer différents niveaux de connaissances. Dans la figure 3, il est possible de noter qu'une grande partie de la zone d'étude a été couverte. Toutefois, les 2 plus grands polygones concernent des études bibliographiques sur la végétation du Grand Sud qui ont été réalisées par l'IRD grâce aux échantillons d'herbiers de Nouméa (NOU) et de Paris (P). Par ailleurs une cartographie par télédétection des formations végétales a été effectuée par Bluecham en 2010 et couvre l'ensemble de la surface de l'étude.

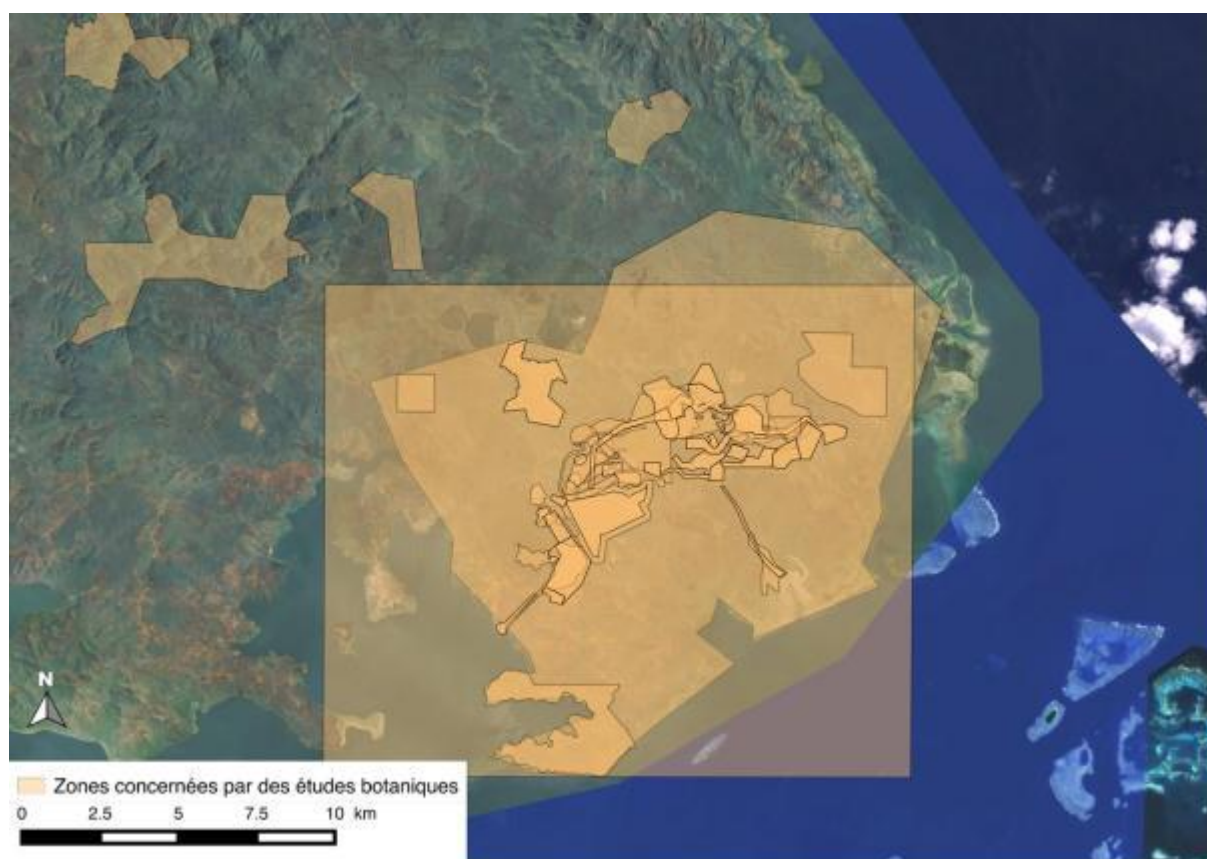


Figure 3: Couverture de l'ensemble des études floristiques autour de la zone d'étude

En retirant ces études bibliographiques et la cartographie de Bluecham, il est possible d'avoir une meilleure idée des zones réellement prospectées. La figure suivante illustre les zones couvertes par des inventaires botaniques.



Figure 4: Couverture des études floristiques autour du site d'étude hors études bibliographiques

Il semblait pertinent de séparer les connaissances acquises par l'IRD de celles acquises par la société minière elle-même (services botaniques de Vale Nouvelle-Calédonie).



Figure 5: Couverture des études floristiques dans le site d'étude réalisée par l'IRD

Un important travail réalisé par l'IRD en 2007 et 2008 a été de caractériser la végétation des réserves provinciales à proximité du projet (Forêt Nord, Cap N'Dua, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin). Par ailleurs, cet institut a caractérisé les zones qui ont été impactées par la réalisation de l'usine et du site minier dans ses premières phases de mise en place. Un travail plus récent a été réalisé sur la Wadjana afin de déterminer si cette zone pouvait constituer une réserve. Par ailleurs, le premier tracé que devait emprunter l'émissaire a aussi été caractérisé au niveau floristique (cf. fig 5, le long de l'embouchure de la Kwé).

Les inventaires réalisés par Vale NC concernent majoritairement des demandes d'autorisation de défrichage (pour la création d'infrastructures propres à la mine ou au site industriel), des zones impactées directement par l'extraction de minerai ou alors des zones concernées par des travaux de sondage.



Figure 6: Couverture des études floristiques dans le site d'étude réalisée par Vale NC

Pour conclure au niveau de la flore, il est possible de dire qu'il existe une connaissance très fine de la distribution des habitats mais aussi des espèces (communes ou rares) aux alentours et à l'intérieur du projet industriel et minier de Vale NC. Toutefois, il est possible de mettre en évidence certaines lacunes. En effet, en superposant les formations d'intérêt écologique fort telles que les forêts denses humides et maquis paraforestiers (Cartographie des formations naturelles de Bluecham, 2010) et les zones inventoriées (en mettant de côté les études bibliographiques), on observe qu'une importante partie de la forêt littorale n'a pas été étudiée (A) (Figure 7). Par ailleurs, d'autres formations d'intérêts à

l'intérieur des terres nécessiteraient aussi une caractérisation, notamment celles situées au nord de la zone de préparation du minerai. En effet cette zone semble intéressante dans la mesure où elle est très proche de la zone d'extraction minière (B). Par ailleurs, les formations végétales à l'Ouest pourraient potentiellement être sous l'influence des émissions atmosphériques de l'usine (C).

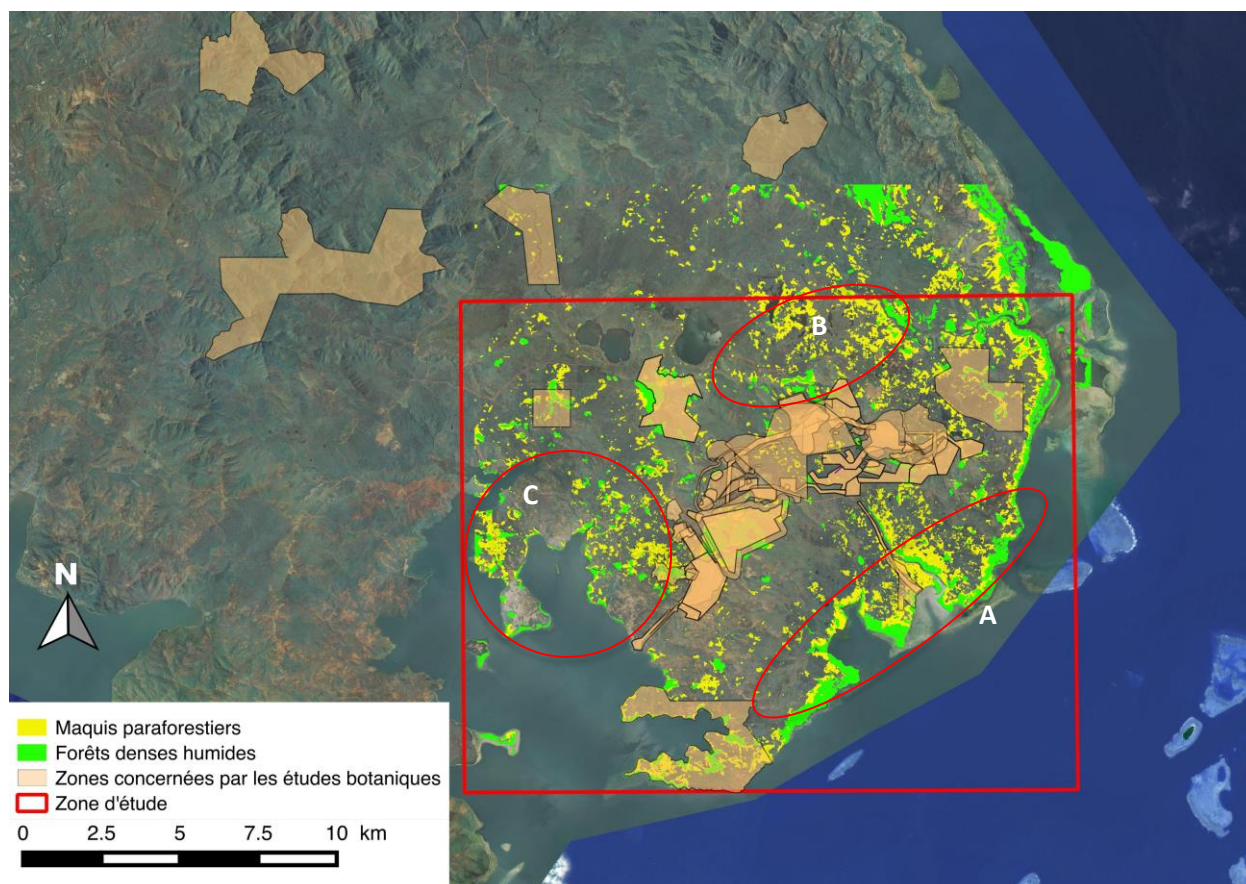


Figure 7 : Répartition des forêts denses humides et maquis paraforestiers (Bluecham, 2010) et des zones concernées par les inventaires botaniques. Les ellipses rouges signalent les zones nécessitant une caractérisation botanique.

5. 2 Herpétofaune

Pour caractériser l'herpétofaune de la zone, un total de 35 documents a été identifié. Toutefois, seuls 15 de ces documents ont été transmis dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, les caractéristiques géographiques des travaux menés n'ont pas pu être récupérées pour 4 de ces documents car elles n'étaient pas spécifiées.

Les données géographiques associées aux travaux réalisés sont des polygones ou des points (inventaires ponctuels) (Figure 8).

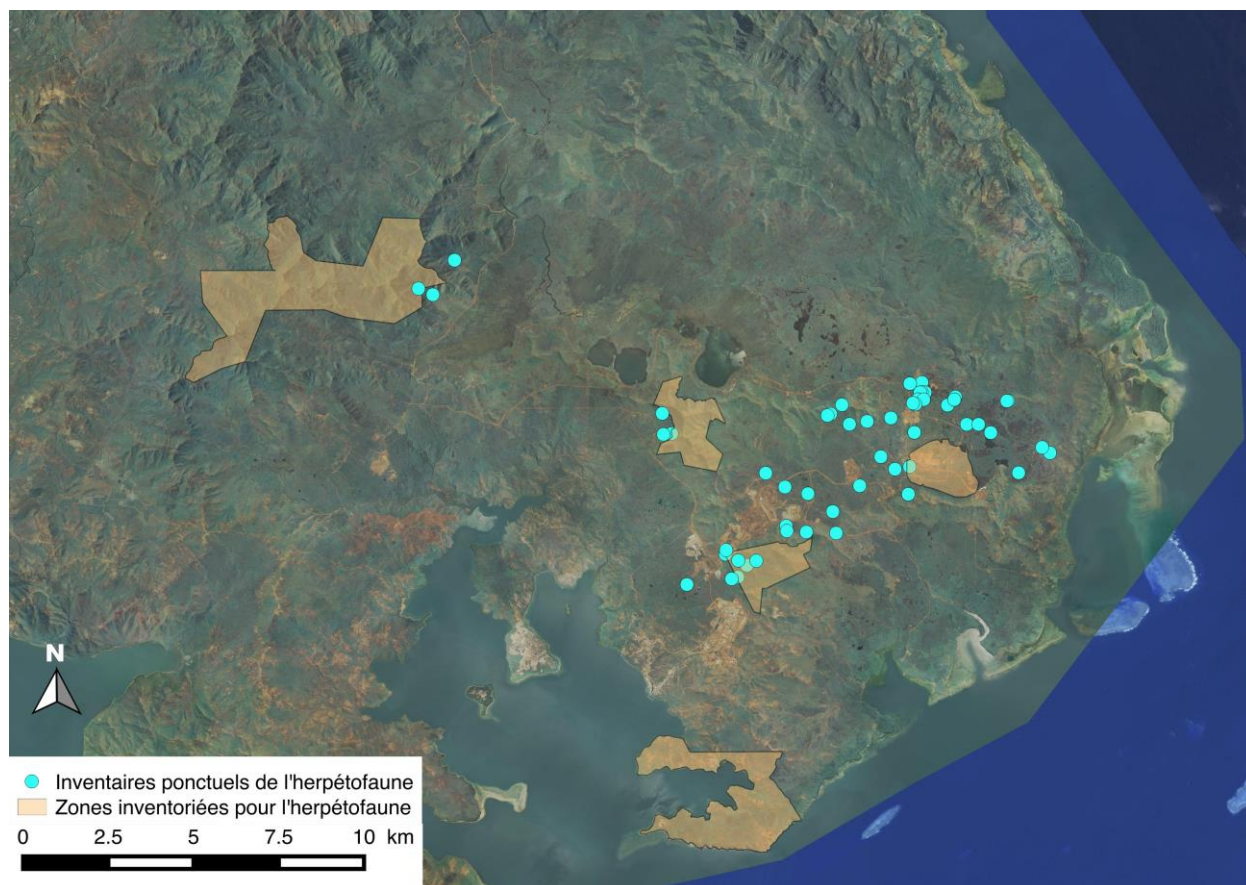


Figure 8: Localisation des inventaires et suivi de l'herpétofaune autour de la zone d'étude

L'herpétofaune des quatre réserves situées à proximité a été caractérisée tout comme la zone d'exploitation de la mine à 5 ans. Toutefois il semble exister certaines lacunes au niveau de la caractérisation de cette composante de la biodiversité. Pour exemple, les zones impactées par la construction de l'usine et de la base vie n'ont pas fait l'objet d'inventaires, tout comme l'impact de certaines infrastructures minières telles que des pistes de roulage au sein du projet. Il est difficile de dire si aucune étude n'a été réalisée ou s'il n'a pas été possible d'avoir accès au document. L'herpétofaune est le compartiment de la biodiversité terrestre pour lequel une importante proportion de rapports n'a pas pu être récupérée.

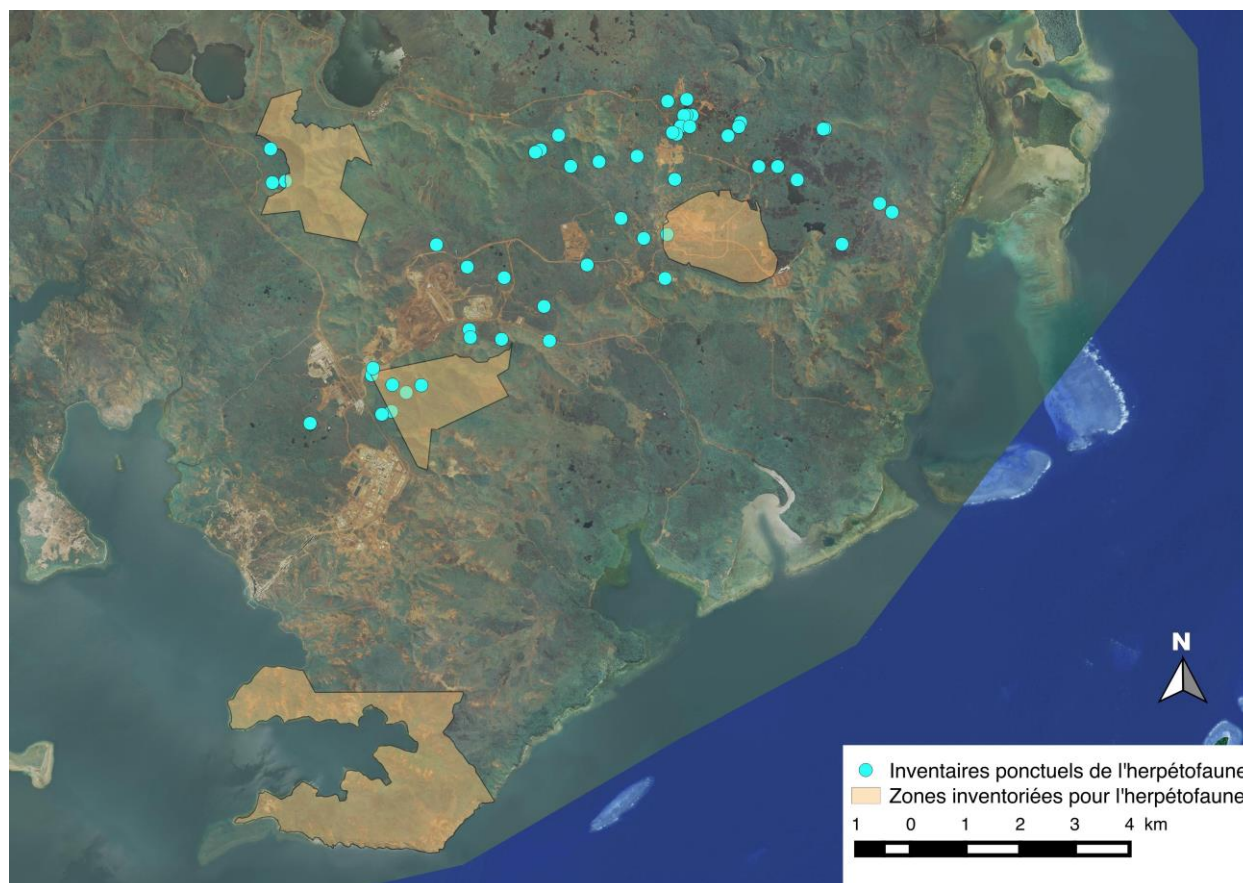


Figure 9: Localisation des inventaires et suivi de l'herpétofaune autour de la zone d'étude (agrandissement sur la zone d'étude)

Concernant les documents qu'il n'a pas été possible de récupérer, il y a les suivis annuels des réserves de la Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin. Toutefois, des résultats de ce suivi ont été synthétisés dans le suivi environnemental entre 2008 et le premier semestre 2010. De plus il n'a pas été possible de récupérer le document sur l'étude herpétologique de la zone concernant le plan minier de Vale NC à 10 et 20 ans. À cela il faut ajouter les travaux réalisés sur les campagnes de sondages Gahnia 01, Gahnia 03 et Kaori. De nombreuses concessions ont aussi fait l'objet d'études herpétologiques, c'est le cas de AS3, AS4, AS5, Fer E2, KO4, concession 1, 2, 3, 4, 5. Il manque aussi les données sur la zone de travaux de Nico B Est, sur la zone d'investigation du site n°8 (projet CPVSKE) Ces concessions n'ont pas été retrouvées sur le cadastre minier (mis à part AS3, AS4, AS5 et Fer E2). Par ailleurs, il n'a pas été possible de récupérer les données d'inventaires herpétologiques d'écosystèmes paraforestiers et forestiers dans le cadre de l'étude des corridors forestiers sur la zone du projet minier de Vale NC réalisé en 2013, cette dernière n'ayant pas fait l'objet d'une restitution.

5. 3 Avifaune

Concernant l'avifaune, douze documents ont été identifiés traitant de la caractérisation des oiseaux de la zone d'étude. Parmi ceux-ci, 2 avaient été réalisés par la province Sud en 1997 et 2002, 4 par l'IAC en 2003, 2004 et 2006. Par la suite c'est le cabinet d'expertise ECCET qui a réalisé 3 documents en 2010, 2 en 2011 et un en 2013.

La figure suivante présente l'ensemble des points d'écoute réalisés sur la zone d'étude

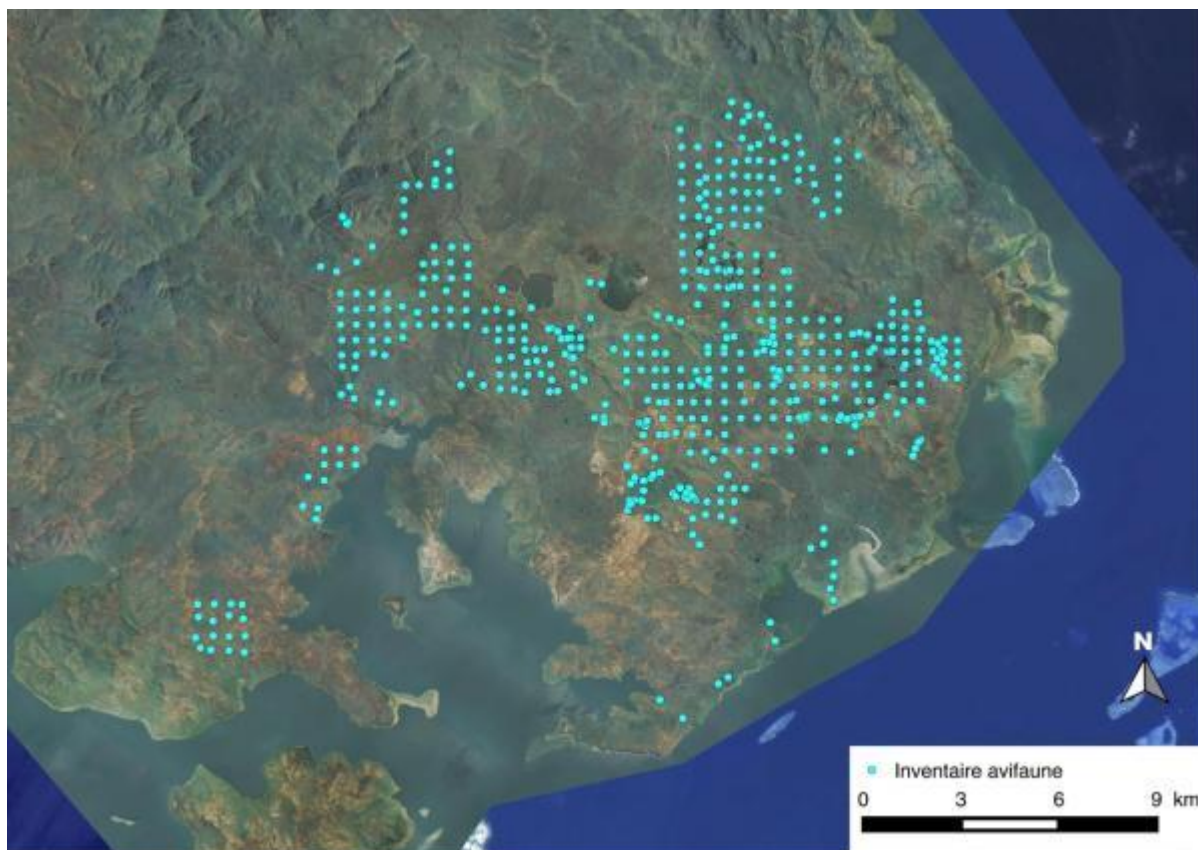


Figure 10: Localisation des inventaires et suivi de l'avifaune à proximité de la zone d'étude

Une importante surface a été prospectée pour caractériser l'avifaune du plateau de Goro. Cela comprend les réserves provinciales à proximité. Les zones qui seront exploitées pour extraire le minerai ont aussi été inventoriées. On peut toutefois noter que les zones qui ont été impactées par la construction des installations industrielles (usine de traitement, convoyeur, base vie) n'ont pas été inventoriées avec précision.

5. 4 Mammifère

A l'heure actuelle, aucune étude n'a pu être mise en évidence pour caractériser la diversité des mammifères, notamment la chiroptérofaune de la zone d'étude⁷.

5. 5 Entomofaune

Au niveau des insectes, quatre documents ont pu être identifiés. Deux ont été produits par l'IRD, un par le Museum Australien. Ces documents reprennent les éléments de l'entomofaune dans leur globalité. Un dernier document a été identifié sur l'étude des libellules sur l'ensemble du territoire. Ce dernier n'a pas fait l'objet d'une cartographie car l'échelle de l'étude est trop importante pour permettre une localisation précise des zones concernées. Il faut toutefois prendre en compte que ce groupe a déjà fait l'objet d'une attention particulière sur la zone d'étude.

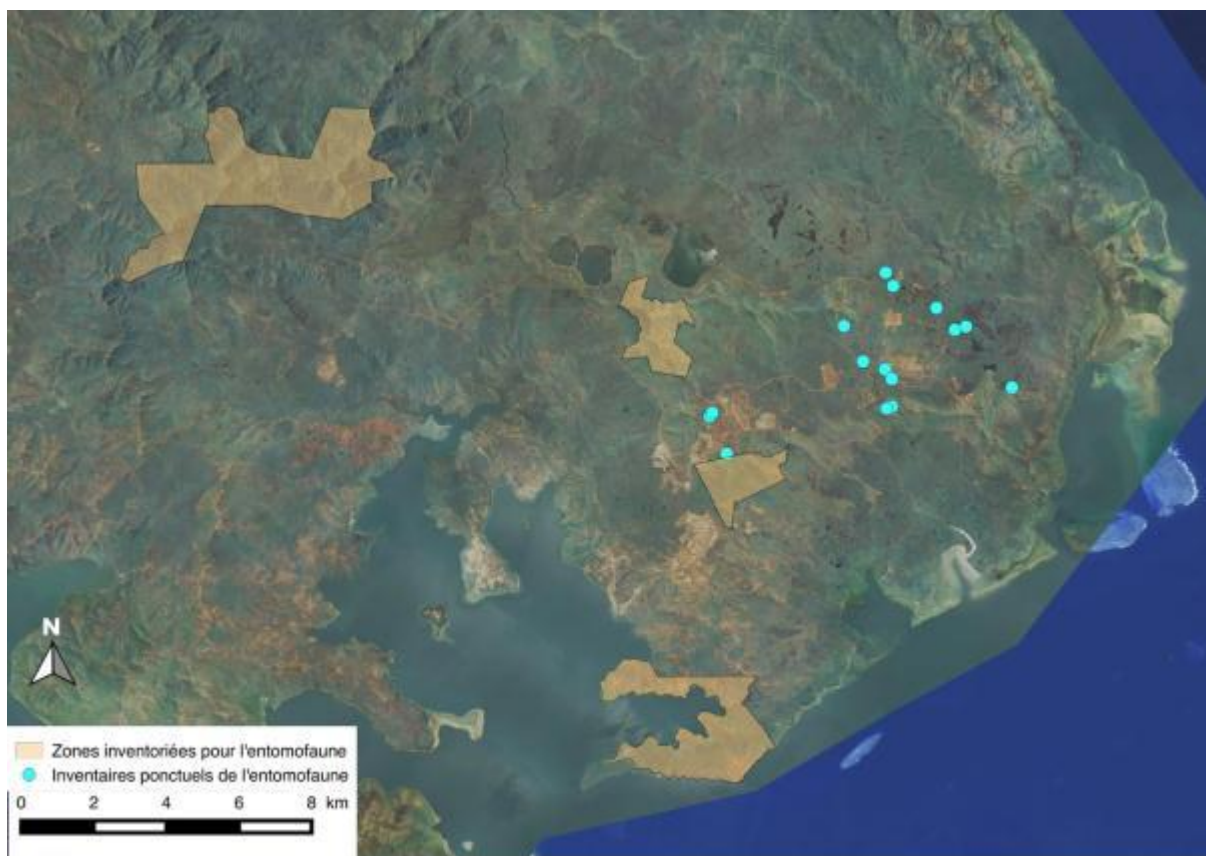


Figure 11: Localisation des inventaires de l'entomofaune dans la zone d'étude

⁷ Vale NC évoque l'existence d'une étude réalisée sur les chiroptères mais aucun détail n'a pu être obtenu sur ces travaux. Le dossier soumis par Vale NC dans le cadre de la récente demande d'exploitation minière (Livret C, Volet B - octobre 2015) fait référence à de premières écoutes nocturnes réalisées par l'IAC en mai 2015 qui auraient « permis de détecter la présence de microchiroptères ».

Au regard des zones concernées par l'étude de l'entomofaune, il semble évident que ce compartiment a été sous prospecté. Des travaux d'inventaires pourraient être menés pour combler ces lacunes.

5. 6 Imagerie satellitaire et aérienne

Dans le cadre de ce travail, il était aussi nécessaire de faire le point sur les images aériennes et satellitaires disponibles sur la zone d'étude. En effet ces données permettent d'apprécier de manière plus globale des changements dans la couverture de la végétation autour du projet industriel et minier. Pour cela, il a fallu prendre contact avec les différentes institutions du territoire pouvant disposer de ce type de données.

Vale Nouvelle-Calédonie a obtenue des images grâce au satellite Geoeye 1 (soit une résolution spatiale de 50 cm) en juin 2011. Ces dernières ont permis de réaliser la cartographie de l'ensemble des formations végétales sur le site d'étude. Aucune information concernant l'acquisition d'autres images n'a été obtenue.

Au niveau des institutions publiques, différentes images ont été acquises :

Pour la DTSI (Direction des Technologies et des Services de l'Informatique) une importante base de données d'images satellitaires est disponible sur le portail Géorep (www.georep.nc). Ce dernier compile 2 couvertures complètes avec le programme Geosud provenant du SPOT 5 obtenues en 2013 (résolution de 5 m, avec des compléments de SPOT 6 à une résolution de 1,5 m), ainsi que l'obtention des données ortho-rectifiées en 2014 grâce à SPOT 6. Par ailleurs, il est prévu, en collaboration avec l'OEIL d'avoir accès aux données SPOT 6 dans le cadre du projet MOS.

Au niveau de la DITTT (Direction des Infrastructures, de la Topographie et des Transports Terrestres), les photos aériennes de la zone concernée existent notamment de 1954 au 1/ 40 000, de 1971 au 1/20 000, de 1976 au 1/20 000, de 1982-1985 au 1/ 40 000, de 1992 au 1/ 20 000. Pour les photos de 2007, 2 types de résolution, en 720 dpi ou alors en HD à 2200 dpi, sont disponibles. Par ailleurs la DITTT souhaite obtenir des images satellitaires sur toute la Nouvelle-Calédonie mais cela pose des problèmes de coûts et de mise à disposition des données. Un projet de réalisation d'une cartographie des formations végétales en collaboration avec l'IRD est actuellement en discussion.

Au niveau des mairies des zones concernées, la Mairie du Mont Dore dispose d'images aériennes provenant de la DITTT. Il n'a pas été possible d'obtenir d'informations de la Mairie de Yaté. Toutefois, il existe pour la commune de Yaté, le portail PEC Yaté qui permet de visualiser les données cartographiques gérées par la société Bluecham.

Dans le cadre du projet CNRT (Centre National de Recherche Technique) « Corifor », l'équipe du CIRAD, notamment Philippe Birnbaum, a obtenu une image satellite de type Pléiades avec une résolution de 2m en 2013, en pan-chromatique. Les champs obtenus sont ceux du visible, Infra-Rouge et proche Infra-Rouge.

Dans le cadre du projet Cartha, financé par le CNRT, il a été possible d'obtenir des images hyper-spectrales avec une résolution de 4-4,5m, dans les champs du visible, Infra-Rouge et proche Infra-Rouge en 2010 (la surface concernée est réduite). Toutefois il y a une importante couverture nuageuse sur la zone de Vale NC.

L'OEIL a acquis des images SPOT 4 de 1998 à 20 m de pixel et Rapid Eye de 2010 à 5 m de pixel sur 5 canaux dont le proche Infra Rouge dans le cadre de la production des modes d'occupation du sol. L'OEIL diffuse aussi les dernières images Landsat 8 exploitables. L'ensemble de ces ressources est disponible sur <http://geoportail.oeil.nc/cartenvironnement>.

Il est à noter que l'USGS (US Geological Survey) met à disposition tout un historique d'images LandSat (4,5,7,8) jusqu'au plus récente à une résolution de 30 m (<http://glovis.usgs.gov/>).

6. Type de pression générée par Vale NC sur la faune et la flore

Au niveau de la biodiversité terrestre, il est possible d'identifier plusieurs impacts qui peuvent être générés par le projet industriel et minier de Vale NC. Il est possible d'identifier des impacts liés à :

- la destruction directe de la végétation et de la faune par le décapage occasionné lors de l'ouverture des fosses minières et la création des pistes/routes destinées à l'exploitation du site ou à la prospection,
- la fragmentation des habitats. Dans ce cas précis, ce phénomène va impacter les milieux les plus riches tels que les forêts denses humides ou les maquis pré ou paraforestiers,
- des pollutions sonores et vibratoires qui peuvent avoir un impact sur la faune terrestre, notamment sur l'avifaune et l'herpétofaune. Ces pressions vont surtout s'exercer sur les zones où des engins miniers sont en activité (abords des installations industrielles et minières, zones d'extraction, pistes de roulage),
- la pollution lumineuse engendrée par les éclairages des installations minières et industrielles. Cette perturbation va avoir un impact sur l'échouage de certaines espèces d'oiseaux marins qui transitent par ces zones au cours de leur déplacement entre leur nid et les zones de nourrissage en mer,

- la pollution d'ordre atmosphérique pour laquelle il est possible de distinguer 2 groupes :
 - Les poussières mises en circulation par des engins miniers. Cette pollution a tendance à empêcher le bon fonctionnement de la photosynthèse des plantes situées à proximité des pistes de roulage et vont réduire leur croissance et leur survie (Farmer, 1993).
 - Les émissions atmosphériques de SO₂ et NO_x par les installations de l'usine. Ces dernières vont avoir un impact sur la bonne croissance et la survie des plantes situées dans les zones à proximité de l'usine sous les vents dominants. Ces polluants vont avoir un impact sur la végétation autour du site industriel et plus particulièrement dans les formations naturelles sous le vent de l'usine.
- la pollution liée à l'activité industrielle de Vale NC. Ceci peut entraîner la dispersion de polluants dans l'environnement pouvant affecter la faune et la flore des alentours. Les réseaux hydrographiques sont les principaux vecteurs de ces polluants qui impacteront à terme les organismes d'eaux douce et marine,
- l'introduction d'espèces exogènes invasives. Ces introductions vont perturber le fonctionnement des communautés floristiques et faunistiques autochtones. En terme de nouvelles introductions, elles vont avoir lieu au sein des zones liées à l'approvisionnement en matériel au port par exemple. Pour les introductions déjà réalisées sur les espèces végétales invasives, les zones de propagation vont suivre les voies de transport (pistes, routes). Par ailleurs, des propagations peuvent aussi se produire au sein des milieux naturels non dégradés, c'est notamment le cas des fourmis invasives telles que *Wasmannia auropunctata*, ou de mammifères tels que les cerfs (*Cervus timorensis*) ou les cochons (*Sus scrofa*).
- La modification des écoulements souterrains et de surface des bassins versants. En effet, par le changement de la topographie du paysage, il est possible que certains réseaux hydrographiques de surface ou en profondeur soient modifiés, notamment ceux de la rivière Kwé.

Pour suivre l'impact de ces pressions, des programmes de suivi ont été mis en place afin de mettre en évidence toute perturbation dans les milieux naturels environnants.

7. Présentation et analyse du réseau de suivi de la biodiversité terrestre autour de l'usine de Vale NC

Un programme de suivi des différentes composantes de la biodiversité a été mis en place autour du projet de Vale NC. Celui-ci concerne le suivi de la flore (grâce au suivi de l'état de la flore des réserves provinciales à proximité, la surveillance symptomologique et le suivi des massifs forestiers d'intérêt par télédétection), de l'herpétofaune (dont *Lacertoides pardalis*) et de l'avifaune (comprenant aussi le bilan des échouages des oiseaux marins). Par ailleurs, il existe des programmes de surveillance de l'introduction d'animaux exogènes, c'est notamment le cas pour les fourmis invasives et le crapaud buffle.

Le présent chapitre regroupe l'analyse des suivis de la biodiversité terrestre suivants:

- Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale NC
- Suivi symptomologique de la flore endémique aux alentours de l'usine de Vale NC
- Suivi des Massifs Forestiers d'Intérêt Prioritaire (MFIP) par télédétection
- Suivi de l'herpétofaune dans les réserves provinciales à proximité du projet industriel de Vale NC
- Suivi de l'espèce sensible *Lacertoides pardalis*
- Suivi de l'avifaune sur le plateau de Goro
- Suivi de l'impact de la pollution lumineuse du projet de Vale NC sur les oiseaux marins
- Suivi des fourmis exogènes sur les zones à risque du site de Vale NC
- Suivi du crapaud buffle

7. 1. Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale NC.

7. 1. 1. Contexte

La surveillance des milieux terrestres au regard des émissions atmosphériques industrielles n'a jamais été effectuée en Nouvelle-Calédonie et le protocole développé par Vale NC constitue donc une première en la matière. La méthodologie de ce suivi s'appuie sur une méthodologie développée par le Professeur F. Murray, approche qui a été utilisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour suivre les effets des gaz, notamment industriels, sur la végétation australienne (Mulgrew, A & William, P. 2000).

Conformément à l'ICPE n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 et la convention n°C.238-09 dite «Convention pour la Conservation de la Biodiversité », Vale NC a mis en place des parcelles permanentes de surveillance sur les réserves provinciales à proximité de l'usine de Vale NC. Le protocole mis en place dans ces parcelles a pour principal objectif de déterminer si les émissions atmosphériques de l'usine de Vale NC ont des effets directs ou indirects sur les formations forestières.

7. 1. 2. Objectifs initiaux et leurs évolutions

Au commencement de ce suivi, les objectifs suivants avaient été identifiés :

- Déterminer tout changement dans la composition des espèces forestières lié directement ou indirectement aux émissions atmosphériques industrielles. L'identification et la quantification des plantes des parcelles sont importantes pour évaluer l'évolution de la composition végétale.
- Déterminer tout changement dans la structure forestière lié directement ou indirectement aux émissions atmosphériques industrielles (Suivi de la régénération, croissance des individus). L'impact des émissions atmosphériques peut se traduire par une simplification de la structure des forêts touchant en premier lieu les arbres en lisière. Il s'ensuit un éclaircissement et une réduction du nombre d'arbres et arbustes du sous-bois. Il peut aussi perturber la croissance des plantes.
- Déterminer tout changement dans la santé des végétaux en lien direct ou indirect avec les émissions atmosphériques industrielles. La mesure de l'activité photosynthétique donne des informations sur l'état de stress des plantes dans l'écosystème. De plus les mesures de concentration en S, N et métaux dans les feuilles des plantes, la litière et le sol permettent d'évaluer l'apport des polluants atmosphériques et leur absorption à différents niveaux.

À la suite de plusieurs campagnes de suivis (notamment en 2006, 2010 et 2011), ces objectifs ont été revus, car la vitesse de développement des plantes ainsi que la lenteur des changements perceptibles dans la structuration de la végétation ne nécessitent pas des suivis annuels pour certains paramètres.

Ainsi, les objectifs réactualisés de ce suivi entre 2012 et 2013 s'attachent donc à :

- Déterminer tout changement dans la santé des végétaux en lien direct ou indirect avec les émissions atmosphériques industrielles.
- Evaluer l'apport des polluants atmosphériques et leur absorption à différents niveaux grâce aux mesures de concentration en S, N et en métaux dans les feuilles, la litière et le sol.

7. 1. 3. Protocole

Dix parcelles de suivis ont été mises en place. Deux parcelles au niveau du Pic du Pin (installées décembre 2009), qui sont considérées comme des parcelles témoins car elles sont très éloignées du site industriel, quatre au niveau du Pic du Grand Kaori (se trouvant à une distance d'environ 5 km du site, installées en juillet 2007) et quatre dans la réserve de Forêt Nord (installées en novembre 2006) (Figure 12), parcelles les plus proches du site (600 m au vent des sources d'émissions). Pour information les parcelles du Pic du Pin ont été abandonnées en 2011 car elles ont été fortement impactées par des cochons sauvages. Ces dégradations ne permettent pas d'effectuer des suivis pertinents de par la destruction du sous-bois par ces animaux. Il est prévu que Vale NC reprenne le suivi de ces parcelles en 2015. La fréquence de ce suivi est annuelle.

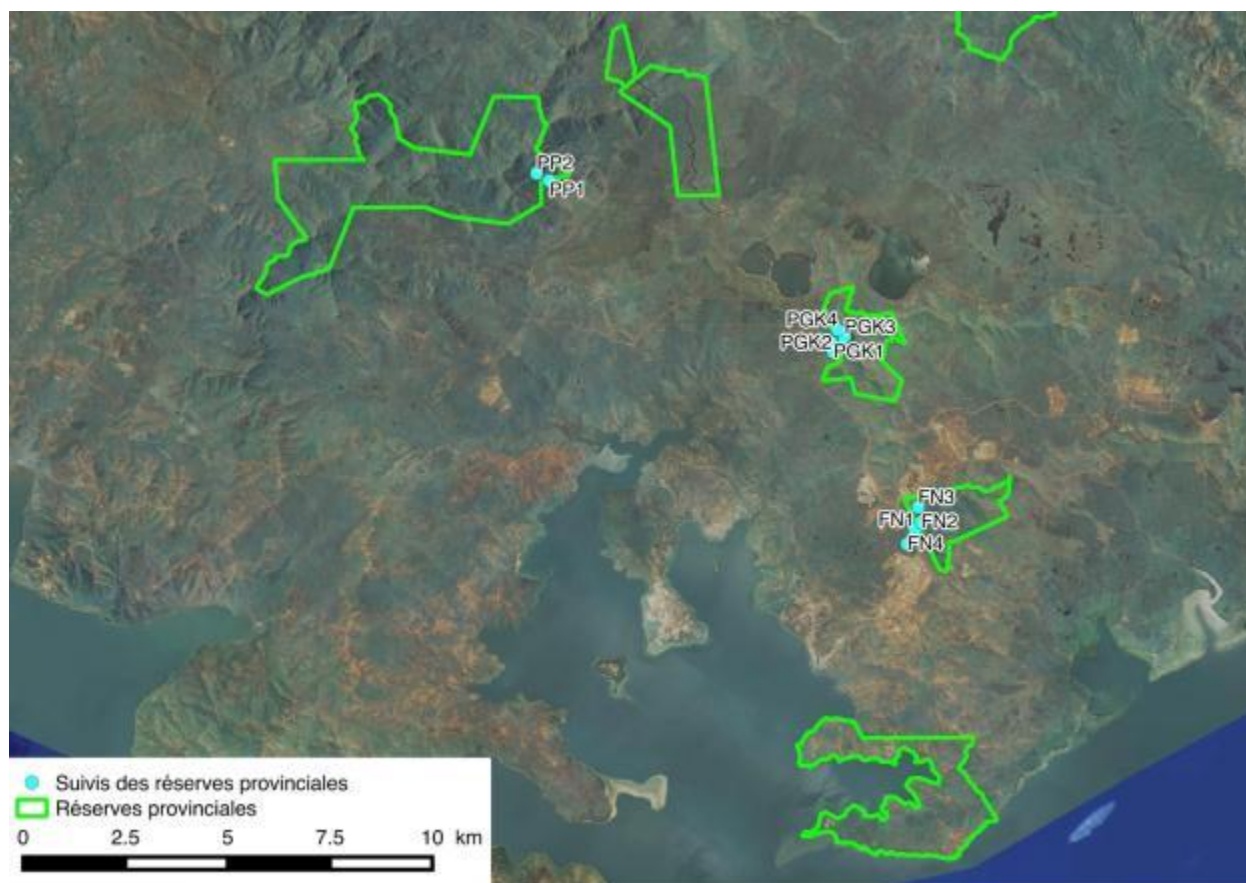


Figure 12: Localisation des stations de suivi de l'état de santé de la flore des réserves provinciales

Au commencement de ce suivi, une gamme importante de paramètres a été choisie. Pour avoir un descriptif complet du protocole, se référer au document synthétisant la première année de suivi (Vale NC, 2011⁸).

⁸ <http://www.oeil.nc/cdrn/index.php/resource/suivi/view/1994>

Ces derniers comprennent :

- Le suivi de la diversité et de la structure de formations forestières
- Le suivi du diamètre des individus (dont le DBH > 10 cm)
- Le suivi de la mesure de l'activité photosynthétique des feuilles.
- Le suivi des mesures chimiques du sol, de la litière et des feuilles des espèces communes.

Le détail des parcelles de suivis se trouve dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Caractéristiques des parcelles et paramètres mesurés (Vale NC, 2011)

Dispositif & nombre	Composition & Diversité	Structure forestière	Santé	Sol, litière et feuilles pour analyses chimiques	Couverture totale par station
Parcelles 400m ² x 4	Identification des individus > 10cm (d.b.h) et nombre.	-Diamètre des individus > 10cm (d.b.h). -Nombre de tiges de > 10cm (d.b.h). ARBRES	-Prélèvement de feuilles pour mesure de fluorescence chlorophyllienne	Prélèvement de 10 échantillons de sol, 10 échantillons de litière et 8 échantillons de feuilles sur des individus de 5 espèces communes à la parcelle.	1600m ²
Parcelles 10m ² x 6	Identification des individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h) et nombre.	-Diamètre des individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h). -Nombre de tiges individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h). STRATE ARBUSTIVE HAUTE	-Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	240m ²
Parcelles 4m ² x 8	Identification des individus > 20cm < 1 mètre de hauteur et nombre.	-Hauteur des individus > 20cm < 1 mètre de hauteur. -Nombre de tiges individus > 20cm < 1 mètre de hauteur. STRATE ARBUSTIVE BASSE	Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	128m ²
Parcelles 1m ² x 8	Identification des individus < 20cm de hauteur et nombre.	-Hauteur des individus < 20cm de hauteur. - Nombre de tiges < 20cm de hauteur. STRATE HERBACEE	-Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste ou plantule. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	32m ²

Les parcelles s'organisent de la manière suivante :

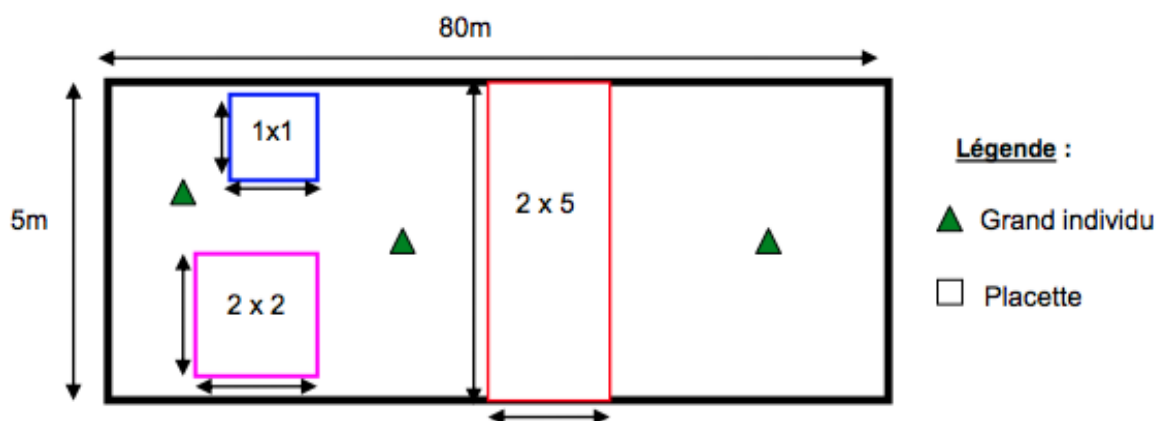


Figure 13 : Disposition des parcelles de suivi des réserves forestières. En noir on retrouve les parcelles de 400 m², en rouge celles de 10 m², en rose celles de 4 m² et en bleu celles d'1 m² (Vale NC, 2011).

Au niveau de la litière, ce sont les éléments suivants qui sont suivis :

- en CHNS humide : C (%), N (%), S (%)
- en attaque totale acide/fusion alcaline : Ca (%), Mg (%), Na (%), K (%), P (ppm), Mn (ppm).

Pour le sol, ce sont les éléments suivants qui sont suivis :

- pH et teneur en eau
- en CHNS humide : C (%), N (%), S (%)
- cations échangeables: Ca (méq%), Mg (méq%), Na (méq%), K (méq%)
- capacité d'échange ou conductivité (CEC en méq%)
- en attaque totale acide/fusion alcaline : Ca (g/kg), Mg (mg/kg), Na (mg/kg), K (mg/kg), Ti (mg/kg), Fe (g/kg), Co (mg/kg), Cr (mg/kg), Mn (mg/kg), Ni (mg/kg), Al (g/kg), Cu (mg/kg), P (mg/kg), Si (g/kg), Zn (mg/kg).

Concernant la mesure chimique des feuilles, les éléments suivants sont suivis : N (%), P (ppm), K (%), Ca (%), Mg (%), Na (%), Mn (ppm) et S (%).

Évolution du protocole de suivi

Pour répondre aux changements d'objectifs cités précédemment, certaines approches ont été revues ou abandonnées. Les principaux changements sont :

- les relevés de la composition floristique et de la structure des parcelles (hauteur ou DBH = Diameter Breast Height ou diamètre à hauteur de poitrine des individus) à Forêt Nord et Pic de Grand Kaori qui se feront tous les 5 ans pour palier à la lenteur de croissance des espèces.
- les suivis des parcelles du Pic du Pin ont été supprimés à cause d'importants dégâts occasionnés

par des cochons sauvages en 2011. En 2015, ces parcelles devraient être réintégrées dans le suivi.

- l'échantillonnage de sol et de litière montre très peu de variabilité dans les teneurs des éléments suivis. Le nombre d'échantillons a été réduit à 5 au lieu de 10 sur toutes les parcelles dès 2012.
- les analyses chimiques des feuilles des espèces communes entre 2006 et 2011 ne montraient que peu de variation. *Pandanus sp.* et *Meryta coriacea*, 2 espèces de sous-bois, n'apportent pas d'éléments pour l'analyse des conditions chimiques de la canopée. Ainsi, 2 espèces communes de la canopée (pour exemple *Gardenia aubryi* et *Sparattosyce spp* sur Pic du Grand Kaori) ont été retenues pour l'échantillonnage foliaire. Cela permettra d'avoir un meilleur aperçu de l'état de santé de ce milieu récepteur des émissions atmosphériques.

7. 1. 4. Résultats

Dans l'analyse des résultats, nous allons uniquement nous attarder sur l'activité photosynthétique et sur la comparaison des teneurs en azote et en soufre entre les années d'observation, permettant de mettre en évidence les possibles variations d'éléments en lien avec les activités industrielles du site. En effet les autres paramètres, après plusieurs années d'observation, ne présentaient pas de variations significatives, ce qui peut s'expliquer la faible croissance des plantes mais aussi de la lenteur des changements dans la structure des formations végétales sur substrat ultramafique.

7. 1. 4. 1. Pour l'activité photosynthétique

Au niveau de la photosynthèse, le dernier rapport de 2012 ne détaille aucun résultat notamment à cause de la panne de l'appareil de mesure. Dans le rapport de la campagne de 2010, les mesures réalisées sur l'ensemble des parcelles de la Forêt Nord indiquent que les systèmes photosynthétiques des plantes opèrent de manière optimale (entre 0,78 et 0,82), ce qui indique des plantes en bonne santé en 2010 pour les différentes strates de végétation. Pour cette même campagne, les parcelles du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin n'ont pas été étudiées pour l'activité photosynthétique. Dans la précédente campagne de 2009, l'activité photosynthétique était optimale pour les parcelles de Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori (au moment de cette campagne, les parcelles du Pic du Pin n'avaient pas encore été mises en place).

7. 1. 4. 2. Pour les sols

Au niveau de la composition chimique des sols de Forêt Nord entre 2007 et 2012, il est possible de dire que les teneurs en S et N montrent une diminution significative entre 2007 et 2012. Par ailleurs les teneurs en N et S varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes

différentes.

Pour le Pic du Grand Kaori, les prélèvements récoltés entre 2007 et 2013 montrent que le N et S présentent une légère diminution. Les teneurs en N varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes (on observe une augmentation des teneurs plus on monte en altitude). A contrario, la teneur en S diminue de manière significative plus on monte en altitude.

7. 1. 4. 3. Pour la litière

L'analyse des teneurs de la litière des parcelles de Forêt Nord prélevées de 2007 à 2012 illustre que les teneurs en N montre une augmentation significative de 2007 à 2010 et une diminution de 2010 à 2012 qui pourrait suggérer des variations cycliques naturelles de ces éléments. Au niveau du soufre, on observe une légère augmentation entre 2007 et 2012. De plus les teneurs en N augmentent avec l'altitude.

Pour les parcelles du Pic du Grand Kaori dont les prélèvements ont été effectués entre 2007 et 2013, il est possible de dire que les teneur en N et S montrent une augmentation de 2007 à 2013, mais de manière aléatoire. Par ailleurs les teneurs en N et S ne varient pas de manière significative entre les parcelles en fonction de l'altitude.

7. 1. 4. 4. Pour les végétaux

L'analyse de la composition chimique des feuilles des espèces communes prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012 en Forêt-Nord montrent plusieurs tendances, à savoir :

- les teneurs en N chez *Garcinia neglecta*, *Gardenia aubreyii*, *Sparattosyce dioica* et *Xylopia sp.* ont montré une augmentation significative de 2007 à 2012. Les teneurs en N se sont stabilisées de 2010 à 2012 pour *Xylopia sp.*, mais ont continué à augmenter pour les autres espèces suggérant des différences de cycles entre espèces.
- les teneurs en S des feuilles de *Gardenia aubreyii*, *Sparattosyce dioica* et *Xylopia sp.* montrent des variations significatives (à la baisse et à la hausse) entre 2007 et 2012. Ces variations pourraient être cycliques.
- les teneurs en N des feuilles de *Garcinia neglecta*, *Gardenia aubreyii*, *Sparattosyce dioica* montrent des différences significatives entre les parcelles de basse altitude contenant une plus forte teneur que les parcelles de haute altitude.

- les teneurs en S des feuilles de *Sparattosyce dioica* montrent des différences significatives entre les parcelles basses contenant une plus faible teneur que les parcelles hautes. Toutefois, cette différence est discutable car basée uniquement sur les valeurs de 2012.
- les teneurs en S des feuilles de *Gardenia aubreyii* et *Xylopi* *sp.* montrent des différences significatives entre les parcelles basses contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.

Concernant les parcelles du Pic du Grand Kaori, il est possible de dire que :

- les feuilles de *Gardenia aubreyii* montrent une augmentation significative de leur teneur en N de 2007 à 2010 puis une diminution entre 2010 et 2013.
- la teneur en S des feuilles de *Gardenia aubreyii* montre des différences significatives entre les parcelles et ce de manière aléatoire.

Pour conclure sur les analyses, il semble difficile d'observer des impacts directs des polluants atmosphériques sur les teneurs en S et N du sol, de la litière et des feuilles des arbres. Il est difficile de statuer sur l'origine des variations de ces éléments qui peuvent être soumis à des variations cycliques naturelles. Il sera nécessaire de faire le bilan de ces analyses lorsque les installations industrielles fonctionneront à leur pleine capacité pour identifier de possibles changements dans le milieu naturel en lien avec les émissions atmosphériques.

7. 1. 5. Améliorations possibles

Ce protocole de suivi représente une importante charge de travail et au commencement, le protocole était très complet. Au regard des résultats des premières campagnes de suivi, ce protocole a été allégé notamment sur les paramètres permettant de mettre en évidence des changements dans la structure, la diversité et la croissance des plantes, à cause de la lenteur de développement de la flore sur substrat ultramafique. Seules les compositions du sol, de la litière et des feuilles ont été conservées et ces analyses semblent pertinentes pour identifier tout changement dans la végétation provenant des émissions atmosphériques. Il sera toutefois pertinent de corroborer les résultats trouvés sur l'activité photosynthétique et ceux de la surveillance par télédétection pour voir de possibles similitudes. Si le suivi de l'activité photosynthétique est maintenu, il serait important d'avoir au moins deux appareils afin de se prémunir de toute panne.

Il est important de rappeler la nécessité d'assurer un suivi régulier des sites de référence. Par ailleurs, pour des questions de matériel, certains paramètres n'ont pas pu être suivi à chaque campagne.

Par ailleurs une étude de Bluecham en 2008 a été initiée afin de mettre en évidence les surfaces de végétation impactées par les émissions atmosphériques grâce à la télédétection (cf. chapitre 7. 3). Cet outil couplé à l'analyse des éléments dans le sol, la litière et les feuilles des parcelles de suivis semble constituer un bon réseau de suivi et permet de répondre à l'objectif initial du suivi des réserves provinciales qui est d'estimer l'impact des émissions atmosphériques sur la santé des réserves provinciales situées à proximité du projet. Les résultats du suivi symptomologique de la flore endémique permettent également de compléter le diagnostic (2 stations en forêt Nord, 2 à proximité du Pic du grand Kaori). Toutefois, au regard des comportements des éléments chimiques dans les milieux naturels et dans les plantes, il serait pertinent de caractériser leurs variabilités et leurs cycles naturels afin d'identifier de potentielles perturbations. L'étude de ces cycles devrait également prendre en compte le type de formation végétale et l'altitude comme de potentiels facteurs de variabilité.

7. 1. 6. Bibliographie

Vale NC (2011) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de VALE NC - Bilan 2006-2009. 79p.

VALE NC (2012) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de VALE NC - Bilan 2010. 38p.

VALE NC (2012) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de VALE NC - Bilan 2011. 60p.

VALE NC (2014) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de VALE NC - Bilan 2012-2013. 38p.

7. 2. Suivi symptomologique de la flore endémique aux alentours de l'usine de VALE NC

7. 2. 1. Contexte

Suite au dépérissement d'une forêt de chênes gommés situé sous le vent de l'usine en 2010, une surveillance accrue est nécessaire afin de mettre en évidence toute pollution atmosphérique impactant les milieux naturels.

Depuis 2012, VALE NC a mis en place un nouveau protocole de surveillance de la végétation et des émissions atmosphériques des installations. Ce suivi se base sur un travail réalisé par le Professeur Murray de l'Université de Murdoch. Ce dernier a synthétisé les données recueillies par VALE NC et a proposé des actions permettant de comprendre les facteurs mis en cause dans les impacts sur la végétation et de les contrôler. Cette étude a permis de bien mettre en évidence l'effet néfaste des émissions de soufre sur la végétation aux alentours et plus particulièrement sur les populations d'*Arillastrum gummiferum*. Dans le cadre du suivi symptomologique, 29 stations de suivis ont été mises en place.

Un arrêté de la province Sud datant du 5 septembre 2012 (arrêté n°1946-2012/ARR/DIMEN) a été établi afin de renforcer le suivi des impacts des polluants atmosphériques sur la végétation et de réviser la modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques qui avait été réalisée au début du projet.

Une expertise de l'OEIL a été réalisée en 2013 sur cette thématique afin d'évaluer la pertinence du suivi symptomologique. Les résultats de cette expertise sont détaillés dans la partie « amélioration du protocole ».

7. 2. 2. Objectifs

L'objectif de ce suivi est de caractériser les potentiels impacts des émissions atmosphériques de l'usine de VALE NC sur la végétation.

7. 2. 3. Protocole

Le suivi mis en place par VALE NC comprend 29 stations (Figure 14) sur lesquelles des mesures de SOx et de NOx (par capteurs passifs), des prélèvements de feuilles pour analyses chimiques et des observations de dégradations foliaires sont effectuées. Sur ces 29 stations, seules 24 sont suivies au niveau de la flore (les stations 7, 19, 20, 28 et 29 ont été exclues, elles sont seulement suivies avec des capteurs passifs. La raison de leur exclusion n'est pas mentionnée dans les documents à disposition).

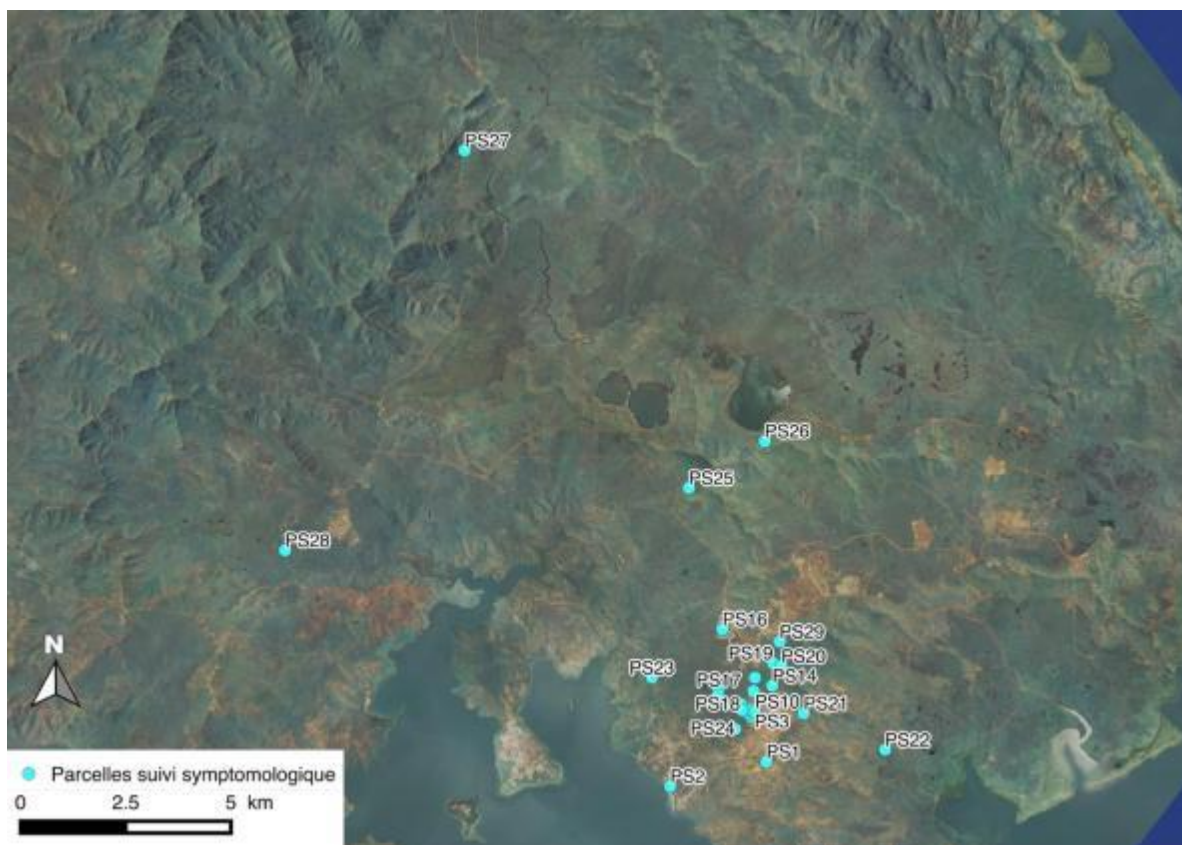


Figure 14: Localisation des stations de suivi symptomatique de la flore

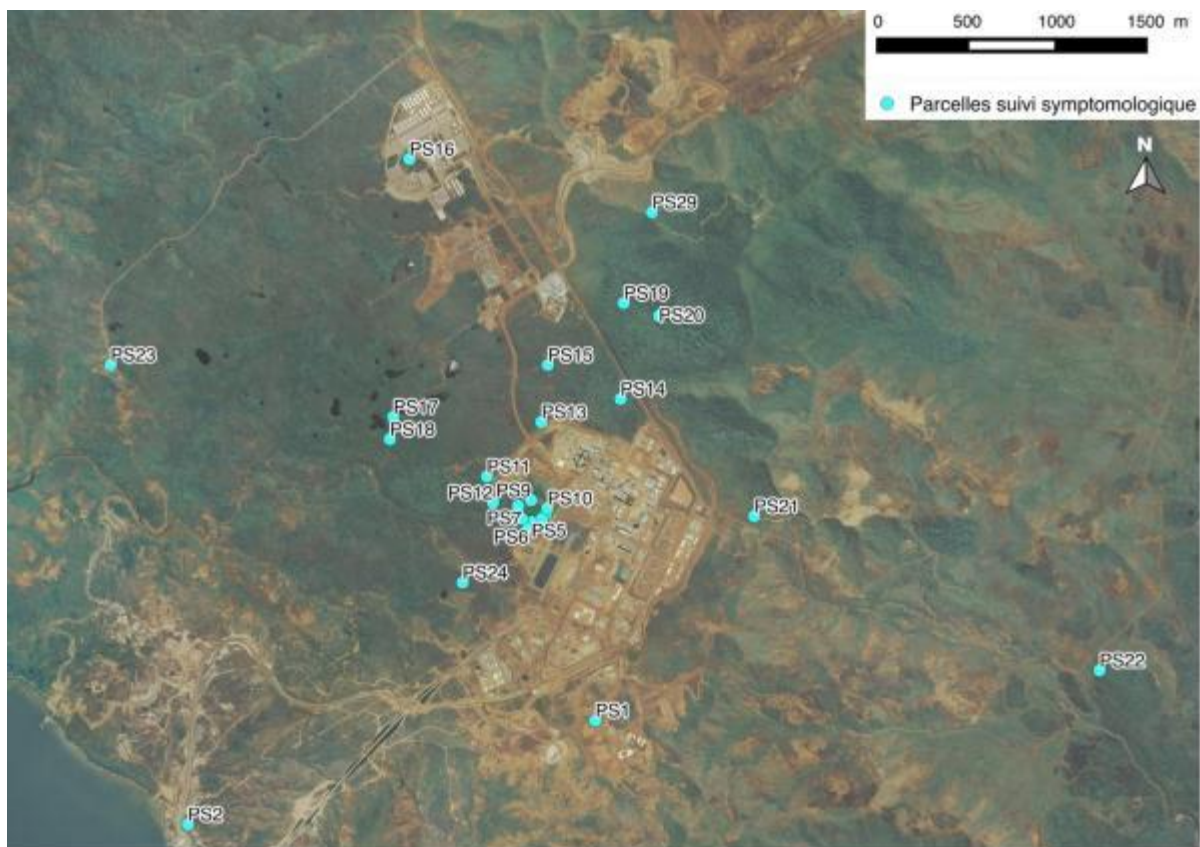


Figure 15: Localisation des stations de suivi symptomatique de la flore (agrandissement autour de l'usine et de la base vie).



Figure 16: Localisation des stations de suivi symptomologique de la flore (agrandissement de la zone ouest de l'usine).

Pour chaque station, une à plusieurs espèces sont observées (parmi les 11 initialement identifiées comme étant indicatrices d'impacts de polluants atmosphériques) afin d'identifier des symptômes tels que des chloroses, nécroses ou déformations. Ces relevés sont effectués tous les mois et nécessitent 2 jours de travail pour 3 personnes. Par ailleurs, pour chaque station, un échantillon foliaire de 50g est prélevé sur 2 espèces sélectionnées dans le guide de suivi des symptômes. Ces analyses se focalisent sur le soufre et l'azote total, témoignant de possibles pollutions aux NOx et SOx.

7. 2. 4 Résultats

- Symptômes foliaires

VALE NC considère qu'une station est impactée lorsqu'au moins 2 espèces présentent des symptômes généralisés (chlorose, nécrose ou déformation). Entre mai 2012 et mars 2013, 14 stations d'observations sur les 24 présentaient au moins 2 espèces indicatrices avec des symptômes. Les stations concernées sont PS 15, 01, 17, 18, 23 ainsi que PS 03 à PS 13 hors PS 07 et PS 08. Toutes ces stations sont situées entre 200 et 2750 m à l'Ouest de l'usine à l'exception de la station PS 01 située à 1050 m au Sud de l'usine. Les résultats des observations sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Résultats du suivi des symptômes foliaires. Les cases vertes correspondent aux stations où l'espèce est suivie. Les cases cochées correspondent aux stations où l'espèce a présenté des symptômes. Les cases orange correspondent aux stations impactées (Vale NC, 2013).

Distance à la source	Station	Orientation par rapport au source	Espèces suivies											Pourcentage d'espèces suivies ayant présenté des symptômes par station (%)	Nombre d'espèces avec symptômes par catégorie de station
			<i>Arillastrum gummiferum</i>	<i>Garcinia spp</i>	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	<i>Cordia spatulata</i>	<i>Tristanopsis guilainii</i>	<i>Guioa glauca</i>	<i>Lomandra insularis</i>	<i>Montrouziera sphaeroidea</i>	<i>Styphelia spp</i>	<i>Machaerina deplanchei</i>		
PROCHE	3	W				X		X		X		X		57	9
	4	W				X	X			X		X		67	
	5	WSW		X			X		X	X		X		71	
	6	WSW		X		X	X			X		X		71	
	8	W												0	
	9	W		X			X			X		X		67	
	10	W					X			X	X	X		44	
	11	WNW		X		X	X		X	X		X		75	
	13	NNW						X		X	X	X		80	
	14	NNE												0	
	24	WSW												0	
	12	W	X				X		X	X		X		56	
MOYENNE	1	S				X	X			X		X		57	7
	15	NNW					X			X		X		50	
	17	NW		X			X	X		X		X		71	
	18	NW		X			X	X		X	X	X		75	
	21	E												0	
	27	NNW												0	
LOIN	2	SSE												0	5
	16	NNW												0	
	22	ESE												0	
	23	WNW				X		X		X	X	X		71	
	26	N												0	
	25	NNW												0	
Pourcentage de stations impactées suivies avec symptômes sur l'espèce considérée (%)			100	67	0	60	100	63	43	100	67	100	0		

Le fait pour une station d'être considérée comme étant à une distance « proche, moyenne et loin » est défini dans les rapports de Vale NC par sa capacité à être impactée faiblement ou fortement par les polluants atmosphériques. Ceci prend en compte l'éloignement de la station à l'usine mais aussi si la station est au vent ou sous le vent. Par contre, il n'a pas été possible de retrouver dans le rapport de VALE NC, des caractéristiques fixées pour définir ces stations. Il serait opportun de bien spécifier quelles sont les caractéristiques des stations permettant de les classer comme étant « proche, moyenne ou loin ».

Il est à noter que la station 27 est considérée comme étant à une distance moyenne de l'usine. Celle-ci se trouve au niveau du Pic du Pin, zone relativement éloignée de l'usine.

- Analyses foliaires

Les résultats des analyses chimiques foliaires réalisées en mai, août et novembre 2012 montrent que cinq stations, PS 08, 04, 05, 06, 10 ont présenté des concentrations moyennes en soufre foliaire supérieures à 2500 mg/kg (valeur supérieure à la concentration des stations témoins qui se situent aux alentours de 1400 à 800 mg/kg). La station PS 08 a présenté une concentration moyenne beaucoup plus élevée que le reste des stations avec une teneur particulièrement élevée pour *Pagianta cerifera* (Apocynaceae) (Figure 17). Des teneurs élevées ont également été enregistrées pour cette espèce lors du suivi de l'état de santé de la flore sur Forêt Nord depuis 2007 (VALE NC, 2013). Ce suivi ayant débuté avant la mise en service de l'usine suggère que cette espèce possède des teneurs naturellement élevées en soufre.

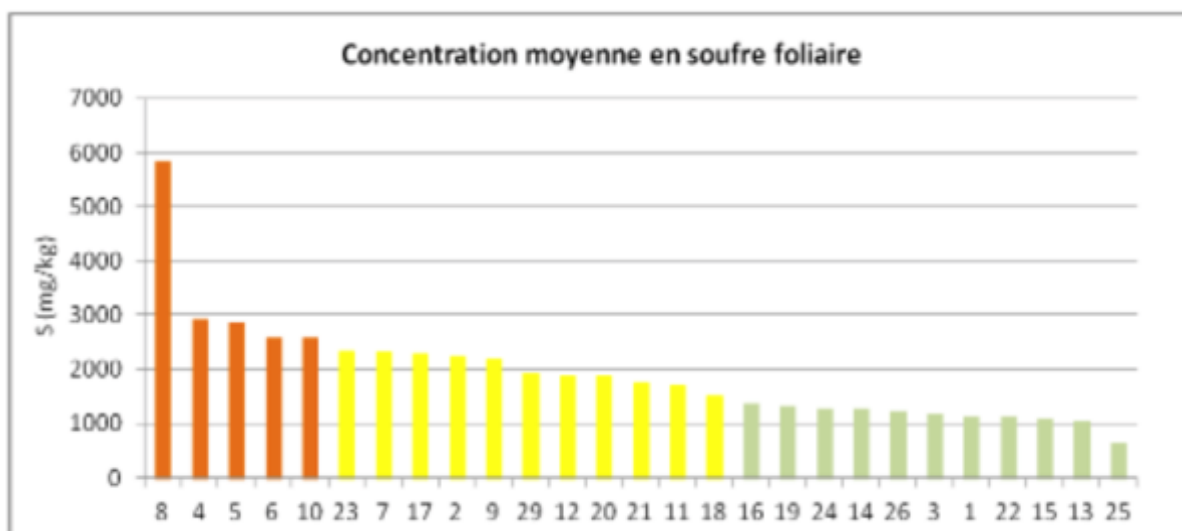


Figure 17 : Concentration moyenne en soufre foliaire par station pour toutes les espèces. Moyenne réalisée sur les 3 campagnes d'échantillonnage (mai, août et novembre 2012) (Vale NC, 2013).

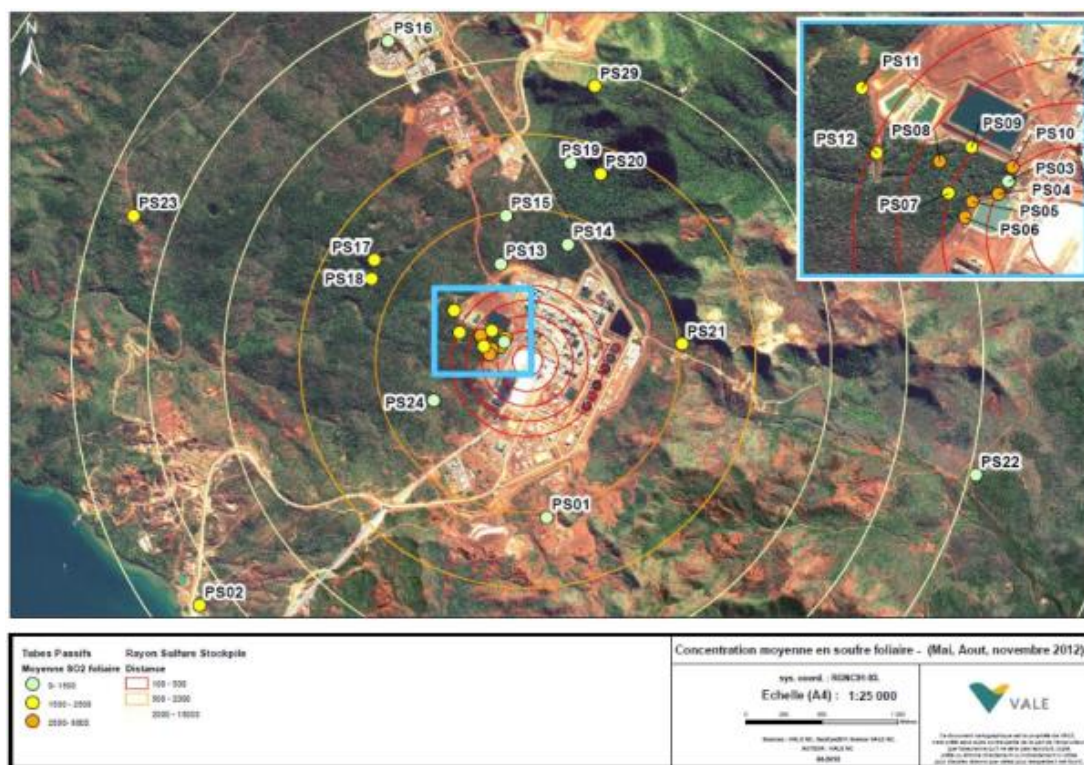


Figure 18 : Représentation spatiale des concentrations moyennes en soufre foliaire par station. Moyenne réalisée sur les 3 campagnes d'échantillonnage : mai, aout, novembre 2012(Vale NC, 2013).

Au niveau de l'évolution des concentrations moyennes en soufre foliaire entre les différentes dates de prélèvement (mai, août, novembre 2012), aucune différence significative n'a pu être relevée au niveau des valeurs moyennes (entre 1890 et 1950 mg/kg).

Au regard de l'azote, les résultats des analyses chimiques foliaires ont montré que les cinq stations ayant présenté les concentrations de cet élément les plus élevées - soit supérieures à 1 % en azote total - sont toutes des stations forestières (Figure 19). Les stations concernées sont PS 08, 20, 14, 07 et 09.

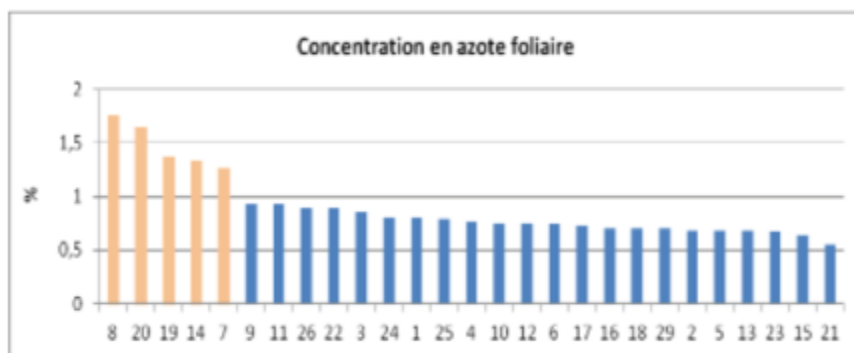


Figure 19 : Concentration moyenne en azote foliaire par station. Moyenne réalisée pour les 3 campagnes d'échantillonnage : mai, aout, novembre 2012 (Vale NC, 2013).

Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les teneurs en azote total mesurées en mai, août et novembre 2012. La teneur moyenne minimale a été mesurée en août avec 0,88 % et la teneur maximale a été mesurée en mai avec 0,90 % d'azote.

- Comparaison entre les concentrations du soufre de l'air et des feuilles entre stations impactées et non impactées.

- Pour le soufre

En mettant en relation les concentrations de ces éléments dans l'air (mesurées par échantillonneurs passifs) et dans les feuilles aux stations définies comme impactées au niveau des symptômes foliaires, certaines tendances se dégagent. On observe que la concentration moyenne en SO_2 de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparaît significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptôme.

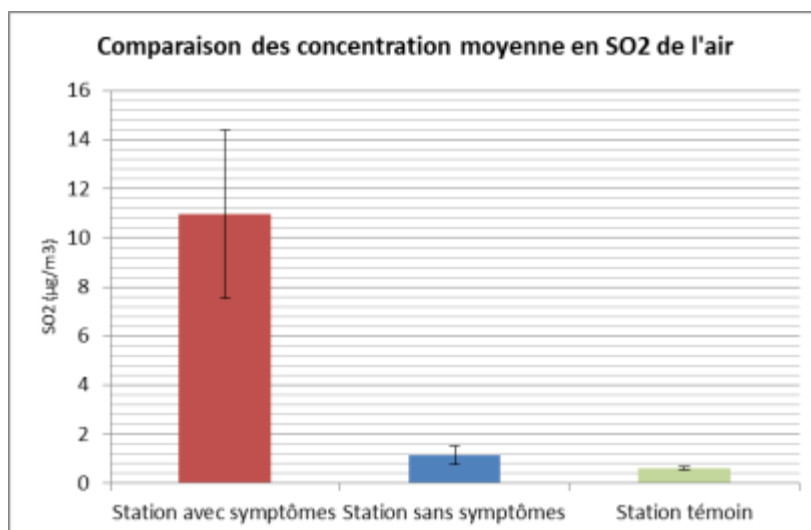


Figure 20: Comparaison des concentrations moyennes en SO_2 de l'air par type de station : Stations avec et sans symptômes et stations témoins (catégorie « LOIN ») pour toutes les campagnes d'observation (mai, août, novembre) (Vale NC, 2013).

A *contrario*, aucune différence significative ne peut être identifiée entre les concentrations en soufre des feuilles des stations impactées de celles non impactées. Il y a toutefois une augmentation non significative des concentrations des stations impactées pour cet élément.

- Pour l'azote

La concentration moyenne en NO_2 de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparaît significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptômes. Toutefois aucune

différence significative n'a été mise en évidence entre le pourcentage moyen d'azote foliaire des sites avec symptômes et la teneur des sites sans symptôme.

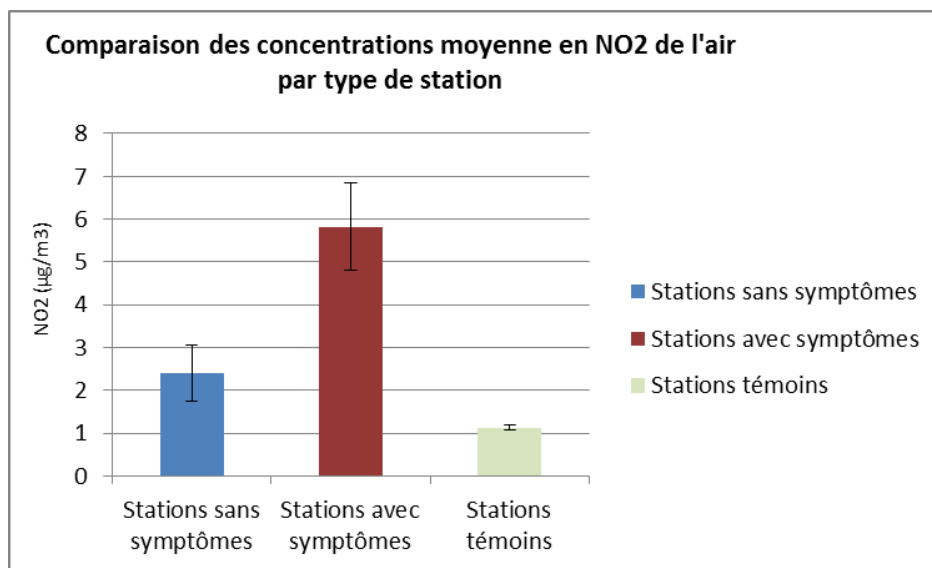


Figure 21 : Comparaison des concentrations moyennes en NO2 de l'air mesurées par type de station : Stations avec symptômes, sans symptômes et stations témoins (Vale NC, 2013).

En terme de présentation des résultats, il serait pertinent pour les figures montrant les valeurs en S et N de chaque station, de les classer par catégorie de station (Loin, moyen, proche).

7. 2. 5. Améliorations possibles

Plusieurs remarques peuvent être faites sur ces suivis pour réduire le nombre de biais dans cette étude et améliorer sa robustesse. Premièrement, les emplacements des stations ont été calqués sur ceux des stations de mesures atmosphériques. De ce fait, le cortège d'espèces n'est pas forcément similaire dans chaque station, allant d'une à neuf espèces suivies, rendant difficile la comparaison au sein d'une espèce et entre les stations. Par ailleurs, les différentes espèces suivies sur ces parcelles ne font pas l'objet d'un marquage pour chaque individu, ce qui introduit un biais dans l'analyse des résultats, d'autant plus qu'aucun nombre d'individus n'est défini pour chaque parcelle⁹. Il est aussi important de noter des difficultés opérationnelles telles que la hauteur de la canopée et le biais inter-opérateur sur l'analyse des symptômes.

⁹ De récents échanges avec les équipes de Vale NC semblent indiquer que les pratiques de suivi ont évolué, avec la réalisation d'un marquage des individus suivis. Cette information reste à confirmer.

Par ailleurs, il serait aussi opportun de standardiser le nombre de stations de suivis en fonction du type d'habitat et des classes d'éloignements afin de pouvoir effectuer des analyses statistiques de ces résultats.

En reprenant les premiers résultats de ce suivi, il est important de noter qu'il n'est pas possible d'identifier la limite à partir de laquelle plus aucun symptôme ne peut être observé sur la végétation (la station 23 la plus éloignée sous le vent est signalée comme étant impactée). Il est donc primordial d'identifier la surface totale impactée. Par ailleurs, il serait nécessaire de réfléchir s'il est pertinent de garder la limite de 2 espèces impactées pour qualifier une station atteinte. Ce paramètre permet uniquement de mettre en évidence si une station est considérée comme étant impactée ou non. Il serait intéressant de pouvoir quantifier l'impact sur chaque station de suivi afin de mettre en évidence de possibles dégradations ou améliorations de l'état de santé de la végétation de manière graduelle pour avoir une meilleure idée de l'impact réel.

Au niveau des analyses foliaires, il se pose le biais de comparer entre stations ou groupe de stations des espèces différentes qui ne vont pas assimiler ces éléments de la même manière. Au mieux, il faudrait toujours effectuer ces mesures sur 2 ou 3 espèces identiques pour chaque station. Il est toutefois difficile de trouver ces espèces sur chaque station. Le choix des stations aurait pu être déterminé par le cortège floristique, la distance à l'usine ainsi que la direction des vents dominants.

7. 2. 6. Bibliographie

SoREco-NC (2013) Suivi des symptômes foliaires à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie. Compte rendu de mission. 11p.

VALE NC (2013) Protocole de suivi de la végétation exposée aux émissions atmosphériques de l'usine de VALE NC. 12p.

VALE NC (2013) Surveillance symptomologique de la flore endémique sur 27 stations d'observation situées aux alentours de l'usine de VALE NC : Bilan de Février 2012 à Mars 2013. 22p.

7. 3. Suivi des Massifs Forestiers d'Intérêt Prioritaire (MFIP) par télédétection.

7. 3. 1. Contexte

Dans le cadre du suivi des émissions atmosphériques de l'usine hydrométallurgique de VALE NC, un suivi de la dégradation du couvert forestier par télédétection a été initié en 2013.

7. 3. 2. Objectifs

L'objectif de ce suivi est de pouvoir quantifier la surface de végétation impactée par les pollutions atmosphériques par télédétection.

7. 3. 3. Protocole

Un ensemble de 27 massifs forestiers ont été sélectionnés.



Figure 22 : Localisation des 27 massifs forestiers d'intérêt prioritaire (MFIP) autour de l'usine VALE NC (Bluecham SAS, 2014)

Pour chacun de ces massifs, un ensemble d'images satellitaires a été utilisé. Grâce à ce suivi, il est possible de définir la surface de couvert forestier impactée (définie par la détection d'arbres morts) mais aussi la dynamique de la végétation. Cette dernière est calculée à partir de l'indicateur synthétique d'évolution de la végétation (ISEV¹⁰) qui indique la tendance d'évolution de la végétation à une date donnée par comparaison avec l'observation précédente. Il est calculé au 1/5000, à l'échelle d'un individu ou d'un groupe d'individus. L'ISEV varie de -1 à 1. Une valeur de 0 indique qu'il n'y a eu aucun

¹⁰ Indice composite s'appuyant sur l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) et d'autres indices.

changement de la dynamique de la végétation. Une valeur d'ISEV de -1 correspond à un défrichement total et de +1 à une revégétalisation d'un sol nu.

7. 3. 4 Résultats

- Dégradation du couvert végétal

L'évolution des impacts indique une progression de ceux-ci entre 2009 et 2011 en marche d'escalier avec un premier palier mi 2010 et un second palier mi 2011. Le maximum d'impact sur l'ensemble des massifs est atteint entre mi 2011 et mi 2012 avec 10,7 % de surfaces impactées et 2,58 % de surfaces très impactées (soit un total de 13,28 % de surfaces impactées tout type confondu).

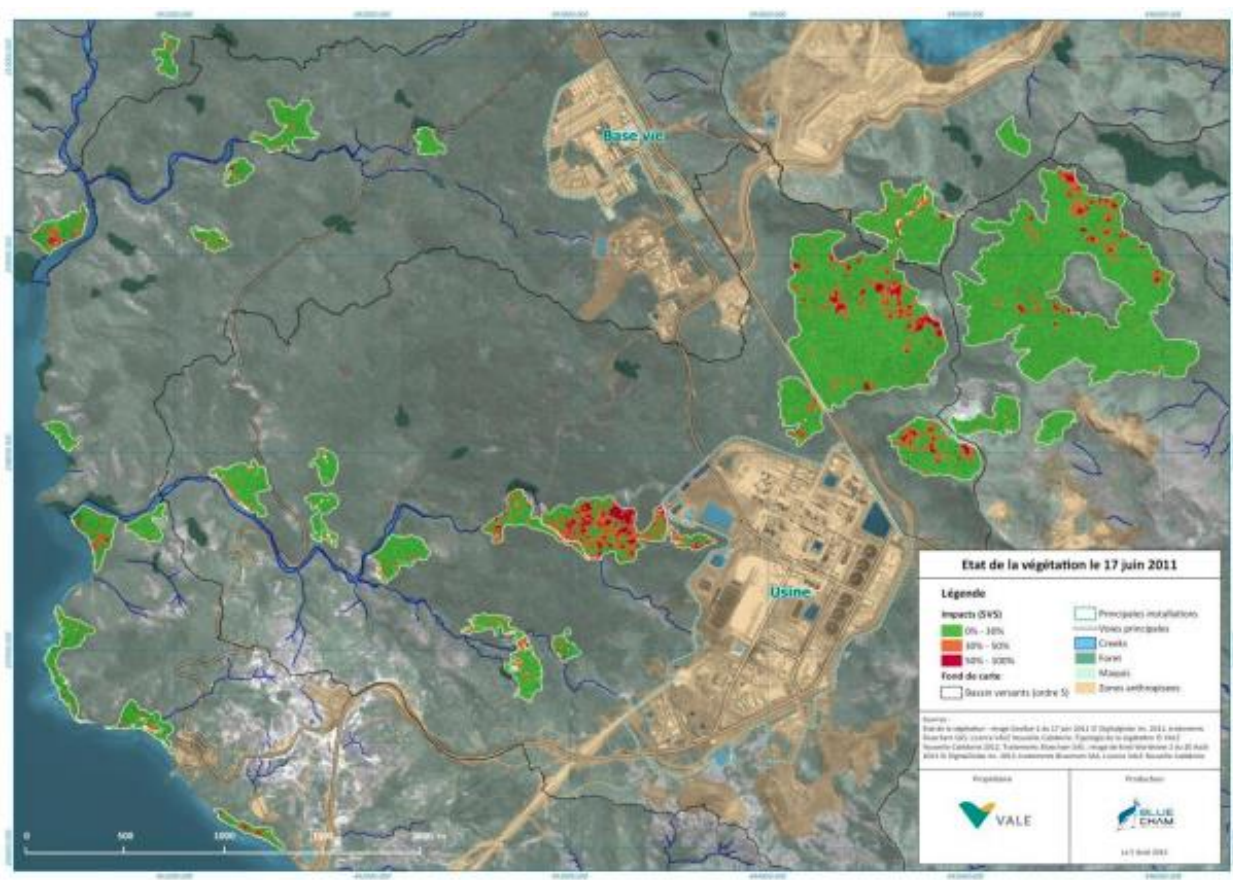


Figure 23 : Etat de la végétation en juin 2011 (Bluecham SAS, 2014).

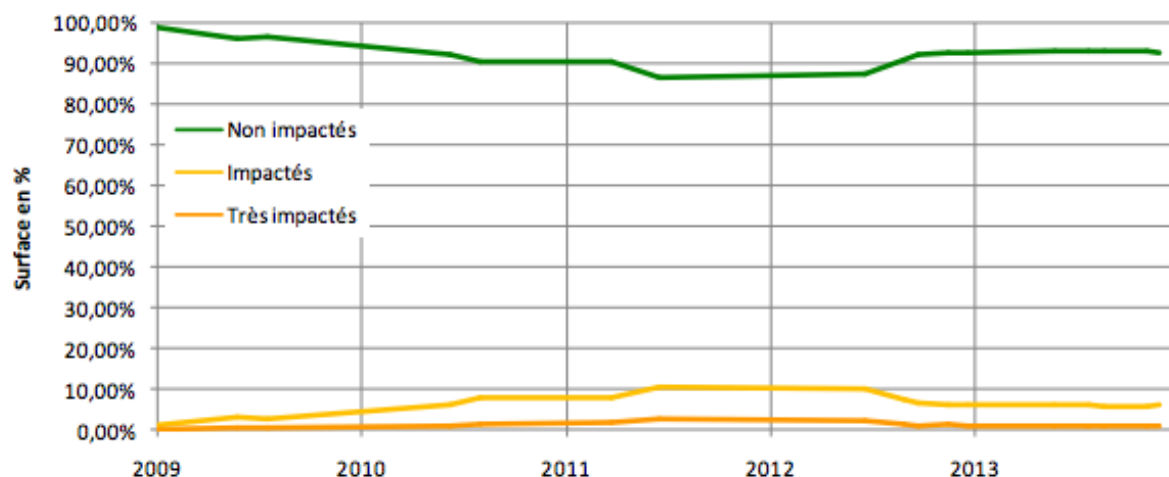


Figure 24 : Evolution globale des impacts entre 2009 et 2013 (Bluecham SAS, 2014).

Mi 2012, les impacts diminuent d'abord fortement puis se stabilisent rapidement avec une diminution légère mais régulière de 0.3 à 0.4 % par an entre fin 2012 et fin 2013. Le 28 novembre 2013, les secteurs impactés représentent 6,04 % de la surface totale des massifs forestiers et les secteurs très impactés 1,04 % de la surface totale des massifs forestiers.

Il est possible de séparer les massifs forestiers en 4 groupes

- Massifs présentant peu ou pas d'impact. Ces massifs présentent des superficies impactées inférieures à 10% et une courbe plate sur la période de monitoring. Cette catégorie comprend le massif U10 (Forêt de référence), U8, U12, U18, U19, U15, U25, U24. Le massif U3, peut être placé dans ce groupe malgré que la superficie impactée atteigne 20 % ; celle-ci est en effet présente dès le début du suivi et tend à disparaître à partir de la fin de 2012.
- Massifs impactés présentant un maximum d'impact en 2010. Ces massifs présentent un pic d'impact principal en 2010. Celui-ci peut être suivi par un pic secondaire en 2011. Les superficies maximales impactées de ces massifs sont comprises entre 10 % et 35 %. Tous ces massifs présentent à partir de fin 2012 une diminution plus ou moins prononcée des surfaces impactées ; les superficies impactées sont alors comprises entre 0 et 20 %. Ce groupe comprend les massifs U6, U7, U9, U14, U17, U21, U22, U26.
- Massifs impactés présentant un maximum d'impact en 2011. Ces massifs présentent un seul pic d'impact en 2011. Les superficies maximales impactées de ces massifs sont comprises entre 8 % et 25 %, chiffres inférieures au groupe précédent. Tous ces massifs présentent à partir de fin 2012 une diminution légère des surfaces impactées ; les superficies impactées sont alors

comprises entre 0 et 20 %. Ce groupe comprend les massifs U2, U5, U11, U13, U16, U20, U23, U27.

- Massifs très impactés. Les massifs impactés présentent des valeurs maximales d'impact comprises entre 40 et 50 %, le maximum d'impacts étant observé en juin 2011. Ces massifs présentent ensuite une légère diminution des surfaces impactées à partir de 2012. Actuellement, ces massifs présentent des surfaces impactées comprises entre 40 et 50 %. Ce groupe comprend uniquement 2 massifs forestiers : U1 et U4 (massifs directement à l'ouest de l'usine). On observe un léger décalage des courbes d'impacts entre ces 2 massifs : U1 présentent une plus forte progression des impacts entre 2009 et 2010 alors que U4 présente une forte augmentation des impacts entre 2010 et 2011 avec un premier palier en 2010.

- Dynamique de la végétation

Les variations globales de l'ISEV pour l'ensemble des massifs forestiers présentent :

- Une période de reprise en mai 2009 ;
- Une période stable de juillet 2009 à juin 2010 ;
- Une période de reprise plus marquée entre août 2010 et mars 2011 ;
- Un pic de déclin en juin 2011 ;
- Suivi d'une reprise faible à modérée entre juin et décembre 2012 ;
- Début 2013, la dynamique de la végétation est stable et connaît depuis novembre 2013 une très faible reprise.

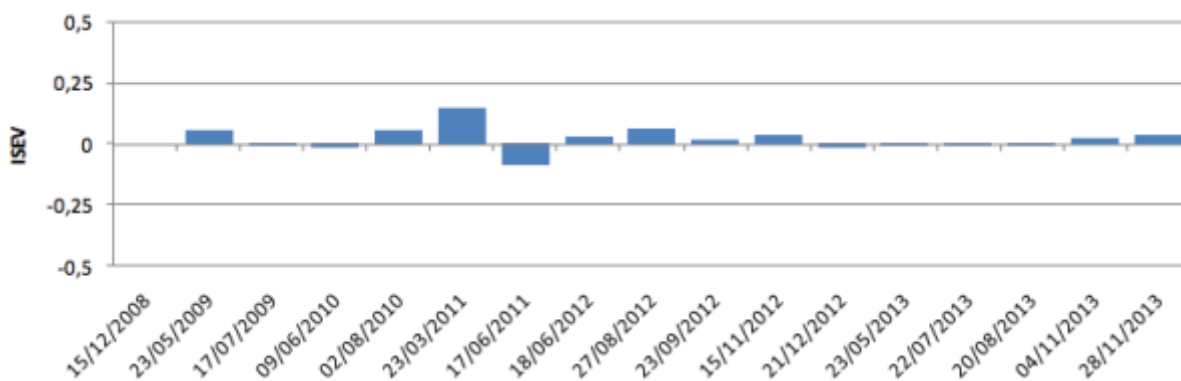


Figure 25 : Evolution globale de l'ISEV entre décembre 2008 et novembre 2013 (Bluecham SAS, 2014).

Chaque massif présente une dynamique spécifique. Toutefois, les principales différences observées entre les massifs forestiers portent sur :

- La présence d'une période de déclin antérieure à 2010 (par exemple sur les massifs forestiers autour du col de l'antenne) ;
- La présence d'une période de déclin en 2010 (juin - août, tels que les massif U1 et U4) ;
- L'intensité et la durée de la période de reprise en 2012.

En Novembre 2013, l'ISEV de tous les massifs de la zone indique une dynamique de stabilité.

7. 3. 5. Améliorations possibles

A l'heure actuelle, l'outil de détection des dégradations sur la végétation semble pertinent. Il serait opportun de maintenir une veille technologique en vue du perfectionnement de l'indicateur ISEV exploité. Toutefois, l'impact de la saisonnalité n'est pas traité dans ce suivi. Par ailleurs, il serait opportun de détailler plus précisément comment l'indicateur ISEV est construit, afin de pouvoir vérifier sa pertinence et les tendances identifiées.

Il pourrait être nécessaire d'étendre ce suivi à d'autres massifs forestiers d'intérêt comme les formations forestière et pré-forestière à proximité de la mine qui pourraient être exposées à des perturbations du réseau hydrique notamment dans un réseau pseudo-karstique complexe ou encore les impacts des dépôts de poussières provenant des installations minières. Par ailleurs cet outil doit être couplé à des observations de terrain pour statuer sur l'origine des modifications qui sont mesurées.

7. 3. 6. Bibliographie

Bluecham SAS (2014) Suivi des Massifs Forestiers d'Intérêt Prioritaire (MFIP) : état actuel du suivi, guide de lecture et fiches de suivi.

7. 4. Suivi de l'herpétofaune dans les réserves provinciales à proximité du projet industriel de VALE NC

7. 4. 1. Contexte

Peu de données sont disponibles sur ce compartiment de la biodiversité terrestre. Plusieurs suivis ont été effectués dans les réserves provinciales (Pic du Pin, Pic du Grand Kaori et Forêt Nord) entourant le site industriel. Ces suivis ont débuté en 2007 et depuis 2009, ils ont une fréquence annuelle. Malheureusement, ces données n'ont pas été mises à disposition par l'industriel pour la présente revue bibliographique. Toutefois, certains résultats sont synthétisés dans le suivi environnemental 2008 au premier semestre 2010 réalisé par VALE NC. Il a aussi été possible de

consulter en avril 2015 les résultats du plan de suivi de l'herpétofaune de quatre forêts du Grand Sud (les 3 réserves plus la forêt du SMLT). De ce fait, il est possible de retracer des résultats des années 2010, 2011, 2012, et 2013. Par ailleurs, un suivi sommaire est effectué sur l'espèce sensible *Lacertoides pardalis*. L'ensemble de ces éléments est synthétisé dans les paragraphes suivants.

7. 4. 2. Objectifs

Les campagnes de surveillance de ces sites forestiers ont pour objectif d'observer le peuplement de lézards de diverses stations afin d'évaluer les impacts potentiels (directs et/ou indirects) du projet industriel et minier sur l'herpétofaune de la zone.

7. 4. 3. Protocole

Des états initiaux ont été réalisés en 2003, 2004 et 2006. Par la suite, un suivi a été réalisé en 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 et 2013.

Le suivi de l'herpétofaune dans les réserves provinciales (Forêt Nord, Pic du Pin, Pic du Grand Kaori) ainsi que dans la forêt du SMLT (depuis 2013) est réalisé grâce à 2 types de procédés, à savoir :

- 2 transects de 200m de long dans chaque site (2 x 3 sites), espacés de 30 m chacun ;
- 10 pièges-puits placés sur chaque transect, espacés de 20 m chacun.

La figure suivante illustre l'emplacement des parcelles de suivi.

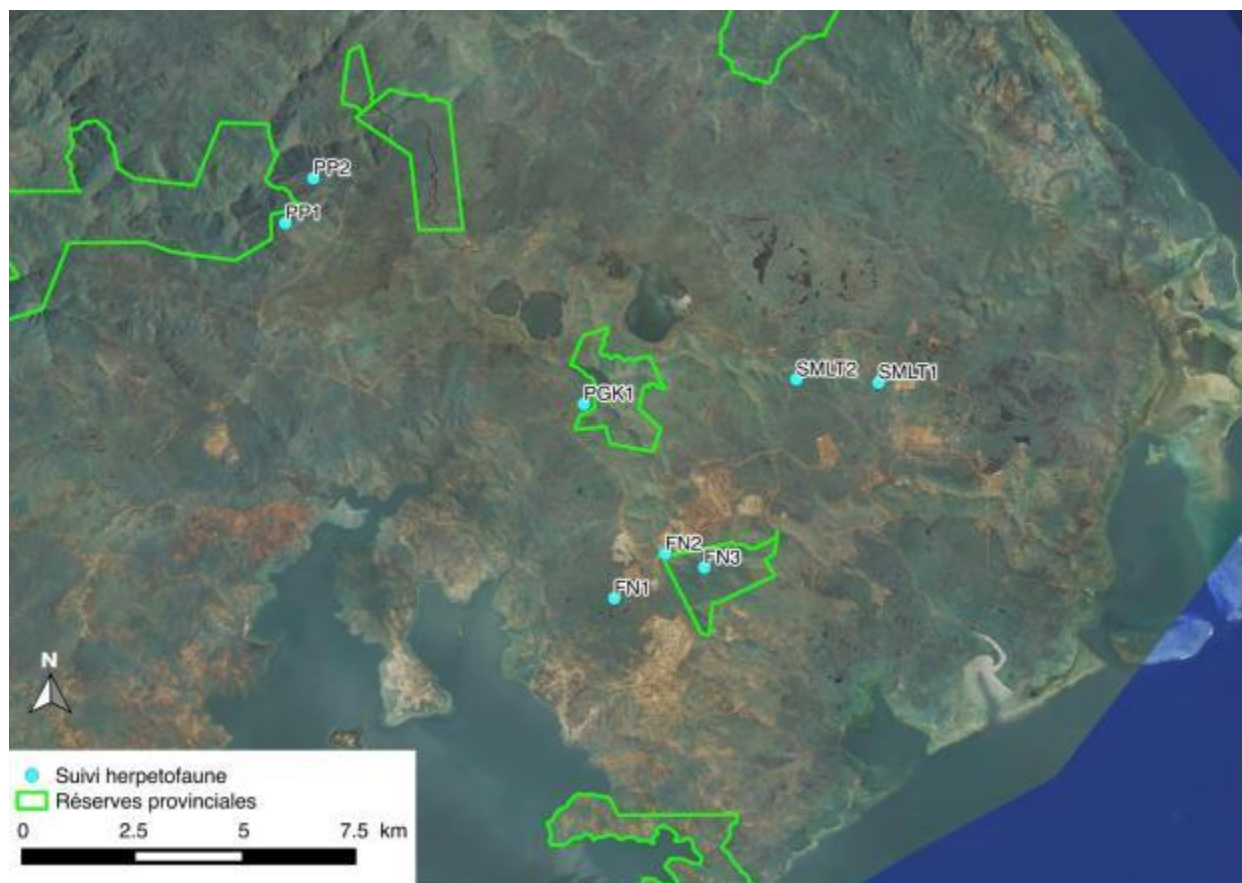


Figure 26 : Localisation des stations de suivi herpétologique (une des stations du Pic du Grand Kaori n'a pas pu être localisée par manque de coordonnées)

Trois méthodologies complémentaires de recensement sont utilisées pour le suivi des populations de lézards des forêts humides :

- recherche de jour (Day Search) : cette méthode consiste à marcher le long de chacun des 2 transects de 200 m, à 2 personnes, chacune de part et d'autre du transect, au minimum à 5 m l'une de l'autre, regardant, chacun de son côté jusqu'à 10m. Chaque transect est parcouru sur une durée de 30 minutes, aux heures les plus chaudes de la journée (entre 9h et 15h). L'effort de recherche est au final de 2 heures par site (2 personnes x 30 minutes x 2 transects). Cette méthode permet le recensement des espèces actives de jour.
- pièges puits (pitfalls) : cela consiste à placer le long de chacun des 2 transects de 200m, dix seaux de 5L (L : 216mm, H : 181 mm) dans le sol, percés de plusieurs trous pour l'évacuation de l'eau de pluie, avec quelques feuilles déposées au fond du seau pour prévenir de la prédation et/ou du dessèchement des animaux. Ces seaux sont vérifiés une fois par jour pour collecter et relâcher le ou les animaux capturés. Cette méthode est indispensable pour recenser les espèces discrètes et fouisseuses.

- recherche de nuit (Spotlighting) : elle permet d'observer les espèces nocturnes grâce à la réflexion oculaire des geckos, lorsqu'un faisceau lumineux est dirigé vers l'animal. La détection est réalisable grâce à un système constitué d'une torche frontale fixée à une paire de jumelles (8 x 40 Wide angle). La canopée moyenne est scannée par un observateur à partir de 2m jusqu'à 10m de haut (au-delà, l'identification de l'espèce est impossible). Un deuxième observateur scrute la strate arbustive, de 0 à 2-3m de hauteur pour l'observation d'éventuels geckos. Les prospections nocturnes sont réalisées entre les points 5 et 15 de chaque transects (soit 100 m parcourus) au cours de 30 min. Ici encore, l'effort de recherche est de 2 heures (2 personnes x 1/2 heure x 2 transects).

En supplément, tous les lézards contactés hors du transect sont notés « Opportunistes ». Au début de chaque session, l'humidité, la température, la nébulosité et la vitesse moyenne du vent sont notées grâce à un appareil de mesure multifonctions de type thermohygromètre (marque Kestrel 3000). Les recherches de jour et de nuit ainsi que celles liées aux pièges-puits sont interrompues et reportées en cas de fortes pluies ; si cela arrive en cours de recherche, les résultats obtenus avant l'interruption ne sont pas comptabilisés et la recherche est recommencée. En 2007, les 3 méthodes ont été appliquées sur les 3 réserves. En 2008, des tests avec des pièges-puits équipés de barrières ont été réalisés en Forêt Nord. Celles-ci permettent de bloquer les lézards passant à moins d'un mètre du piège pour les obliger à contourner la barrière soit en direction du piège, soit vers l'extérieur. Cette technique a été éprouvée dans de nombreuses études de reptiles dans le monde (Mott et al., 2010 ; Greenberg & Waldrop, 2008 ; Watling & Donnelly, 2008) et est recommandée afin d'optimiser la détection d'espèces (Ryan et al., 2002). En 2009, des « barrières de direction » ont été posées sur l'ensemble des transects des 3 forêts.

7. 4. 4. Résultats

Il est bon de rappeler que la réserve du Pic du Pin a été initialement choisie comme site témoin, de par son éloignement avec le site minier de VALE NC. Cela signifie que les variations d'abondance et spécifiques observées au cours des campagnes de surveillance sur ce site ne peuvent en aucun cas être attribuées à des impacts d'origines anthropogéniques de la part de VALE NC.

- Résultats globaux sur l'étude de l'herpétofaune

La Forêt Nord a recueilli un nombre d'espèces variant de 9 à 18 espèces, la forêt du Pic du Grand Kaori entre 4 et 12 espèces et celle du Pic du Pin entre 8 et 14 espèces.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des données entre 2004 et 2013.

Tableau 6 : Nombre d'espèces rencontrées au cours des différentes études menées sur les lézards des 3 réserves naturelles (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori, Pic du Pin) et sur la zone SMLT (suivi débuté en 2013)

	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Etat initial de l'ensemble du projet (Sadlier et Shea, 2004)	Etude des 4 réserves botaniques (Sadlier et Shea, 2006)	Test et mise en place du suivi (Sadlier et Swan, 2008)	Amélioration de la méthode de suivi par VALE NC	Suivi annuel des lézards par VALE NC	Suivi annuel des lézards par VALE NC	Suivi annuel des lézards par VALE NC	Suivi annuel des lézards par VALE NC	Suivi annuel des lézards par VALE NC
Forêt Nord	13	18	11	11	9	11	14	13	11
Pic du Grand Kaori	8	11	4	12	10	11	8	8	10
Pic du Pin	N/A	11	8	11	14	12	12	11	10
SMLT	-	-	-	-	-	-	-	-	8

Il est possible d'observer certaines variations dans le nombre d'espèces observées. Toutefois, il n'est pas possible à l'heure actuelle de mettre en évidence des changements dans les communautés de lézards en fonction des activités industrielles et minières de VALE NC.

- Résultat des suivis annuels

Tableau 7 : Espèces observées lors du suivi des populations de lézards des forêts humides des 3 réserves naturelles terrestres (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin) et pour la zone SMTL pour les années 2008 à 2013.

		Forêt Nord						Pic du Grand Kaori						Pic du Pin						SMTL
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013
Scinques	<i>Caledoniscincus atropunctatus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Caledoniscincus austrocaledonicus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Caledoniscincus festivus</i>													x	x	x	x	x	x	x
	<i>Caledoniscincus novocaledonicus</i>																			
	<i>Caledoniscincus sp.</i>			x	x	x				x	x					x				
	<i>Graciliscincus shonae</i>	x	x		x	x		x	x	x	x			x	x	x	x			x
	<i>Lacertoides pardalis</i>																			
	<i>Lioscincus nigrofasciolum</i>			x	x			x	x		x		x				x	x	x	x
	<i>Lioscincus tillieri</i>																			
	<i>Marmorosphax tricolor</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Nannoscincus mariei</i>		x							x		x		x	x	x	x	x		
	<i>Simiscincus aurantiacus</i>	x			x				x							x		x		
	<i>Sigaloseps deplanchei</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Tropidoscincus variabilis</i>					x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Geckos	<i>Bavayia cf. cyclura (goroensis)</i>																			
	<i>Bavayia geitaina</i>			x	x	x	x						x							
	<i>Bavayia robusta</i>	x																		
	<i>Bavayia cf. sauvagii</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		x				x	
	<i>Bavayia septuiclavis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Bavayia sp.</i>				x															
	<i>Eurydactylus symmetricus</i>														x					
	<i>Rhacodactylus auriculatus</i>	x	x	x	x	x	x	x						x	x					
	<i>Rhacodactylus leachianus</i>					x	x	x				x	x		x		x			
	<i>Rhacodactylus sarsinorum</i>	x		x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Rhacodactylus sp.</i>						x			x										
Nombre total d'espèces		11	9	11	14	13	11	12	10	11	8	9	10	11	14	12	12	11	10	9

Au regard de ce tableau, il est possible d'observer que certaines espèces apparaissent ou disparaissent des suivis d'une année à l'autre. Toutefois, ces variations ne peuvent, semble-t-il, pas être imputées à des changements d'origine anthropique, mais plus à des biais d'observations ou des différences de périodes d'observation.

- Forêt Nord

En Forêt Nord, une espèce de scinque *S. aurantiacus* et 2 espèces de geckos *B. robusta* et *R. sarasinorum* n'ont pas été observées d'une année à l'autre. En revanche, le petit scinque fouisseur *N. mariei* a été enregistré uniquement en 2009. En 2010, 2 espèces *Sigaloseps deplanchei* (34%) et *Bavayia cf. sauvagii* (36%) représentent à elles seules près de 70% de l'ensemble des espèces comptabilisées. De plus, près de 9% de la population est composée des 2 espèces communes de *Caledoniscincus* ; et le *Rhacodactylus auriculatus* représente à lui seul 9% de la population. Le reste de l'assemblage se partageant entre six autres espèces avec des proportions inférieures à 12 %. De 2011 à 2013, la tendance évolue, diminuant la proportion de *S. deplanchei* et de *B. sauvagii* de 52 % à 39 % respectivement de 2011 à 2013. A contrario les espèces *Caledoniscincus* voient leurs observations augmenter de 24 %, 35 % et 32 % respectivement de 2011 à 2013. Le *R. auriculatus*, lui, voit sa population fluctuer entre 7 et 10 % sur les 4 années d'études. Et 8 autres espèces se partagent les 12% à 18 % restant. Notons également l'apparition du grand gecko *Rhacodactylus leachianus* à partir de 2012, et la présence du gecko *Rhacodactylus sarasinorum* (dont le status IUCN est « En Danger ») sur Forêt Nord. Notons également que le petit gecko *Bavayia geitaina* (dont le status IUCN est « Quasi menacé ») a vu augmenter sa population en 2013.

- Pic du Grand Kaori

Dans la forêt du Pic du Grand Kaori, 3 espèces de geckos n'ont pas été trouvées en 2009 ; il s'agit de *B. cf. sauvagii*, *R. auriculatus* et *R. leachianus*. En revanche, une espèce supplémentaire vient compléter l'inventaire initial de la forêt du Pic du Grand Kaori, avec la détection de *Simiscincus aurantiacus* (dans un piège-puit). Cette découverte confirme le besoin de campagnes de surveillance annuelles et montre que les connaissances actuelles restent parcellaires même dans des milieux étudiés, comme ceux des réserves naturelles. En 2010 3 espèces, *C. atropunctatus* (25%), *Marmorosphax tricolor* (18%) et *S. deplanchei* (27%) se partagent 70% de la représentativité des lézards dans cette forêt. Le petit gecko *Bavayia septuiclavis* (classé « Quasi menacé » par la liste IUCN) se distingue en étant représenté à 12%. Cinq autres espèces complètent les 18% restant de la communauté de lézards du Pic du Grand Kaori. L'évolution des populations de Lézards est significative de 2010 à 2012, avec comme espèces principales les scinques *C. atropunctatus*, *M. tricolor* et *S. deplanchei*. Ces 3 espèces composent au total 90 % du cortège de lézards de la forêt en 2011, puis décroissent en 2012 (66 %) puis en 2013 (41 %). A l'inverse le *B. septuiclavis*, espèce endémique régionale (Bauer & Sadlier, 2000) non observée en

2011, est représentée à 16 % en 2012, et à 36 % en 2013. Huit autres espèces complètent le restant de la population de lézards avec des représentations croissantes de 10 %, 19 % et 23 % respectivement pour 2011, 2012 et 2013. On observe au cours de ces quatre années de suivi, une évolution de la communauté des lézards. Si en 2010 et 2011 3 espèces dominent dans la forêt du Pic du Grand Kaori, en 2012 et 2013 l'écart entre espèces dominantes et anodines se réduit, tendant à une homogénéisation des populations de lézards. Il est important de souligner, l'apparition des 2 geckos *R. leachianus* et *R. sarasinorum* entre 2012 et 2013. Rappelons que le gecko *R. sarasinorum* est classé « Vulnérable » par la liste IUCN.

- Pic du Pin

Dans la forêt du Pic du Pin, 3 nouvelles espèces sont enregistrées en 2009, *B. cf. sauvagii*, *E. symmetricus* et *R. leachianus*. Lors du suivi de 2010, quatre espèces dominent la population des lézards de cette forêt dont *C. atropunctatus* (18 %), *M. tricolor* (12 %), *S. deplanchei* (16 %) et *B. septuiclavis* (38 %). Totalisant 83 % de la communauté des lézards de cette forêt. Les 17 % restant sont répartis parmi 6 espèces de scinques et une autre espèce de gecko, qu'il est important de noter puisqu'il s'agit du gecko géant, rare et faisant l'objet d'une attention particulière dans ce suivi, *Rhacodactylus sarasinorum*, représente 3 % des individus recensés sur cette forêt. De 2011 à 2012, on a vu les espèces *C. atropunctatus* et *B. septuiclavis* dominer la communauté des lézards de la totalité des lézards recensés. Les scinques *M. tricolore* et *S. deplanchei* voient leur représentativité diminuée au profit d'une espèce émergente *Tropidoscincus variabilis*, espèce endémique régionale, (17 % en 2011 et 20% en 2012). Sept autres espèces composent la dernière part (10 %) de la communauté des lézards de cette forêt. Il est intéressant de noter, uniquement en 2012, l'émergence du scinque *C. austocalédonicus* (22 %). En 2013, les scinques *M. tricolor* (19 %) et *S. deplanchei* (22 %) voient leur population augmenter à l'instar de celle de *T. variabilis* (4 %). La tendance générale commence à s'inverser, la répartition des communautés de lézards de 2013 s'alignant à celle de 2010. Petite particularité concernant le gecko *R. sarasinorum*, espèce endémique régionale dite « Vulnérable », sa représentativité est relativement constante durant ces 4 dernières années, avec un pic en 2013, 6 % de la communauté de lézards de la forêt Pic du Pin.

- SMLT

Le premier suivi de la Forêt SMLT a débuté en 2013, n'ayant pas d'autres données, nous ne pouvons pas faire la même analyse que pour les 3 forêts précédentes. Les premières données nous permettent de faire un état initial de la zone. Nous pouvons donc voir que les 2 petits scinques *Caledoniscincus atropunctatus* et *Marmorophax tricolor* sont bien représentés dans cette forêt, avec 70 % des individus observés. Le petit scinque *Sigaloseps deplanchei* et le petit gecko *Bavayia septuiclavis*

(seul espèce de gecko aperçu lors des suivis) sont quant à eux représenté à 20 % chacun à l'intérieur de la forêt SMLT. Notons qu'ils sont tous les 2 considérés « Quasi menacé » par la liste IUCN. Les 10 % restant se répartissent parmi quatre espèces de scinques. Il est important de préciser que le petit scinque *Graciliscincus shonae*, classé « Vulnérable » par la liste IUCN, a été aperçu dans cette forêt.

De manière générale, il est possible de mettre en évidence que les suivis annuels de herpétofaune ont permis de montrer une augmentation du nombre de scinques et de geckos entre 2010 et 2012, autant en espèces communes que rares. Cependant le suivi lézards de 2013 montre une nette diminution du nombre d'individus et du nombre d'espèces observées. La variation du nombre de lézards observés d'une année sur l'autre n'est pas une conséquence directe de l'augmentation ou de la diminution du nombre de lézards, plusieurs facteurs peuvent entrer en ligne de compte, notamment la période d'observation ou les conditions météo (le suivi annuel de l'herpétofaune se concentre habituellement d'Octobre à Décembre de la même année). Le suivi lézards pour l'année 2013, a été effectué du mois d'Octobre au mois d'Avril de l'année suivante (soit environ six mois) à cause des mauvaises conditions météorologiques. Par ailleurs, les lézards sont sensibles aux conditions météorologiques de leur milieu. Si ces dernières évoluent significativement d'une année sur l'autre, il est possible que le nombre de lézards relevés évolue également. Au niveau de la période d'observation, elle sera optimale durant les mois les plus chauds de l'année. Malheureusement entre 2013 et 2014 une hausse de la pluviométrie a obligé les équipes de terrain à repousser régulièrement les études d'herpétofaune. Ainsi le suivi a dû se poursuivre jusqu'en Avril 2014, la période n'étant plus du tout optimale pour observer les lézards. Ce qui expliquerait la diminution des observations cette année-là.

7. 4. 5. Améliorations possibles

Les difficultés opérationnelles rencontrées pour la mise en œuvre des suivis de l'herpétofaune rendent les résultats peu exploitables en l'état pour détecter un éventuel impact des activités industrielles. Le suivi de cette composante de la biodiversité reste cependant important et des améliorations sur les protocoles doivent donc être portées. Les suivis doivent être réalisés chaque année à la même période, si possible, et sur un espace de temps assez court (sur 1 mois maximum). L'effort de recherche appliquée devrait être similaire chaque année, afin de comparer les résultats issus des différentes campagnes de surveillance. Le personnel de VALE NC qui effectue ces campagnes doit être compétent et rigoureux concernant l'effort de recherche à réaliser et il doit être formé à l'identification des lézards des sites de suivis.

A partir de l'année 2015, les campagnes de surveillance seront désormais reprises par un co-contractant spécialisé dans l'herpétofaune terrestre de Nouvelle-Calédonie. La disposition des pièges à fosse, qui, rappelons-le, sont séparés de 20 m chacun, se base sur une des méthodes d'échantillonnage

de la myrmécofaune. Au dire d'expert, les 200 m de transects ne sont guère appropriés à la mise en place d'un tel dispositif. Des transects plus courts (100 m, voire 50 m) seraient *a priori* tout aussi efficaces, requérant de ce fait un effort d'échantillonnage moins important. Cette modification de la méthode serait à tester. Il est toutefois nécessaire de s'assurer que ce changement méthodologique ne met pas en péril la comparabilité avec les données historiques. Par ailleurs, il serait intéressant de bien caractériser la pression des fourmis envahissantes sur les stations du suivi de l'herpétofaune.

7. 4. 6. Bibliographie

Bauer, A.M. and Sadlier, R.A. (2000) The Herpetofauna of New Caledonia. Society for the Study of Amphibians and Reptiles in cooperation with the Institut de recherche pour le Développement. Ithaca, New York. 310 pp.

Ryan, T.J.; T. Philippi; Y.A. Leiden; M. E. Dorcas; T.B. Wigley & J.W. Gibbons (2002) Monitoring herpétofaune in a managed forest landscape: effects of habitat types and census techniques. *Forest Ecology and Management* 167: 83-90.

Sadlier, R. A. & G. M. Shea (2004) Etude faunistique spécifique herpetofaune sur le site minier Goro Nickel proposé. *Australian Museum Business Service*.

VALE NC (2010) Suivi environnemental 2008 à premier semestre 2010. 123 p.

VALE NC (2014) Suivi de l'herpétofaune de quatre forêts du Grand Sud et proposition de mesures de conservation.

7. 5. Suivi de l'espèce sensible *Lacertoides pardalis*

7. 5. 1. Contexte

Lacertoides pardalis est une grande espèce de lézard calédonien, endémique de l'extrême sud de la Grande Terre (Bauer et Sadlier, 2000). À l'heure actuelle, cette espèce de scinque a une aire de distribution limitée à quatre localités :

- le mont Kwa Neie, avec 2 sous-populations distinctes - une dans la partie supérieure de la réserve de la Forêt Nord au lieu dit « col de l'antenne » (Sadlier et al., 1997 ; Sadlier et Shea, 2004 et 2006), la seconde détectée sur le site de la mine A1 – partie basse du Kwa Neie (se situant en dehors des limites de la réserve de la Forêt Nord), à environ 1,5 km au sud de l'antenne (distance orthodromique) dominant le Kwa Neie (Sadlier, 2009),

- le mont Ka Yé Wagwé, à l'ouest de la Plaine des Lacs,
- la réserve de la Montagne des Sources,
- la Rivière Blanche, au sein du Parc Provincial de la Rivière Bleue.

Les nouvelles sous-populations de *L. pardalis* de ces 3 dernières localités ont été enregistrées au cours de ces dernières années. Le gradient altitudinal de cette espèce est compris entre 250 et 900 m.

7. 5. 2. Objectifs

L'objectif de ce suivi est de recueillir des données d'occurrence sur cette espèce sur 2 sites. La mise en place de ce suivi se justifie par la distribution restreinte de cette espèce endémique située à proximité du site de VALE NC.

7. 5. 3. Protocole

Un premier site prend en compte les hauteurs de la Forêt Nord (route du col de l'antenne possédant 4 stations d'investigation). Le deuxième est la mine A1, une ancienne mine orpheline en cours de restauration qui comporte 2 stations de surveillance.

Le premier suivi a été effectué en août 2005. Cette première campagne est effectuée à vue, sans l'utilisation de pièges. Un second suivi a été réalisé en décembre 2008, un autre a eu lieu entre le 26 février et le 1^{er} mars 2013. Le protocole utilisé au cours de ces 2 dernières campagnes est la mise en place de pièges collants (55 pièges collants installés en 2008, 80 en 2013), en lien avec son comportement à fréquenter les zones enrochées. À la différence du suivi de 2013, celui réalisé en 2008 utilisait des appâts tels que de la pomme sur les pièges collants pour attirer ce reptile. De plus l'utilisation de pièges à trappes « Elliot » (utilisé pour capturer les petits mammifères) avec un morceau de pomme en guise d'appât avait été mis en place. Ces 2 techniques ont été abandonnées en 2013 car elles ne semblaient pas augmenter les chances de capture. Le suivi de cette espèce doit être réalisé tous les 4 ans.

7. 5. 4. Résultats

En 2005, 2 individus ont pu être observés au niveau du col de l'antenne. En 2008, 2 individus de *Lacertoides pardalis* ont été capturés sur le site de Forêt Nord sur pièges collants. Un autre spécimen a aussi été capturé sur la mine A1. En 2013, un seul spécimen a été collecté sur la mine A1.

Il est difficile de tirer des conclusions de ces résultats. Au regard du nombre de spécimens collectés et de l'effort de collecte, le taux de capture a été divisé par 5 entre les 2 campagnes de suivi.

Il est possible de constater une faible densité des sous populations de cette espèce, et cet élément rend les campagnes de surveillance problématiques. Il n'est pas possible de conclure sur une diminution du nombre d'individus sur la zone de Forêt Nord, d'autant plus qu'il n'est pas possible d'observer une modification dans la qualité de l'environnement, comme la dégradation de son habitat et l'impact de pollution particulière, chimique et/ou biologique, comme le montre les suivis de la végétation dans la zone.

Il est donc difficile de conclure sur l'évolution de la densité de cette espèce discrète et rare, dont le suivi est réalisé de surcroît sur un secteur limité.

7. 5. 5. Améliorations possibles

Afin d'optimiser les résultats de ce suivi, sans pouvoir garantir son succès, il est conseillé de prendre en compte les conditions météorologiques optimales (ensoleillement et température) pour effectuer les suivis. Par ailleurs il est important de considérer un nombre optimal de pièges collants pour optimiser les chances de capture et la qualité des stations d'échantillonnage. Les optimisations possibles pour ce type de suivi seraient de prolonger les périodes de capture. Une étude sur cette question pourrait être pertinente pour mieux adapter le programme de suivi.

Une nouvelle population de *L. pardalis* détectée sur les hauteurs de la zone dite « KO4 », en lisière de la réserve du Pic du Grand Kaori (détection en 2015), permettra de mieux concevoir la gestion de cette espèce.

Par ailleurs, au niveau de la conservation de cette espèce, il serait nécessaire de protéger ses habitats contre les incendies. En effet, un incendie récent survenu sur la mine A1 a mis en évidence l'extrême vulnérabilité de son milieu. Une vigilance particulière est à mettre en place pour éviter ce type d'impact.

Il est fort possible que ce suivi ne permette pas d'observer de variations dans l'abondance des populations en lien avec les activités industrielles et minières de VALE NC (nombre d'individus trop faible pour identifier des tendances). Ce suivi a donc un intérêt pour l'étude d'une espèce à forte valeur patrimoniale mais n'est pas pertinent pour la détection des potentiels impacts de VALE NC sur la biodiversité terrestre.

7. 5. 6. Bibliographie

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 NC. 14 p.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2009) Targeted survey for the rare regional endemic lizard *Lacertoides pardalis* at Forêt Nord.

Goro Nickel (2005) Premiers résultats du plan de suivi du *Lacertoides pardalis* sur le site du col de l'antenne. 11 p.

Sadler R. A., Shea G. M., & A. M. Bauer (1997) A new genus and species of lizard (Squamata, Scincidae) from New Caledonia, southwest Pacific. In : Najt, J. & Matile, L. (eds), *Zoologia Neocaledonica*, Vol. 4. Mém. Mus. Natn. Hist. Nat., 171 : 379-385. Paris.

7. 6. Suivi de l'avifaune sur le plateau de Goro

7. 6. 1. Contexte

L'avifaune néo-calédonienne est riche de 204 espèces dont 24 lui sont endémiques (F. Desmoulins, comm. pers., chiffres comprenant aussi les espèces migratrices). C'est une des plus riches du Pacifique et cette avifaune est relativement fragile à la vue des impacts subis par les milieux naturels. Certaines espèces sont même en voie d'extinction c'est pourquoi une vigilance toute particulière doit être menée dans leur suivi et leur préservation. De plus, l'avifaune par sa réactivité est le plus souvent le premier indice de la dégradation d'un milieu. Son suivi est donc nécessaire. Enfin la coévolution apparue entre les oiseaux de Nouvelle-Calédonie et la flore locale montre que nombre d'espèces végétales sont fécondées et disséminées par l'avifaune. De même, la disparition de certaines plantes peut être néfaste à la survie d'espèces de l'avifaune.

Le projet industriel et minier de VALE NC va provoquer des impacts sur la communauté des oiseaux du plateau de Goro et il est nécessaire de suivre l'évolution de la diversité et de l'abondance de cette communauté au cours du temps.

7. 6. 2. Objectifs

Ce suivi a pour objectif de suivre l'abondance et la diversité des communautés d'oiseaux indigènes du plateau de Goro au cours du temps afin de mettre en évidence tout changement en lien

avec le développement du projet minier et industriel de VALE NC. Ce suivi est effectué par le cabinet d'expertise ECCET. Les résultats suivants reprennent les résultats de ce suivi entre 2008 et 2013.

7. 6. 3. Protocole

En suivant un protocole maintenant bien étalonné dans de très nombreux milieux (Villars et al., 2003, Barré et Ménard, 2003, Desmoulins et Barré, 2004, Chartendrault et al., 2007), le suivi des oiseaux forestiers du plateau de Goro est réalisé sur 12 sites forestiers situés à proximité directe du site industriel et éloignés de plusieurs kilomètres pour les zones témoins « vierges ». Le site du Pic du Pin (PDP) constitue le site témoin car il est éloigné du site industriel et minier. Les 11 autres sites forestiers, qui peuvent potentiellement être impactés par le complexe industriel, sont ceux de la Mine de Japonais (FC), la Forêt Jaffré (FJ), la Forêt Nord (FN), la Forêt Nord de Port Boisé (FN2), la forêt du tuyau (FT), la Forêt Kwé Est (KE), la Forêt carrière (KEC), la Forêt Kwé Nord (KN), le Pic du Grand Kaori (PGK), la Forêt S2 (S2) et la Wadjana (WA). Pour chacun de ces sites, 4 parcelles de suivis ont été mises en place. La fréquence de ce suivi est annuelle. Les périodes d'observation sont variables entre les années. Elles sont généralement réalisées entre les mois d'octobre et de février.

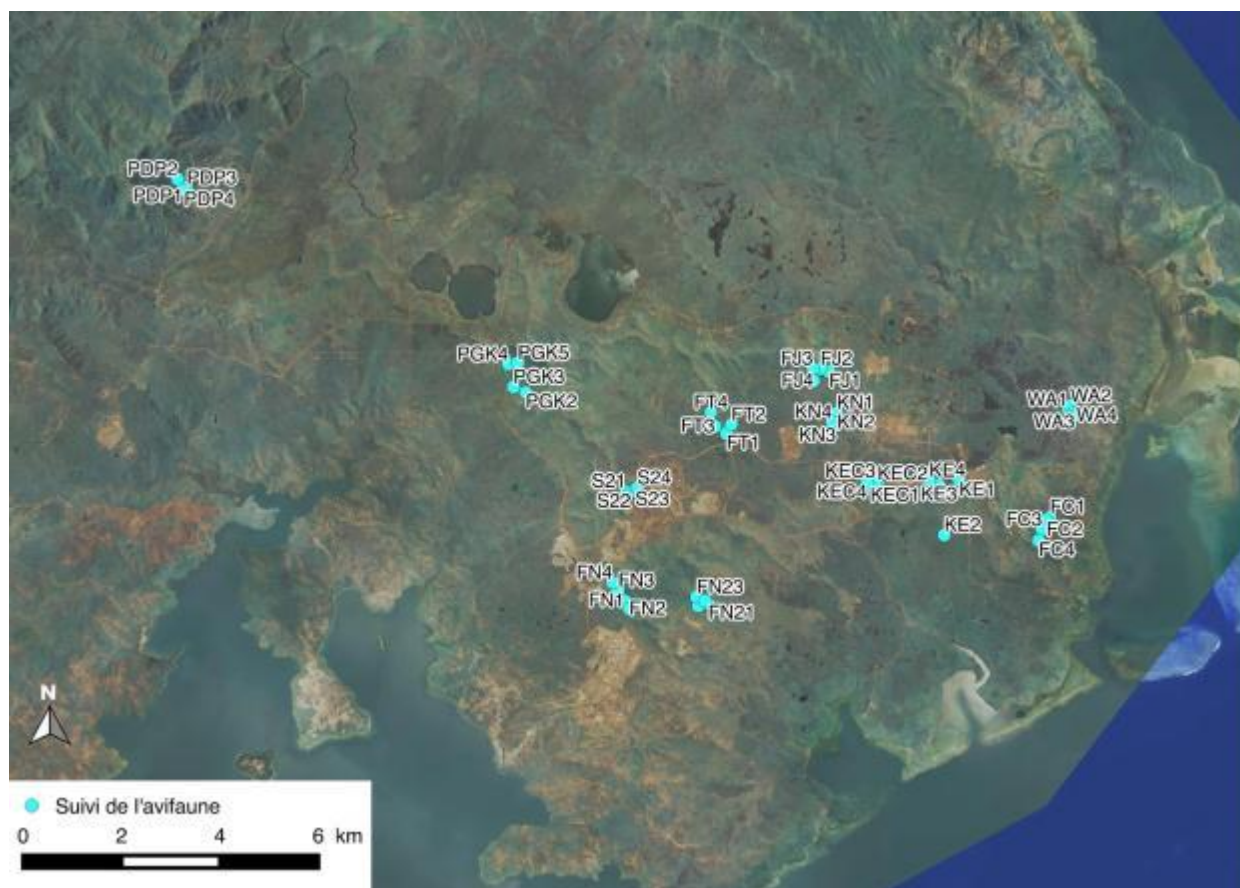


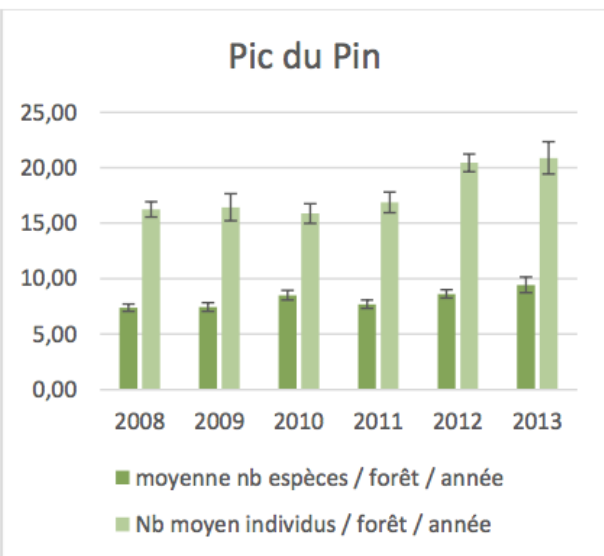
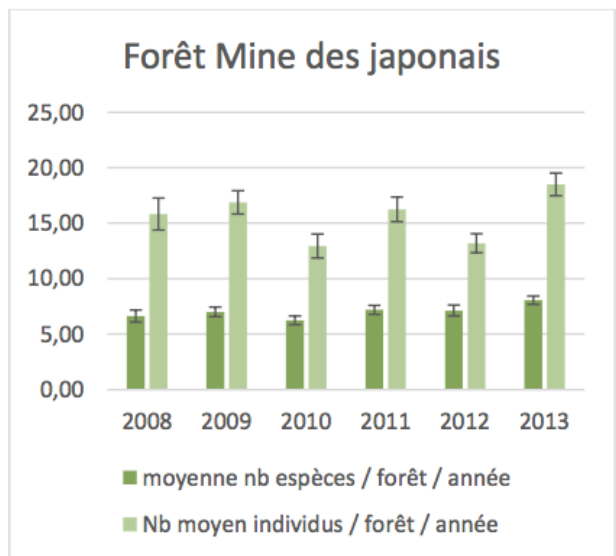
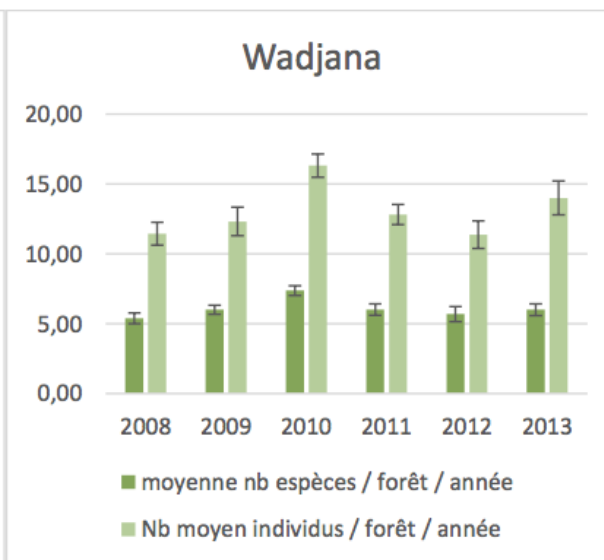
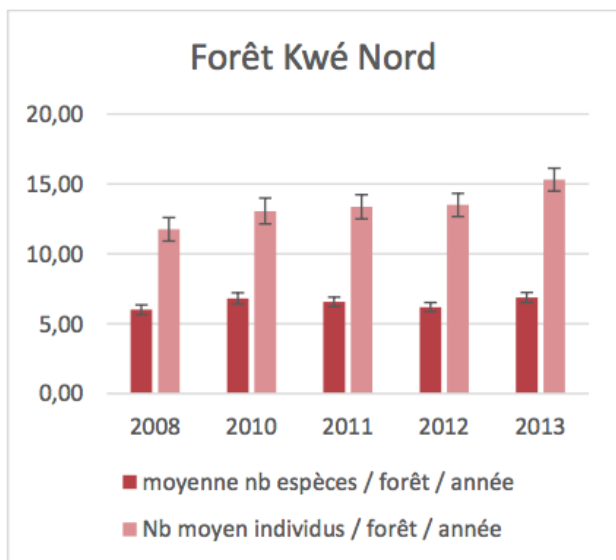
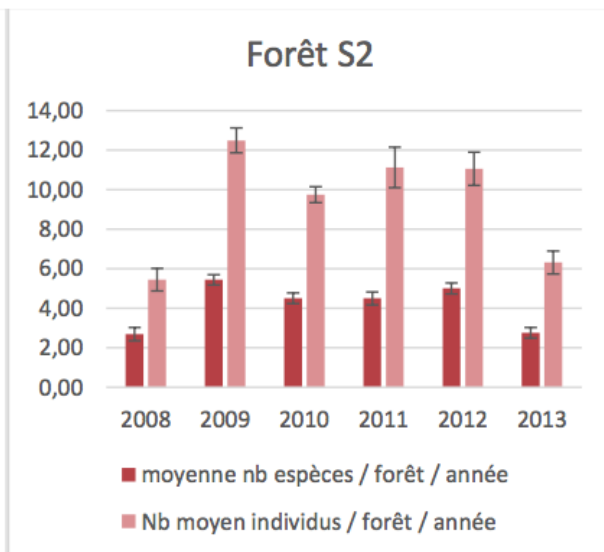
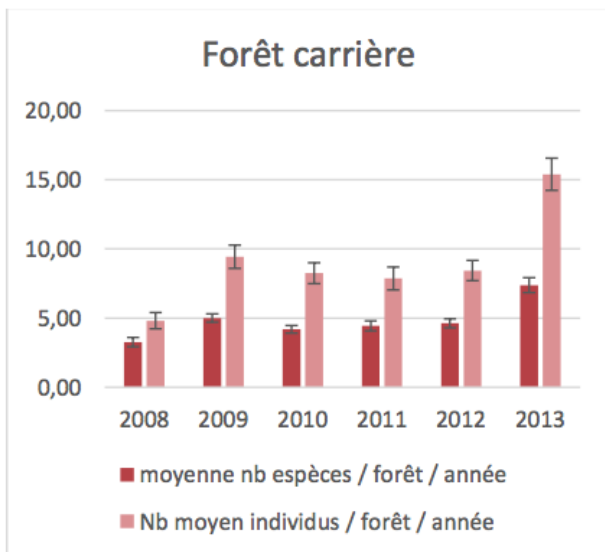
Figure 27 : Localisation des parcelles de suivis de l'avifaune sur la plateau de Goro.

La méthode utilisée pour les milieux terrestres est celle des points d'écoute ou Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A)(Bondel et al., 1970). Ces observations permettent de définir la richesse spécifique mais aussi l'abondance de chaque espèce. Elle consiste à recenser pendant dix minutes (Wunderle, 1994), sur des points d'écoute prédéterminés, les espèces présentes dans un rayon de 15 m autour dudit point et au-delà. Les doubles comptages des mêmes individus sont limités en mémorisant la localisation et la distance de chaque oiseau contacté, ce qui est parfaitement réalisable, avec de l'expérience et une écoute attentive. De plus, il est admis que dans un rayon de 15 m, tous les oiseaux quelle que soit leur activité, leur morphologie, la puissance de leur chant, sont détectés. Au-delà, la détectabilité varie en fonction du milieu (ouvert, fermé), des conditions météorologiques ou de l'activité et de la puissance vocale des oiseaux. Les espèces sont d'autant plus facilement contactées qu'elles sont bruyantes et actives. Les relevés se font du lever du soleil à 9h30, puis de 15h30 au crépuscule.

Les prospections sont suspendues en cas de fort vent et de pluie (oiseaux moins actifs, détectabilité réduite). L'espacement des points d'écoute est de 200 m minimum en zone forestière. Sur l'avis de l'expert, il a été décidé que chaque point serait prospecté quatre fois, 2 fois le matin, 2 fois en fin d'après-midi.

7. 6. 4. Résultats

Les résultats des suivis par station sont synthétisés dans les graphiques suivants :



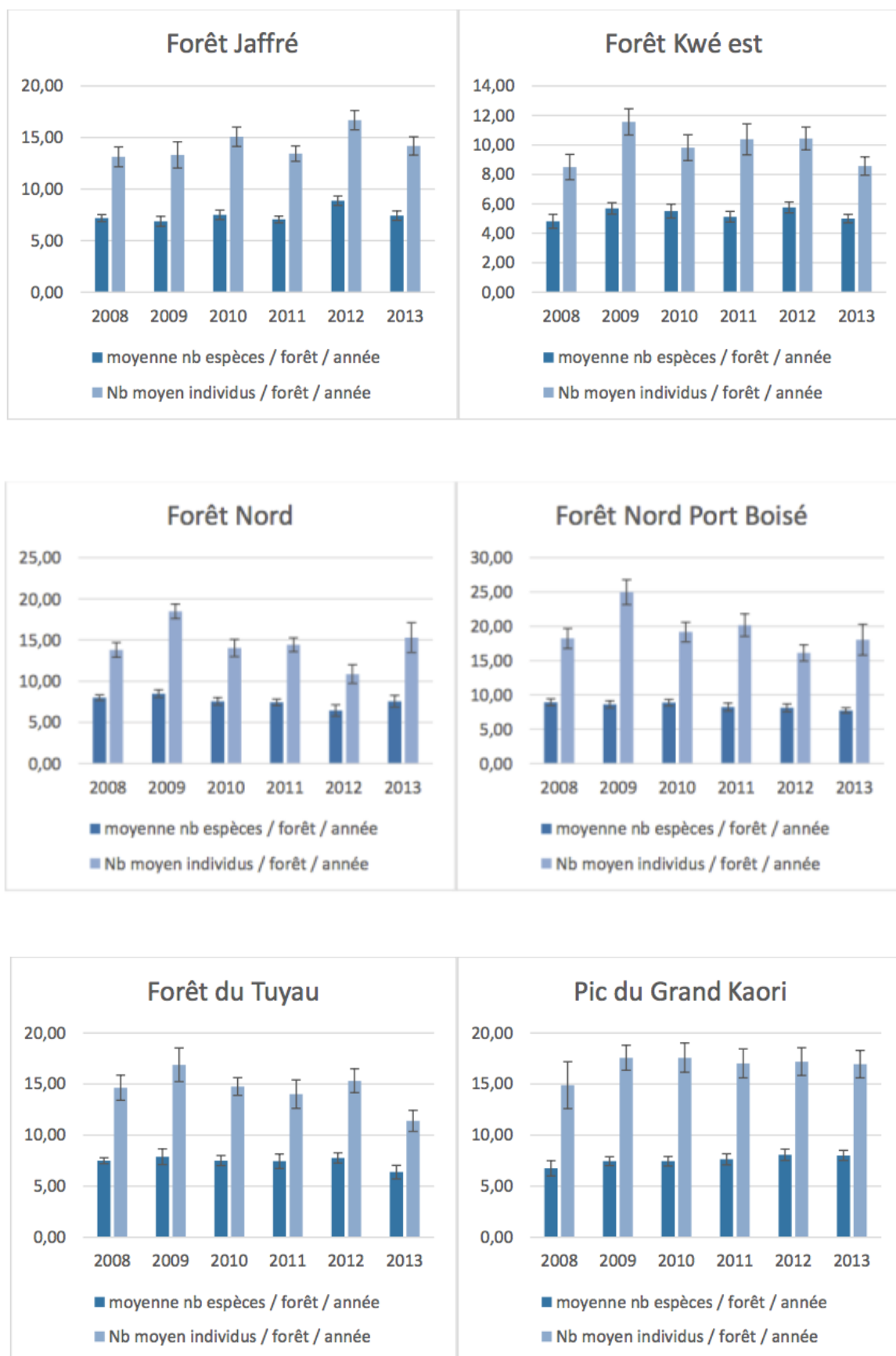


Figure 28 : Richesse spécifique (à gauche) et abondance (à droite) moyennes de l'avifaune des stations de suivis entre 2008 et 2013 (ECCET, 2014).

Pour conclure, les espèces endémiques et/ou à statut UICN particulier (Notou, Autour à ventre blanc, Perruche à front rouge) ont été contactés au sein des formations forestières du plateau. Le Notou est présent dans 6 forêts, L'Autour à ventre blanc dans 5 et la Perruche à front rouge dans 11 forêts.

L'indice patrimonial confirme bien que les forêts les plus pauvres sont celles qui sont soit impactées par les travaux ou contigües à des zones fortement perturbées, soit de petite taille. Les forêts de taille plus grande ont gardé un indice plus élevé même si elles jouxtent des installations industrielles importantes. Les différentes forêts étudiées ont encore démontré la richesse avienne présente sur le plateau de Goro. Les forêts constituantes des corridors écologiques semblent encore fonctionnelles (bien que l'utilisation d'un protocole CMR –capture, marquage, recapture - puisse être appréciable pour vérifier ce fait). La situation sur la forêt S2 était préoccupante en 2010 et à la vue du faible score de 2013, l'indice patrimonial est de nouveau inquiétant. Les chantiers qui avaient diminué en intensité ont été remplacés par l'implantation de la piste usine-mine. La poussière est de nouveau présente, les oiseaux semblent désertier la zone.

L'arrêt des chantiers jouxtant la forêt de la Carrière (Kwé est) a eu un effet significatif positif sur la présence des oiseaux au sein du massif tant quantitativement que qualitativement. La moyenne du nombre d'espèces et d'individus par point a été quasiment multipliée par 2 par rapport à l'année précédente.

Bien que la forêt de Kwé nord soit enclavée entre les zones de chantier, l'avifaune semble s'accommoder de cet inconvénient. La partie ouest est contiguë à la vallée d'un des affluents de la Kwé ainsi qu'une vaste zone de maquis paraforestier, les oiseaux peuvent circuler et ne sont pas acculés.

En 2014, les comptages ont été plus compliqués sur Forêt Nord (partie proche de l'usine) en raison des bruits industriels produits par l'usine (pulsations, chuintements...) qui impactent fortement le paysage sonore. Les chants sourds et lointains (comme ceux du Notou) sont plus difficilement perceptibles dorénavant de même que les chants ténus (Gérygone mélanésienne, Diamant psittaculaire...). Cela explique certainement une part de la diminution observée cette année.

Les opérations de reboisement déjà entamées sont à poursuivre afin de renforcer les lambeaux forestiers et maquis paraforestiers déjà présents. Le renforcement des corridors écologiques existants est également souhaitable. Le goudronnage de la route passant entre l'usine et Forêt Nord a été une avancée très positive pour réduire l'impact des activités industrielles sur ce lambeau. La poussière recouvrant auparavant la végétation jusqu'à 50m à l'intérieur de la forêt a pratiquement disparu. Les nuisances sonores produites par le roulement d'engins lourds sur l'ancienne piste au revêtement irrégulier ont pratiquement disparu. La limitation de vitesse imposée sur ce tronçon est suffisante pour

limiter les collisions entre l'avifaune et les véhicules. Une action similaire pourrait être envisagée sur le tronçon de piste jouxtant la forêt S2.

Le suivi sur 6 ans montre que globalement les massifs forestiers conservent une faune avienne riche et relativement stable bien que certains massifs soient à surveiller en raison d'une tendance à la baisse. Il nous montre aussi, avec les exemples de la Forêt S2 et de la Carrière, à quel point l'avifaune est réactive, positivement ou négativement, dès que son milieu est impacté par les activités humaines.

Les futurs chantiers, déjà entamés, qui vont impacter les abords de la forêt du tuyau (constitution de la SMLT) et de la Kwé est (extraction de minerai et cuirasse) ont déjà commencé à influencer les peuplements aviens. Les années suivantes seront déterminantes pour mesurer plus finement l'effet des activités minières sur l'avifaune forestière.

7. 6. 5. Améliorations possibles

Il est à noter que l'analyse de données ne comporte pas d'analyse statistique. En effet il serait intéressant de pouvoir déterminer si des différences significatives peuvent être identifiées entre les différentes années. Cette approche sera réalisée à partir de 2015 (F. Desmoulins, comm. pers.). Toutefois, il faut prendre en compte le fait que les résultats peuvent être très variables en fonction de la période à laquelle les écoutes sont réalisées. En effet l'activité de l'avifaune va être grandement influencée par la météo. De plus, dans le cas de certaines stations, le bruit occasionné par les engins miniers peut perturber les écoutes et biaiser les résultats.

7. 5. 6. Bibliographie

Blondel J., Ferry C. et Frochot B. (1970) La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda*, 38 : 55-71.

ECCET (2009) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. 50p.

ECCET (2010) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. Rapport saison 2009 32p.

ECCET (2011) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. Rapport saison 2010. 42p.

ECCET (2012) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. Rapport saison 2011. 32p.

ECCET (2013) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. Rapport saison 2012-2013. 38p.

EC CET (2014) Suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro et lacustre de la Plaine des Lacs. Rapport saison 2013-2014. 42p.

7. 7. Suivi de l'impact de la pollution lumineuse du projet de VALE NC sur les oiseaux marins.

7. 7. 1. Contexte

Un projet de sauvetage et de sauvegarde des puffins et pétrels du territoire a été initié en 2007 par la Société Calédonienne d'Ornithologie (SCO) de Nouvelle-Calédonie. VALE NC qui est partenaire de la SCO depuis cette même année s'est engagé à être un membre actif dans la préservation de l'avifaune du territoire. C'est dans ce contexte que VALE NC a mis en place un programme de sauvetage des oiseaux marins qui désorientés par les lumières, s'échouaient sur le site. En parallèle, la société minière a engagé une réflexion sur la problématique de la pollution lumineuse sur son site industriel et minier. En effet, les éclairages sont clairement identifiés comme étant les premières sources d'échouage des jeunes oiseaux marins. VALE NC a entrepris de mieux comprendre ce phénomène sur son site afin de développer une gestion raisonnée de ses sources d'éclairage.

7. 7. 2. Objectifs

Ce suivi a pour objectif de faire le bilan des échouages de pétrels observés depuis 2008 sur l'ensemble du site minier de VALE NC. Par ailleurs, il s'attache à suivre les impacts dus aux émissions lumineuses sur l'avifaune.

7. 7. 3. Protocole

Il ne s'agit pas d'un protocole à proprement parler mais ce programme de suivi a développé plusieurs volets, à savoir : la sensibilisation des travailleurs du site à la problématique de la sauvegarde des oiseaux marins menacés, la mise en place de la démarche de la campagne « SOS pétrels » de la SCO sur le site, gérer et appliquer la méthode de récupération, identifier les limites de l'approche (dépendant de la sensibilisation du public) sur le site, sensibiliser sur la pollution lumineuse et aux bonnes pratiques et enfin proposer des actions de réduction et de maîtrise de la pollution lumineuse sur le site. Par ailleurs, la société minière s'est engagée à sensibiliser les hommes sur la nocivité de la pollution lumineuse grâce à de bonnes pratiques mais aussi de proposer des actions de réduction et de maîtrise de la pollution lumineuse sur le site de VALE NC. Dans ce chapitre nous allons détailler uniquement les résultats du suivi de sauvegarde des oiseaux marins sur le site. La principale faiblesse de

ces observations provient du fait qu'il est fortement dépendant du niveau de sensibilisation des employés.

7. 7. 4. Résultats

Au cours des cinq années de campagne (de 2008 à 2012), des pics d'échouages ont pu être identifiés du 4-6 mai jusqu'au 18-27 mai. Cette période correspond aux premiers envols des puffins juvéniles. Cette tendance est similaire à celle qu'observe la SCO ailleurs sur le territoire. L'année 2012 a présenté le plus important nombre d'échouages, 48 oiseaux ont été retrouvés sur le site, contre une douzaine d'individus retrouvés en 2011. Par ailleurs, l'échouage de 5 pétrels de Gould, espèce menacée d'extinction, laisse supposer de la présence de cette espèce aux alentours du site. Le pétrel de Tahiti, espèce quasi-menacée d'extinction, est également présent sur le site avec un individu recueilli en 2012 contre 3 en 2010 et 2 en 2009. Le puffin Fouquet est l'espèce la plus récupérée sur le site.

Le bilan de tous les sauvetages réalisés sur le site se trouve dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Bilan 2008-2012 des échouages de pétrels du site VALE NC (Vale NC, 2012)

Année	Espèces	Nombre d'individus	Relaché	Blessé ou mort	TOTAUX
2008	Puffin Fouquet	43	25	18	43
2009	Puffin Fouquet	30	29	1	32
	Pétrel de Tahiti	2	1	1	
2010	Puffin Fouquet	14	10	4	20
	Pétrel de Tahiti	3	1	2	
	Pétrel de Gould	1	1	0	
	Non Identifié	2	1	1	
2011	Puffin Fouquet	10	5	5	12
	Pétrel de Gould	1	1	0	
	Non Identifié	1	1	0	
2012	Puffin Fouquet	42	34	8	48
	Pétrel de Gould	5	5	0	
	Pétrel de Tahiti	1	0	1	

Tableau 9 : Bilan des oiseaux marins sauvés et blessés ou morts de 2008 à 2012 (Vale NC, 2012)

ANNEE	RELACHE	BLESSE OU MORT
2008	58%	42%
2009	94%	6%
2010	65%	35%
2011	58%	42%
2012	81%	19%

Le pourcentage d'oiseaux relâchés varie selon les années avec un minimum de 58% pour les années 2008 et 2011 et un maximum de 94% en 2009. Les animaux qui n'ont pu être relâchés sont qualifiés de blessés ou morts.

Au niveau des zones où l'on observe le plus d'échouages, en 2008, un très grand nombre a eu lieu au Port de Prony et à la Mine (respectivement 18 et 17 individus), contre un ou 2 individus pour les autres sites (Usine, Plaine de lacs et prise d'eau de Yaté). Les 2 années suivantes, on observe une baisse du nombre d'échouages au Port, avec uniquement 7 échouages et seulement 2 au niveau de la Mine.

Toutefois, il est important de noter que le Port reste la zone la plus propice aux échouages sur l'ensemble de la zone suivie, et ce, sur l'ensemble de la période étudiée. Ceci peut s'expliquer par l'activité nocturne du port et de son éclairage permanent mais aussi de sa possible position sur les trajectoires du vol de nuit des oiseaux marins allant se nourrir en mer.

Dans la figure suivante est récapitulé l'ensemble des échouages sur les différents sites suivis entre 2008 et 2012.

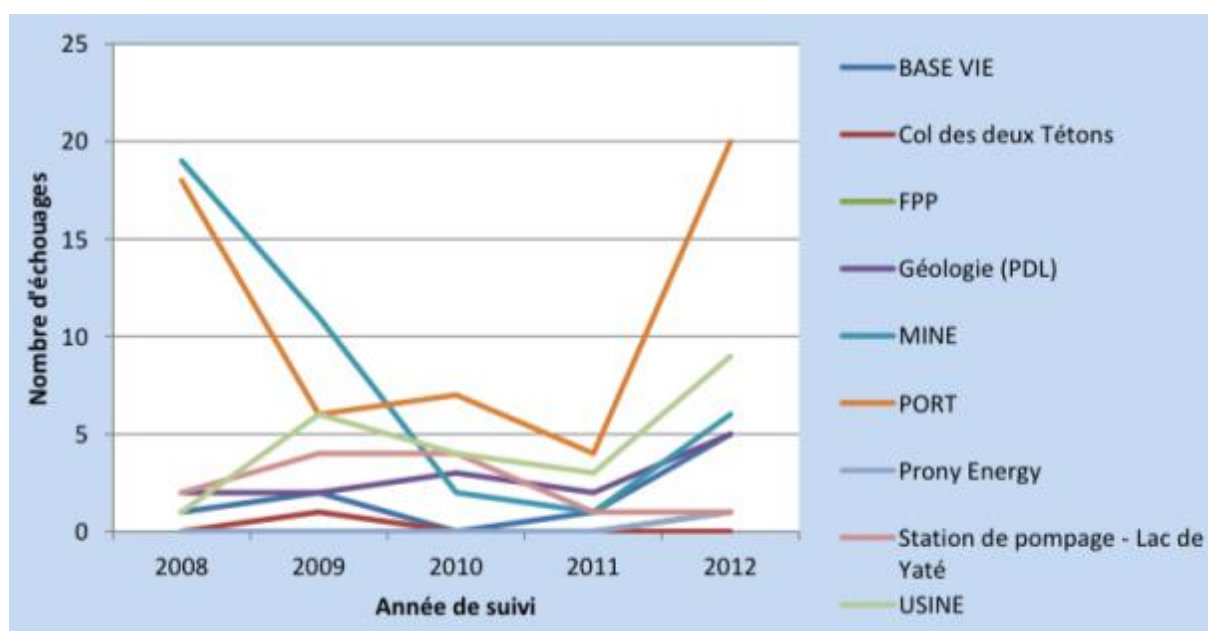


Figure 29 : Courbe d'échouages d'oiseaux marins par lieux d'activités de VALE NC de 2008 à 2012 (Vale NC, 2012)

Au total 41 échouages ont été comptabilisés en 2008, 33 en 2009, 22 en 2010, 12 en 2011 et 47 en 2012.

7. 7. 5. Améliorations possibles

Il faut garder à l'esprit que ce programme de récupération d'oiseaux marins ne constitue pas un suivi environnemental à proprement parler. En effet le nombre d'animaux récupérés va être grandement fonction de la sensibilisation des employés à la problématique. Il pourrait être envisagé de réfléchir à un protocole de suivi plus rigoureux pour estimer avec plus d'exactitude l'impact des pollutions lumineuses du projet et des mesures d'atténuation mises en œuvre sur ces animaux. Par ailleurs, il serait nécessaire de mettre en place un suivi des populations d'oiseaux marins dans la zone pour mettre en évidence toute variation.

Au regard de l'amélioration de ce programme, l'efficacité de l'action de sauvetage des Pétrels et Puffin échoués est grandement fonction de la rapidité de la récupération. Plus la prise en charge de l'animal sera rapide, plus les chances de survie seront grandes. Il semble donc essentiel de continuer à sensibiliser le personnel travaillant sur le site. Par ailleurs, il est nécessaire d'entreprendre une réduction de la pollution lumineuse des différentes zones industrielles.

7. 7. 6. Bibliographie

VALE NC (2012) Bilan des impacts dus aux pollutions lumineuses sur le site de VALE NC. 14p.

7. 8. Suivi des fourmis exogènes sur les zones à risque du site de VALE NC

7. 8. 1. Contexte

Dans le cadre de sa construction et de son exploitation, le site industriel de VALE NC reçoit de grandes quantités de matériels et matériaux directement de l'étranger. Ainsi, certaines zones du site sont considérées à risque car des fourmis envahissantes peuvent y être accidentellement introduites. L'introduction d'espèces exotiques, intentionnelle ou non, est à l'origine d'innombrables invasions biologiques qui se produisent le plus souvent au détriment des espèces locales (Lockwood et al. 2007).

7. 8. 2. Objectifs

Le suivi détaillé ci-contre a pour objectif la détection précoce de toute nouvelle introduction de fourmis envahissantes sur le site de VALE NC, notamment celle de *Solenopsis invicta* (la fourmi de feu) et *Linepithema humile* (la fourmi d'Argentine). Par ailleurs ce suivi permet de suivre l'évolution des populations des espèces invasives déjà installées au cours du temps. Il est effectué 2 fois par an par le cabinet d'expertise Biodical.

7. 8. 3. Protocole

Depuis octobre 2008, des campagnes de surveillance sont réalisées par le cabinet Biodical. Au fur et à mesure de la construction et de la mise en service du complexe industriel, cinq zones de stockage ont été identifiées (Port, Vrac, Magasin, Step, Mine_FPP) (Figure 30). Toutes ces zones n'ont pas fait l'objet de suivi depuis le début. Celui du Port a été mis en place en premier (2008), suivi par celui de la zone Vrac et du Magasin (2009), puis et enfin de la Step (2010). Dernièrement, en 2013, la zone de la mine a aussi été mise sous surveillance. Dans le paragraphe suivant, les résultats des suivis entre 2009 et 2014 sont présentés.



Figure 30 : Localisation des stations de suivi des fourmis exogènes.

Le protocole de surveillance utilisé a été fourni par l'industriel (Service Environnement de Goro Nickel, 2007). Il consiste à disposer sur toute la zone concernée des appâts alimentaires hautement attractifs. Les espèces de fourmis capturées sont alors identifiées. Ce protocole permet à la fois la détection précoce de nouvelles espèces exogènes potentiellement envahissantes, ainsi que le suivi des populations de fourmis envahissantes déjà présentes sur le secteur. Ce protocole s'appuie sur les recommandations émises par le Ministère de l'Agriculture et de la Forêt de Nouvelle-Zélande (MAE, Service Biosecurity) détaillées dans le manuel d'application (Mattson, 2006). Par ailleurs il est conforme

à celui mis en place par le département de biosécurité d'Australie. Ce protocole a été adapté au territoire par Hervé Jourdan de l'Institut de recherche pour le Développement de Nouvelle-Calédonie et VALE NC a repris ces éléments dans son propre protocole. Par ailleurs il est en adéquation avec celui mis en place par le SIVAP/DAVAR au port autonome de Nouméa et à l'aéroport de la Tontouta, réalisé pour faire un suivi de la contamination des infrastructures par les fourmis envahissantes. Toutefois, après avoir mené une première campagne de surveillance à grande échelle sur le port de VALE NC à Prony en septembre 2008 (Le Breton, 2008), les prestataires ont décidé de revoir le protocole. Ainsi, dans un souci de simplification de la logistique et afin d'optimiser les seuils de détection des différentes espèces de fourmis potentiellement présentes sur le site, quelques modifications ont été apportées. Elles portent sur la nature de l'appât alimentaire utilisé et sur le fait que l'appât est déposé directement sur le substrat et non dans des pots de collecte. L'expérience montre que cette technique double la fréquence d'occupation des appâts par rapport à la méthode Néo-Zélandaise.

Cette méthode de détection des espèces de fourmis par appâtage est complétée par une recherche active à vue.

Une fréquence de suivi tous les 4 mois semble être pertinente pour permettre l'interception précoce des principales espèces exogènes envahissantes, à savoir *Solenopsis invicta* (fourmi de feu) et *Linepithema humile* (fourmi d'Argentine). En effet, ces espèces unicoloniales se reproduisent par bouturage des colonies et non par vol nuptial. Les chances de détecter des petites populations fraîchement établies avant qu'elles ne se disséminent vers d'autres sites sont ainsi préservées.

7. 8. 4. Résultats

Depuis le début de ces campagnes de suivi, aucune nouvelle espèce de fourmi exogène n'a été détectée. En effet à ce jour aucune observation de *Solenopsis invicta* (fourmi de feu) ou de *Linepithema humile* (fourmi d'Argentine) n'a été confirmée. Toutefois, d'autres espèces sont présentes sur le site, tout comme dans de nombreuses autres zones géographiques en Nouvelle-Calédonie.

Au total sur le site minier de VALE NC, ces suivis ont permis de mettre en évidence la présence de 33 espèces différentes dont 16 sont locales (natives ou endémiques) et 17 sont des espèces exogènes. Concernant les espèces envahissantes déjà présentes sur le territoire, le prestataire va surtout se focaliser sur 4 espèces invasives, connues pour leur aptitude à perturber le fonctionnement naturel des écosystèmes calédoniens. Ces espèces sont *Anoplolepis gracilipes* (la fourmi folle jaune), *Pheidole megacephala* (la fourmi noire à grosse tête), *Solenopsis geminata* (la fourmi de feu tropicale) et *Wasmannia auropunctata* (la fourmi électrique). Les occurrences de ces espèces vont beaucoup varier entre les sites observés mais aussi entre les années.

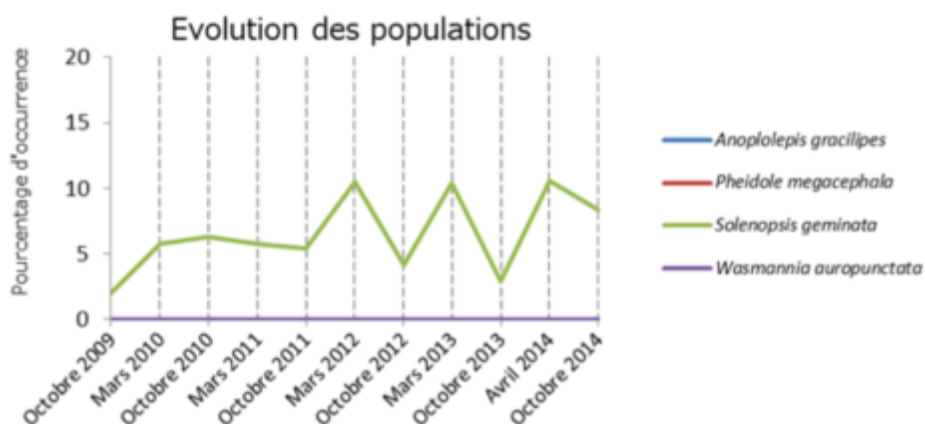


Figure 31 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site du Magasin (Biodical, 2014)

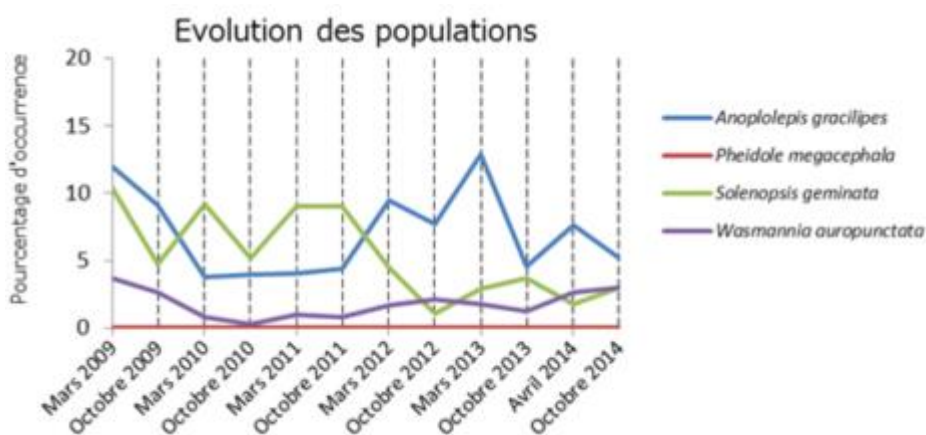


Figure 32 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site du Port (Biodical, 2014)

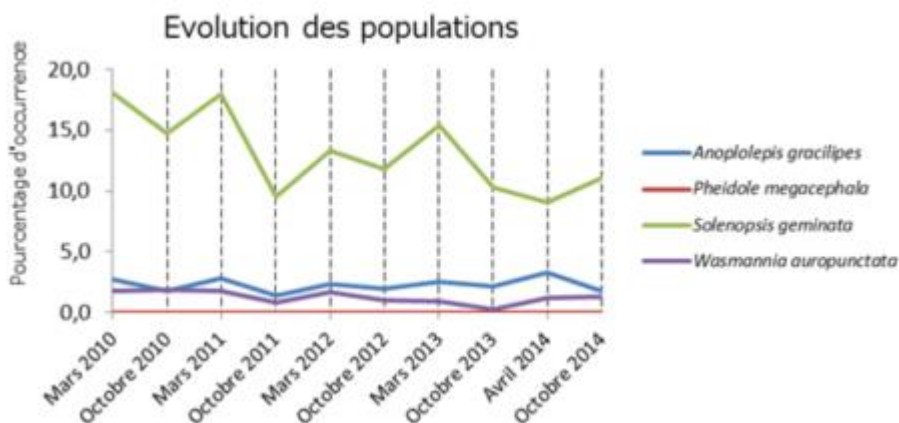


Figure 33 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de la Step (Biodical, 2014)



Figure 34 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de Vrac (Biodical, 2014)

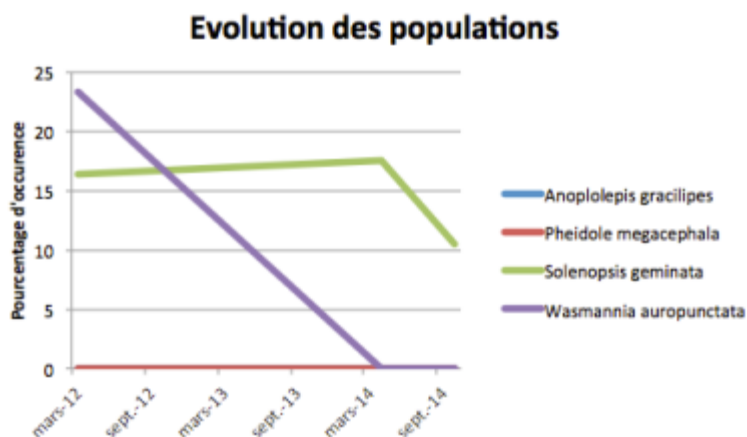


Figure 35 : Evolution des populations d'espèces invasives de fourmis sur le site de la Mine (Biodical, 2014)

En ce qui concerne l'évolution des populations de fourmis envahissantes déjà présentes sur le site, on observe une relative stabilité chez les 3 espèces principales. La fourmi de feu tropicale *S. geminata* reste globalement assez présente sur l'ensemble du site, notamment dans les zones où l'abondance de graminées constitue une importante ressource pour ces fourmis granivores (station d'épuration sur STEP, ateliers et bureaux de la zone FPP). En revanche, dans les talus de revégétalisation de la zone du Port où cette espèce était très présente il y a encore 3 ans, elle a été remplacée presque complètement par une autre espèce exogène : *Nylanderia vaga* (syn. *Paratrechyna vaga*). On ne connaît pas les effets écologiques ou économiques que cette espèce peut provoquer, mais elle ne figure pas parmi les pestes majeures. Il conviendra cependant de surveiller sa progression lors des prochaines campagnes.

Les 2 espèces *A. gracilipes* et *W. auropunctata*, quant à elles, ne semblent pas progresser outre mesure (. La fourmi électrique reste toutefois très présente dans la bordure paraforestière de la zone VRAC ainsi qu'au sein d'un patch paraforestier de la zone STEP. Au niveau de la station Mine, on peut noter une disparition totale de *W. auropunctata*, seule *Solenopsis geminata* se maintient dans cette station.

7. 8. 5. Améliorations possibles

Il serait intéressant dans un premier temps d'augmenter la fréquence des suivis afin de mettre en évidence toute nouvelle introduction. Une fréquence de 4 mois serait appropriée au regard de la vitesse de propagation de ces organismes. Si ces fréquences sont trop lourdes à mettre en place sur l'ensemble des sites, il peut être opportun de suivre certaines zones à risque (telle que le Port) plus fréquemment.

Afin d'optimiser ce suivi, une sensibilisation du personnel intervenant sur le site (employés de VALE NC ainsi que prestataires extérieurs) doit être mise en place afin de multiplier les chances d'interception. Cette sensibilisation devrait concerner en premier chef le personnel de manutention en charge de l'ouverture et de l'inspection des nouveaux containers. L'identification précise des différentes espèces de fourmis (ou autres espèces potentiellement envahissantes) étant trop difficile pour des non-spécialistes, leur attention doit se cantonner à la présence inhabituelle d'ouvrières de fourmis puis à leur signalement au service environnement de VALE NC qui prendra les mesures nécessaires.

Il est à noter que des indicateurs myrmécologiques relatifs aux suivis environnementaux des zones de stockage du site industriel et minier de Vale NC ont été élaborés en 2015 par Fabien Ravary pour le compte de l'OEIL (Ravary, 2015).

7. 8. 6. Bibliographie

Biodical (2008) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Goro Nickel. Etat initial. 14p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de Vrac, site industriel de Vale Inco Prony. Etat initial. 14p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Vale Inco. 11p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de Magasin, site industriel de Vale Inco Goro. Etat initial. 14p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Vale Inco - suivi n°2. 14p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de vrac - Site industriel de Vale Inco Prony - suivi n°1. 14p.

Biodical (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de magasin - Site industriel de Vale Inco Goro - suivi n°1. 14p.

Biodical (2010) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Inco à Prony - suivi n° 3. 14p.

Biodical (2010) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 4. 14p.

Biodical (2011) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 5. 18p.

Biodical (2011) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 6. 18p.

Biodical (2012) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 7. 18p.

Biodical (2012) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 8. 18p.

Biodical (2013.) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 9. 18p.

Biodical (2014) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 11. 18p.

Biodical (2014) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de VALE NC à Prony - suivi n° 12. 18p.

Ravary F. (2015) Elaboration d'indicateurs myrmécologiques relatifs aux suivis environnementaux des zones de stockage du site industriel et minier de VALE NC (Rapport OEIL). 44p.

7. 9 Suivi du crapaud buffle

7. 9. 1. Contexte

Un suivi de la possible introduction du Crapaud buffle (*Bufo marinus*) est mené sur le site industriel de VALE NC depuis 2009. Cette espèce est largement répartie dans le Pacifique (Australie, Papouasie, Fidji, Hawaii, Iles Cook, etc...) et les voies d'introduction sur le territoire sont nombreuses. Cette espèce peut avoir un impact très important sur la biodiversité du territoire, étant donné qu'elle a un régime alimentaire varié composé d'invertébrés (insectes, escargots, vers...) ou de vertébrés (rats , jeunes oiseaux, reptiles). Il peut devenir soit un prédateur direct de certains animaux soit entrer en compétition avec d'autres, entraînant une complète réorganisation des communautés affectées (Crossland 2000). A l'heure actuelle il n'existe aucune méthode de lutte sur cette espèce, seules les mesures de veille associées à l'information du public permettent de freiner l'expansion de l'espèce en Australie. Au niveau du territoire, l'introduction de cette espèce invasive aurait potentiellement des conséquences catastrophiques notamment sur la communauté de reptiles autochtones (lézards et geckos). Il est donc nécessaire d'éviter son introduction sur le territoire, notamment en surveillant les marchandises provenant de zones contaminées. Les principales voies de dispersion sont les introductions volontaires par des particuliers mais surtout le commerce maritime et aérien.

7. 9. 2. Objectifs

Le présent suivi a pour objectif de détecter toute nouvelle introduction du Crapaud buffle sur le site industriel de VALE NC. Il est effectué par le cabinet d'expertise Biodical.

7. 9. 3. Protocole

Un prestataire privé, en concertation avec le service Environnement de VALE NC a pour mission de prospecter en priorité certains lieux potentiels de présence du crapaud, notamment en mettant l'accent sur les buses présentes sous les voies de communication. Ces dernières sont inspectées de jour à l'aide de lampes électriques. Par ailleurs, une recherche d'œufs et de têtards dans les eaux stagnantes est réalisée. De nuit, ce sont les routes et les pistes de la quasi totalité du site industriel qui sont surveillées. Ce travail a été fait tous les ans depuis 2009 (sauf en 2011) et les prospections sont réalisées par 6 personnes pendant 2 jours. La zone inspectée est illustrée dans la figure suivante :



Figure 36 : Localisation des zones de suivi du crapaud buffle

7. 9. 4. Résultats

En cinq campagnes de surveillance réalisées respectivement en 2009, 2010, 2012, 2013 et 2014, aucun signe d'adultes ou de juvéniles de cette espèce invasive n'a pu être détecté dans les cites propices à son installation.

7. 9. 5. Améliorations possibles

A l'heure actuelle, ce protocole semble pertinent pour répondre à l'objectif fixé par ce suivi. Ce dispositif ne permet pas de surveiller les potentiels impacts de VALE NC mais constitue une veille pour éviter l'introduction du crapaud buffle sur le territoire.

7. 9. 6. Bibliographie

Biodical (2009) Campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. 10p.

Biodical (2010) Seconde campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. 6p.

Biodical (2012) Troisième campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. 6p.

Biodical (2013) Quatrième campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. 6p.

Biodical (2014) Cinquième campagne de détection du crapaud buffle (*Chaunus marinus*) sur le site industriel de VALE Nouvelle-Calédonie à Prony - Rapport d'expertise. 6p.

7. 10 Synthèse des recommandations identifiées pour chaque suivi

Dans le tableau suivant sont synthétisées les recommandations émises précédemment pour chaque programme de suivi :

Tableau 10 : synthèse des recommandations par programme de suivi.

Nom du suivi	Analyse des tendances	Id.	Faiblesses identifiées	Recommandations émises
Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de VALE NC	Pas d'impacts directs des polluants atmosphériques sur les teneurs en S et N du sol, de la litière et des feuilles des arbres.	a	Le suivi du site de référence (Pic du pin) a été abandonné en 2011 et cela limite les capacités d'interprétation des résultats du suivi.	Assurer le suivi de sites de référence.
		b	Le cycle et la variabilité naturelle des éléments chimiques du sol, de la litière et des plantes sont mal connus et cela limite les capacités de détection des perturbations.	Caractériser le cycle naturel des éléments chimique du sol, de la litière et des feuilles notamment au regard de la diversité floristique.
		c	L'interprétation des résultats du suivi n'intègre pas un croisement avec les résultats obtenus sur les autres réseaux de suivis.	Interpréter les résultats de ce suivi également au regard des résultats obtenus sur le suivi des MFIP et le suivi symptomologique.
Surveillance symptomologique de la flore endémique aux alentours de l'usine de VALE NC	14 des 24 stations d'observations sont considérées comme impactées par des observations visuelles. Cinq de ces stations ont des concentrations en soufre foliaire plus importantes que les sites témoins. Pour l'azote foliaire, cinq stations présentent des concentrations en azote foliaire supérieures à 1 % en azote total. La concentration moyenne en SO ₂ de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparait significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptôme. La concentration moyenne en NO ₂ de l'air relevée au niveau des 14 stations avec symptômes apparait significativement plus élevée qu'au niveau des stations sans symptômes.	a	Le cortège et le nombre d'espèces suivies n'est pas toujours identique entre les stations et complique les comparaisons.	Assurer un suivi sur une liste d'espèces homogène entre les stations, au mieux 2 ou 3 espèces parmi les 11 suivies.
		b	Pas de marquage des individus suivis ce qui introduit de la variabilité dans les observations.	Réaliser le marquage des individus suivis et reproduire le suivi sur les mêmes individus dans le temps.
		c	Le nombre d'individus suivis par station n'est pas fixé et introduit de la variabilité dans les résultats.	Homogénéiser l'effort d'échantillonnage par espèces et par station.
		d	Existence d'un biais inter opérateur sur l'interprétation des symptômes.	Assurer la réalisation d'une formation annuelle des opérateurs garantissant la bonne interprétation des symptômes et la bonne mise en œuvre du suivi.
		e	La limite des perturbations liées aux émissions atmosphériques n'est pas bien identifiée sous le vent de l'usine.	Identifier la limite de la zone perturbée sous le vent de l'usine en ajoutant des stations de suivi sous le vent de la station 23 et suivre l'évolution de cette limite.
		f	Le nombre de station n'est pas homogène entre les différents habitats (Forêt, maquis paraforestier, maquis).	Standardiser le nombre de stations par habitat.
		g	Le nombre de station n'est pas homogène entre les différentes classes de risque d'exposition (Haut risque, risque modéré et faible).	Revoir l'emplacement des stations, pour s'assurer d'avoir une couverture spatiale homogène.
		h	La règle actuelle pour signaler une perturbation mentionne qu'il faut un minimum de deux espèces présentant des symptômes pour caractériser une station comme perturbée. Cette règle n'est pas clairement justifiée et sa pertinence mérite d'être démontrée pour justifier son maintien.	Revoir la définition d'une station impactée. Sans justification valable, il est recommandé de fixer le seuil à une espèce.

		i	Une analyse binaire du caractère impacté ou non impacté est réalisé par Vale NC dans ses études et cela ne donne pas d'indication sur l'intensité et l'évolution de la perturbation subie.	Quantifier l'impact de la perturbation par station et suivre son évolution dans le temps.
		j	Difficultés pour inspecter la canopée à la recherche de symptômes.	Prendre en compte cette limite dans la mise en œuvre du suivi et le choix des stations.
Suivi des Massifs Forestiers d'Intérêt Prioritaire (MFIP) par télédétection.	Un pic d'impact du couvert forestier est atteint entre mi 2011 et mi 2012, soit 13,28 % de surfaces impactées tout type confondu .	a	La zone suivie est principalement située autour de l'usine or le suivi par télédétection pourrait avantageusement permettre de surveiller d'autres massifs forestiers potentiellement impactés autour de la mine (potentiels impacts des poussières et modifications des écoulements hydriques).	Etendre le suivi à d'autres formations forestières d'intérêt autour de la mine et le long des cours d'eau dont les débits seront potentiellement impactés.
		b	La méthode de calcul de l'indice ISEV n'est pas précisément connue ce qui limite la compréhension des résultats et l'interprétation qui peut en être faite.	Préciser la méthode de calcul de l'indice ISEV.
		c	L'impact de la saisonnalité n'est pas traité dans les résultats présentés.	Déterminer l'effet des saisons sur l'indice ISEV.
		d	Le domaine de la télédétection évolue vite et il faut s'assurer que les outils employés sont les plus performants et les moins coûteux.	Assurer une veille technologique en vue du perfectionnement de l'indicateur ISEV et du suivi en général.
Suivi de l'herpétofaune dans les réserves provinciales à proximité du projet industriel de VALE NC	Au niveau spécifique, il n'est pas possible à l'heure actuelle de mettre en évidence des changements dans les communautés de lézards en fonction des activités industrielles et minières de VALE NC.	a	Les suivis ne sont pas toujours opérés à la même période de l'année ce qui rend les résultats difficilement comparables.	Réaliser le suivi de l'herpetofaune à la même période chaque année sur une durée d'un mois maximum.
		b	Les transects actuels sont longs et seraient potentiellement aussi efficaces à des longueurs moindres.	Tester la possibilité de réduire les transects à 50 ou 100 m au lieu de 200 m.
		c	Ces suivis peuvent facilement souffrir de biais liés à une mauvaise formation des opérateurs.	Former régulièrement les opérateurs à la réalisation du suivi et l'identification des espèces.
		d	Les conditions météo viennent facilement perturber la mise en œuvre du suivi et induisent de la variabilité dans les résultats.	Prendre en compte les conditions météo optimales pour la mise en œuvre du suivi (température et ensoleillement).
		e	La présence de fourmis envahissantes peu fortement perturber les populations de lézards et constitue donc une pression élémentaire à caractériser pour interpréter correctement les résultats des suivis.	S'assurer que la présence/absence des fourmis envahissantes est correctement caractérisée sur les stations de suivis. Une caractérisation ponctuelle devrait suffire.
Suivi de l'espèce sensible <i>Lacertoides pardalis</i>	Il n'est pas possible pour l'heure de tirer des tendances claires de ce suivi.	a	Les conditions météo viennent facilement perturber la mise en œuvre du suivi et induisent de la variabilité dans les résultats.	Prendre en compte les conditions météo optimales pour la mise en œuvre du suivi (température et ensoleillement).
		b	Il semble que le nombre de pièges employés et le temps de capture ne soient pas optimaux ce qui réduit le nombre d'occurrence enregistré.	Tester le suivi avec un effort d'échantillonnage plus important et définir le nombre optimal de pièges et le temps

				de capture.
		c	Compte tenu de la faible abondance de cette espèce elle n'est pas un indicateur optimal des perturbations potentielles de Vale NC.	Limiter l'interprétation des résultats au suivi d'une espèce à forte valeur patrimoniale.
Suivi de l'avifaune sur le plateau de Goro	Le suivi sur 6 ans montre que globalement les massifs forestiers conservent une faune avienne riche et relativement stable bien que certains massifs soient à surveiller en raison d'une tendance à la baisse.	a	L'interprétation des résultats dans les rapports est trop limitée.	Confirmer les tendances d'évolution par des analyses statistiques.
		b	Les conditions météo viennent facilement perturber la mise en œuvre du suivi et induisent de la variabilité dans les résultats.	S'assurer que les suivis sont mis en œuvre dans conditions météo favorables.
		c	Le bruit environnant (véhicules) peut perturber la détection des oiseaux sur certaines stations.	Veiller à mener les suivis dans les meilleures conditions d'écoute (périodes de faible activité).
Suivi de l'impact de la pollution lumineuse du projet de VALE NC sur les oiseaux marins.	Au total 41 échouages ont été comptabilisés en 2008, 33 en 2009, 22 en 2010, 12 en 2011 et 47 en 2012. Il est important de noter que le Port reste la zone la plus propice aux échouages sur l'ensemble de la zone suivie, et ce, sur l'ensemble de la période étudiée.	a	Le suivi des individus échoués est fortement lié aux efforts de sensibilisation du personnel.	Assurer un effort de sensibilisation stable du personnel et veiller à leur implication.
		b	Le suivi tel que mené actuellement ne permet pas d'évaluer efficacement l'impact des activités de Vale NC sur les populations d'oiseaux marins.	Mettre en place un suivi ornithologique des oiseaux marins à proximité du site de Vale NC.
Suivi des fourmis exogènes sur les zones à risque du site de VALE NC	Aucune nouvelle espèce de fourmi exogène n'a été détectée. En effet à ce jour aucune observation de <i>Solenopsis invicta</i> (fourmi de feu) ou de <i>Linepithema humile</i> (fourmi d'Argentine) n'a été confirmée. Ces suivis ont permis de mettre en évidence la présence de 33 espèces différentes dont 16 sont locales (natives ou endémiques) et 17 sont des espèces exogènes.	a	La fréquence des suivis ne permet pas d'anticiper une potentielle introduction de fourmis avant leur propagation.	Raccourcir la fréquence des suivis à 4 mois. La priorité doit être portée sur les zones à risque (port).
		b	La détection de fourmis introduites peut être optimisée par la sensibilisation du personnel de Vale NC à leur détection.	Assurer la sensibilisation du personnel au risque d'introduction d'espèces et en premier lieu le personnel en charge de la manutention et de l'inspection des containers.
Suivi du crapaud buffle	Aucun signe d'adultes ou de juvéniles de cette espèce invasive n'a pu être détecté dans les cites propices à son installation.	a	Pas de faiblesses identifiées	NA.

Une recommandation générale sur l'ensemble des réseaux de suivis est d'assurer l'accès aux données brutes non traitées.

7. 11 Analyse transversale de l'acquisition de connaissances et des réseaux de suivi de la biodiversité terrestre

À la suite de l'analyse de tous les documents, il est possible de proposer une approche transversale de l'état des connaissances et du suivi de la biodiversité terrestre autour du projet de VALE NC. Pour réaliser ce travail, il est nécessaire dans un premier temps d'évaluer si toutes les composantes de la biodiversité terrestre sont prises en compte dans les documents recensés.

Au regard de la biodiversité terrestre dans le Grand Sud, il est nécessaire d'identifier les composantes qui peuvent interagir ensemble et qui peuvent présenter des modifications en termes de composition et de populations en lien avec les activités industrielles de VALE NC. On peut citer les composantes suivantes:

- flore qu'elle soit endémique, indigène ou exotique
- faune qu'elle soit endémique, indigène ou exotique. Concernant la faune indigène on peut citer :
 - l'herpétofaune
 - l'avifaune (comprenant les oiseaux terrestres et marins)
 - la chiroptérofaune (comprenant les micro et les megachiroptères)
 - l'entomofaune
 - les mollusques (bulimes)

Au niveau de la faune exotique on peut citer :

- le crapaud buffle
- les fourmis exotiques
- les mammifères exotiques tels que les rats, cerfs et cochons
- les micro-organisme du sol : les champignons, qu'ils soient saprophytes ou symbiotiques (endo ou ectomycorhiziens) et les bactéries.
- les lichens.

Pour chacune de ces composantes, nous allons essayer de définir des indicateurs permettant d'apprécier le travail réalisé sur chacune d'elles.

En terme d'indicateurs, il est possible de définir :

- si la thématique a fait l'objet d'études (existence de documents sur le sujet) et leur disponibilité
- la couverture de la connaissance sur l'espace géographique de l'étude
- l'existence de suivi de la composante au cours du temps

Dans les paragraphes suivants, ces différents indicateurs vont être détaillés.

7.11.1 Etat des connaissances de la biodiversité terrestre

7.11.1.1. Existence de documents sur la thématique et disponibilité

Dans le tableau suivant est défini le nombre de rapports existants sur la thématique. Un code couleur a été défini pour chaque thématique (vert : bonnes connaissances, jaune : connaissances moyennes, rouge : faibles ou pas de connaissances). Par ailleurs, il détaille le nombre de documents recensés (indiqué en premier), suivi par le pourcentage de disponibilité des documents.

Tableau 11 : Existence et disponibilité des rapports sur les différentes composantes de la biodiversité terrestre

Flore		Faune		Micro-organismes du sol (1/100%)	Lichens et bryophytes
Indigène (101/79%)	Exotique (1/100%)	Indigène	Exotique		
		Herpétofaune (42/48%)	Crapaud buffle (5/100%)		
		Avifaune (23/91%)	Fourmis (15/100%)		
		Chiroptérofaune	Rats (1/100%)		
		Entomofaune (4/100%)	Cerfs (1/100%)		
		Mollusque	Cochons (1/100%)		

Ces appréciations sont établies à dire d'experts. Elles prennent en compte l'importance et la diversité de chaque composante et les rattachent au nombre de rapports réalisés.

Au regard de ce tableau, il est possible d'identifier que quatre composantes semblent bien étudiées, à savoir la flore indigène, l'avifaune, le crapaud buffle et les fourmis.

D'autres semblent moins étudiées, c'est le cas de l'herpétofaune qui a reçu ce classement à cause de l'indisponibilité de plus de la moitié des documents. C'est aussi le cas de l'entomofaune, qui a fait l'objet de quelques études qui semblent insuffisantes par rapport à la diversité de cette composante en Nouvelle-Calédonie. Les micro-organismes, notamment les champignons ectomycorhiziens ont fait l'objet d'un rapport mais encore une fois, cela semble insuffisant au regard de la diversité de ce groupement en Nouvelle-Calédonie.

D'autres groupes ne sont pas (ou peu) pris en compte, c'est notamment le cas de la flore exotique. Un « plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » a été réalisé, cependant ce document détaille uniquement l'approche globale à mettre en place pour gérer les espèces exogènes. Toutefois, des campagnes d'arrachages sont organisées par l'industriel autour de l'usine, à la base vie et dans les alentours du port lorsque cela est nécessaire¹¹. Par ailleurs, il serait intéressant de faire le bilan de toutes les espèces végétales exotiques (et notamment celles invasives) sur le site et de leur distribution. Il est fort probable que ce type de document existe mais il n'a pas été possible de se le procurer. En termes de faune indigène, il n'a pas été possible d'identifier de rapport concernant la chiroptérofaune. Il est fort dommage que ce groupe ne soit pas étudié autour du site. En effet, les megachiroptères participent activement à la pollinisation et à la dispersion de la flore autochtone et de ce fait au renouvellement naturel des formations végétales (Carpenter et al., 2003) et ils ont déjà été observés dans la zone. De même les microchiroptères ne semblent pas avoir été étudiés. Ces 2 groupes comportent des espèces sensibles, inscrites sur la liste rouge de l'UICN et les activités de l'industriel peuvent avoir des répercussions sur la survie des populations de ces espèces. Au niveau des espèces animales exotiques, un « plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » a été réalisé, toutefois ce document détaille uniquement l'approche globale à mettre en place pour gérer les espèces exogènes. Pour l'heure, aucun rapport n'a été mis en évidence sur la présence et l'abondance des rats, cerfs et cochons sur le site industriel et minier. Pour la première espèce, VALE NC doit effectuer de l'éradication sur le site mais il serait intéressant d'approfondir l'effet de cette espèce sur les formations naturelles notamment au sein des aires protégées. Pour le cerf, l'impact semble limité, au dire d'experts, il est rare d'observer des traces d'abrutissement de ces animaux sur la végétation environnant le site minier et industriel. Toutefois, l'absence d'impact de ces animaux aux environs du projet devrait faire l'objet d'une étude, étant donnée la forte problématique qu'elle représente sur d'autres sites miniers. Pour les cochons, il serait intéressant de suivre les populations de cette espèce invasive. En effet des parcelles de suivi de la végétation, notamment au Pic du Pin, ont été détruites par ces animaux et ces derniers doivent avoir un impact non négligeable sur la biodiversité terrestre. Il est aussi possible d'envisager des contrôles des populations de ces animaux comme cela est réalisé sur d'autres projets miniers.

Par ailleurs, aucun rapport ne fait état d'études sur les lichens et les bryophytes. Ces organismes sont connus pour être de bon bio-indicateurs de l'environnement, notamment au regard des pollutions atmosphériques. À noter que ces organismes seront étudiés dans le cadre d'un projet CNRT appelé « Dispersion des Métaux de la Mine au Lagon » qui a été initié en 2015. Dans le cadre de cette étude, les

¹¹ Des bilans faisant état des mesures de gestion/contrôle des espèces végétales envahissantes sont produits annuellement par Vale NC et accessibles via le centre de ressource numérique de l'OEIL.

Bilan 2015 : <http://www.oeil.nc/cdrn/index.php/resource/bibliographie/view/11424>

Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. OEIL

11 rue Guynemer | 98800 Nouméa - Tél. / Fax : 23 69 69 - www.oeil.nc

teneurs des éléments métalliques traces tels que le Ni, Cr, Co et Mn seront mesurés dans les lichens pour valider le potentiel de cet organisme à être utilisé comme bio-indicateur des dépôts atmosphériques en contexte minier et de dresser des cartes de dispersion pour le Ni, Cr, Mn et Co.

7.11.1.2. Couverture de la connaissance sur l'espace géographique de l'étude

- Etat des connaissances par thématique

Pour caractériser au mieux la biodiversité terrestre sur un espace donné, il est important de réaliser des inventaires au préalable de tout aménagement. Dans le cas présent, une coloration verte indique une bonne connaissance, une couleur jaune indice une connaissance moyenne et une coloration orange indique une connaissance insuffisante. Une coloration rouge indique que ce compartiment n'est pas traité.

Tableau 12: Etat des connaissances de chaque composante de la biodiversité terrestre sur le site d'étude. Les couleurs correspondent au niveau de connaissance. Vert = bon ; Jaune = moyen ; Orange = insuffisant ; Rouge=aucune connaissance.

Flore		Faune		Micro-organismes du sol	Lichens et bryophytes
Indigène	Exotique	Indigène	Exotique		
		Herpétofaune	Crapaud buffle		
		Avifaune	Fourmis		
		Chiroptérofaune	Rats		
		Entomofaune	Cerfs		
		Mollusque	Cochons		

Quatre composantes ont été bien étudiées, notamment la flore, l'avifaune, le crapaud buffle et les fourmis exogènes. Il ne semble pas à l'heure actuelle nécessaire d'approfondir les connaissances sur ces organismes, sauf dans le cas de défrichements de milieux naturels. Dans tous les cas, ce travail est une obligation avant toute intervention au regard de la réglementation.

Au niveau de l'herpétofaune, un complément d'étude doit être réalisé. Toutefois cette absence de connaissance se trouve peut-être dans les documents qui n'ont pas été mis à disposition pour cette étude.

Par ailleurs, il semble exister des lacunes au niveau de l'entomofaune et des micro-organismes du sol. Il semble important de compléter ces connaissances à l'aide des personnes ressources présentes sur le territoire mais aussi en faisant appel à des collaborateurs extérieurs. A noter qu'une étude de bio-acoustique sur les grillons est en cours de réalisation dans le Sud par l'IRD et ces travaux visent à obtenir des outils définissant les abondances et la diversité de ces organismes.

Par ailleurs, il semble que certaines thématiques transversales n'ont pas été suffisamment étudiées. C'est notamment le cas des corridors écologiques. Une étude a été réalisée par Conservation International en 2011 dans la zone. L'approche méthodologique était intéressante, toutefois certaines connaissances devaient être acquises au préalable pour que ce travail soit complet et utilisable. Pour remédier à ces lacunes, un programme de recherche a été initié en 2012 par le CNRT appelé Corifor, dont l'objectif est de caractériser la connectivité écologique entre des fragments forestiers au travers des relations liant la composition (floristique et biologique) des peuplements forestiers avec la structure (superficie et distance inter-isolat) d'un environnement forestier fragmenté. Les environs du site industriel et minier de VALE NC constituent le site d'étude. Des approches de télédétection, de description floristique, d'adaptabilité des graines à la dessiccation et de la génétique des populations vont être utilisées. Ce travail n'est pas encore terminé et il n'a pas été possible d'incorporer les résultats dans cette étude. Sur cette même thématique, l'OEIL a initié en 2014 un projet d'étude appelé « Dynamic ». Ce travail s'attache à compléter le projet Corifor en réalisant une analyse diachronique de la végétation et plus précisément des ensembles forestiers. À partir d'une délimitation fine des contours forestiers, dont une partie est produite dans le cadre du projet Corifor, l'évolution passée de ces limites sera analysée afin de dégager des paramètres dynamiques de la fragmentation qui pourront indiquer le sens probable d'évolution des paysages actuels. Ce travail sera réalisé à partir d'images satellites à très haute résolution et le site d'étude correspond aux formations forestières autour du site industriel et minier de VALE NC.

- Etat des connaissances par zone géographique

En étudiant l'ensemble des inventaires et études ayant permis une acquisition de connaissances sur la biodiversité terrestre dans la zone d'étude, il est possible de faire le point sur les zones qui ont été prospectées et celles nécessitant encore des travaux. Dans la figure 37, l'ensemble des inventaires de la biodiversité terrestre native a été placé sur la zone d'étude.

Les 4 réserves provinciales (Pic du Pin, Pic du Grand Kaori, Forêt Nord et le Cap N'Dua) ont été caractérisées au niveau de la flore, de l'herpétofaune, de l'avifaune et de l'entomofaune. Les zones directement impactées par le site industriel et minier ont été caractérisées pour l'ensemble des composantes de la biodiversité terrestre. Toutefois, certaines lacunes subsistent. Pour identifier ces lacunes, nous avons pris en compte la cartographie des formations forestières et paraforestières réalisée par Bluecham SAS car ces habitats sont les plus riches en termes de nombre d'espèces, toutes composantes confondues.

Comme nous l'avions précédemment identifié dans le chapitre 5. 1, une zone forestière nécessite d'être inventoriée au niveau botanique au nord de la zone de stockage du minerai (1). Cette zone forestière a, en revanche, fait l'objet de caractérisation au niveau de l'avifaune et de l'herpétofaune.

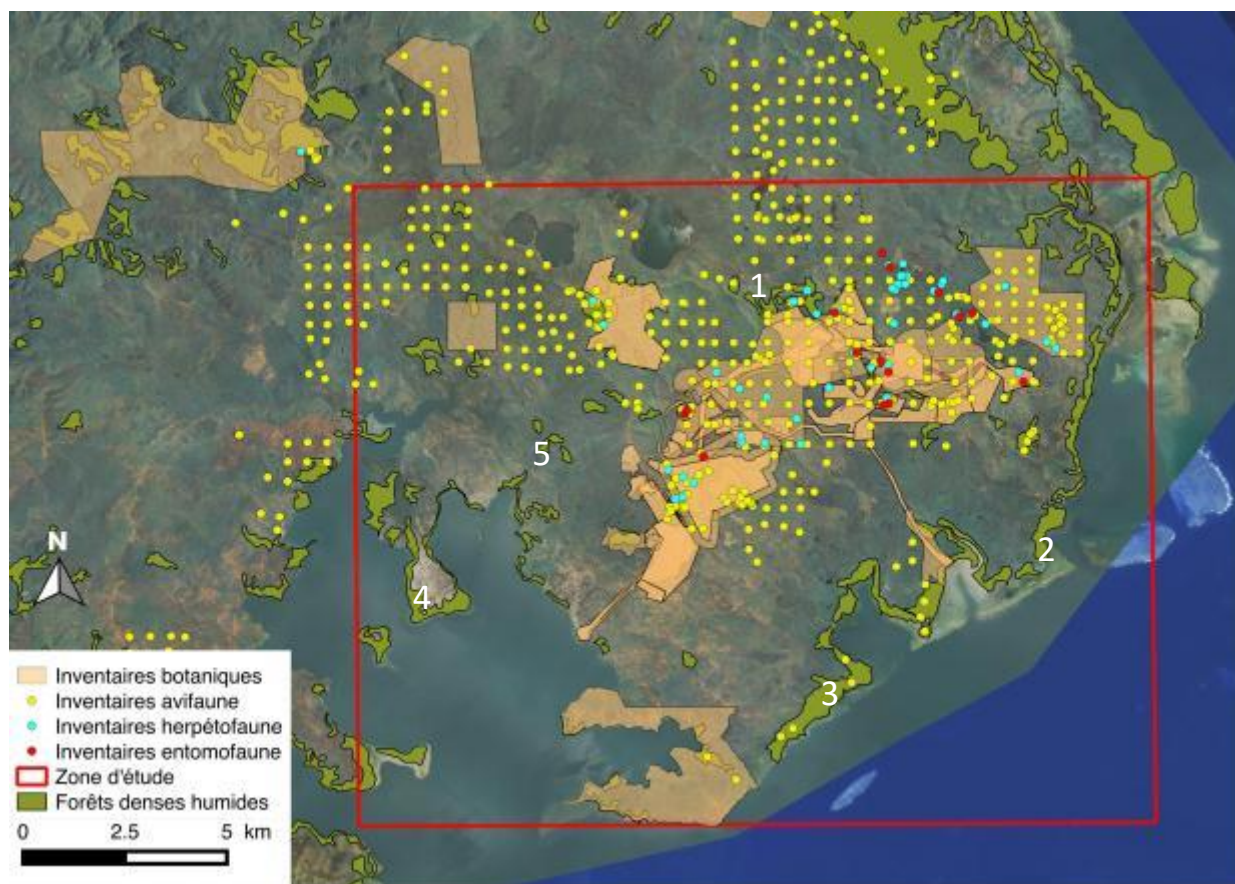


Figure 37 : Caractérisation de la biodiversité terrestre sur l'ensemble du site d'étude.

D'autres zones forestières, notamment les forêts littorales nécessitent une caractérisation de l'ensemble des composantes (l'avifaune a toutefois été étudiée dans certains cas) (2, 3, 4). De même certaines zones forestières sous le vent de l'usine nécessitent aussi une caractérisation de sa biodiversité terrestre (5).

7.11.2 Réseau de suivi de la biodiversité terrestre dans la zone d'étude

Un réseau de programmes de suivi a été mis en place pour évaluer les modifications de la biodiversité terrestre face aux installations minières et industrielles de VALE NC. Toutefois, on observe que ce réseau de suivi peut être optimisé. Dans le tableau suivant est synthétisé les différentes composantes de la biodiversité ainsi que la nécessité ou non d'améliorer le suivi. Au niveau des colorations, le vert indique que la composante semble bien suivie, le jaune qu'une amélioration est possible et le rouge que la mise en place d'un réseau de suivi est nécessaire. Pour les composantes en

bleu, il serait nécessaire de progresser dans l'acquisition de connaissances qui indiquera si elles représentent un bon potentiel de bio-indication.

Tableau 13 : Etat des suivis de chaque composante de la biodiversité terrestre sur le site d'étude. Les couleurs correspondent au niveau de qualité des suivis. Vert = bon ; Jaune = moyen ; Orange = insuffisant ; Rouge= mise en place d'un suivi requis ; Bleu : acquisition de connaissances nécessaires.

Flore		Faune		Micro-organismes du sol	Lichens et bryophytes
Indigène	Exotique	Indigène	Exotique		
Orange	Rouge	Jaune	Vert		
		Herpétofaune	Crapaud buffle		
		Vert	Vert		
		Avifaune	Fourmis		
		Rouge	Rouge		
		Chiroptérofaune	Rats		
Orange	Rouge	Bleu	Rouge		
		Entomofaune	Cerfs		
Orange	Rouge	Bleu	Rouge		
		Mollusque	Cochons		

Au niveau des degrés de pertinence des réseaux de suivi, les colorations sont les mêmes que celles pour la connaissance de la biodiversité.

Au niveau de la flore, un important dispositif est mis en place au sein des réserves provinciales situées à proximité du projet. Toutefois, il est à noter que le dispositif de la réserve du Pic du Pin a été abandonné à cause de dégâts occasionnés par des cochons. Il est dommage que cette zone ait été abandonnée car elle constituait un site témoin au regard de la réserve de la Forêt Nord et de celle du Pic du Grand Kaori. VALE NC a toutefois prévu de remettre la parcelle du Pic du Pin en place en 2015. De même, certaines recommandations ont été émises pour le suivi symptomologique. Un des plus importants aspects est l'absence de délimitation précise des impacts des pollutions atmosphériques sur la végétation. Un travail par télédétection a été initié pour définir l'étendue des dégradations liées aux émissions atmosphériques pour les formations forestières situées à proximité du projet. Ce travail constitue un important complément pour estimer précisément l'étendue de l'impact des polluants atmosphériques. Par ailleurs, cette technique pourrait aussi surveiller d'éventuelles perturbations des écoulements karstiques en identifiant les formations végétales ayant subi des impacts.

Pour l'herpétofaune, il est difficile de tirer des tendances des résultats, notamment en termes d'abondance. Il est proposé dans certains cas, et notamment celui de *Lacertoides pardalis* d'augmenter les temps de captures pour augmenter la quantité des données recueillies. Toutefois il est nécessaire de se poser la question de la pertinence de ce suivi. Par ailleurs, il est important d'effectuer les suivis aux mêmes périodes et de prendre en compte les conditions météo qui peuvent influencer les résultats.

Concernant l'avifaune, il semble important de mettre en place un traitement statistique des résultats. Par ailleurs, il est nécessaire d'identifier des moyens permettant de réduire les biais occasionnés par des observations qui ne seraient pas faites aux mêmes périodes de l'année ainsi que l'impact des bruits environnants des engins de mine sur les écoutes. Au regard des oiseaux marins, la récupération des individus échoués ne peut pas être considérée comme un suivi direct des échouages, en effet, la récupération des animaux est soumise à la sensibilisation du personnel et à leur volonté de prendre du temps pour effectuer le sauvetage. Il serait intéressant, en partenariat avec les instituts de recherche et la SCO de réfléchir à la possibilité de mettre en place un programme de suivi précis pour estimer avec exactitude l'impact de cette pollution lumineuse sur la survie des populations de ces oiseaux.

Pour l'entomofaune, il n'existe pas à proprement parler de suivi à l'heure actuelle mis à part celui relatif aux fourmis sur la zone industrielle et minière. Il serait nécessaire de faire dans un premier temps le bilan des espèces et abondances présentes sur les zones pouvant être impactées et de proposer un protocole pertinent permettant de suivre l'évolution de ces communautés avec des méthodes adaptées.

Au niveau des micro-organismes, il serait intéressant de réfléchir à la pertinence de mettre en place un suivi sur les zones impactées, afin de savoir si des tendances en termes de communauté et d'abondance peuvent être observées. Pour exemple, une étude pourrait être initiée pour mettre en évidence tout changement dans les communautés en liens avec les émissions atmosphériques. En fonction des résultats de ces travaux, ce type de suivi pourrait être intégré à celui des réserves provinciales.

8. Impacts finaux du projet de VALE NC sur la biodiversité terrestre

8. 1 Contexte

Ce chapitre a été rédigé grâce aux éléments qui se trouvent dans l'étude d'impact qui a été soumise à enquête publique dans le cadre de la Demande d'Autorisation d'Exploitation Minière présentée par Vale NC en début d'année 2016. Certains éléments de ce document ont été repris. Toutefois, dans ce rapport, nous avons tenté d'identifier les lacunes dans la définition des impacts environnementaux du projet. L'impact sur la biodiversité terrestre est évalué sur la végétation, les habitats, les espèces floristiques et faunistiques pour l'ensemble des phases du projet.

8. 2 Impact sur les formations naturelles et la flore.

Avec les opérations de défrichement envisagées, les impacts sur les milieux naturels seront de natures diverses. En effet, il est possible d'observer :

- la réduction du couvert végétal,
- la modification de la structure de la communauté végétale avec une éventuelle baisse de croissance et une mortalité d'individus d'espèces sensibles,
- la disparition d'individus parmi les espèces les plus sensibles,
- l'envahissement par des espèces exogènes profitant de l'ouverture des milieux ou encore de dépôt de résidus organiques ou de gravats,
- l'altération des individus dans leur capacité de reproduction,
- l'augmentation de la fréquentation et des coupes de bois illégales sur les milieux paraforestiers et forestiers.

Ces dégradations peuvent être soit directes, soit indirectes, notamment via le piétinement, l'effet de la poussière, l'ouverture de nouvelles pistes facilitant l'accès des hommes aux formations boisées, l'ouverture des milieux favorisant le développement des espèces exogènes, les modifications des conditions hydriques ou le recouvrement des formations rivulaires par les sédiments des cours d'eau ayant ruisselé sur les surfaces terrassées malgré les bassins de sédimentation.

Grace à la cartographie des formations naturelles, il est possible d'évaluer l'impact qu'aura le projet sur celles-ci. Au total, la superficie totale de l'empreinte du projet en 2036 serait de 1498,82 ha, ce qui représente 2,50% de la superficie du Grand Sud calédonien (60 000 ha).

Le projet industriel minier a été divisé en six zones différentes. Ces zones correspondent à de grands aménagements industriels. Dans le tableau suivant, il est possible d'appréhender les surfaces qui ont été impactées jusqu'à ce jour ainsi que celles qui seront impactées d'ici 2020 et 2036. La figure 38 illustre la localisation des principales installations dont l'emprise spatiale devrait augmenter.

Tableau 14: Surfaces impactées pour les différentes zones identifiées, en hectares

	2015	2020	2036
Zone 1 Parc à résidus de la Kwé Ouest	259	322	322
Zone 2 KO4	0	63	63
Zone 3 Centre industriel de la mine	147	167	167
Zone 4 Mine	297	475	799
Zone 5 Pépinière et camp géologie	7	7	7
Zone 6 Routes, pistes, ouvrage gestion des eaux	72	140	139
Surface totale des infrastructures et ouvrage objet de la demande	523	847	1170
Surface totale des infrastructures objet de la demande hors ouvrages optionnels	523	690	1013
Surface total des infrastructures et ouvrages contribuant à l'exploitation minière	782	1176	1499

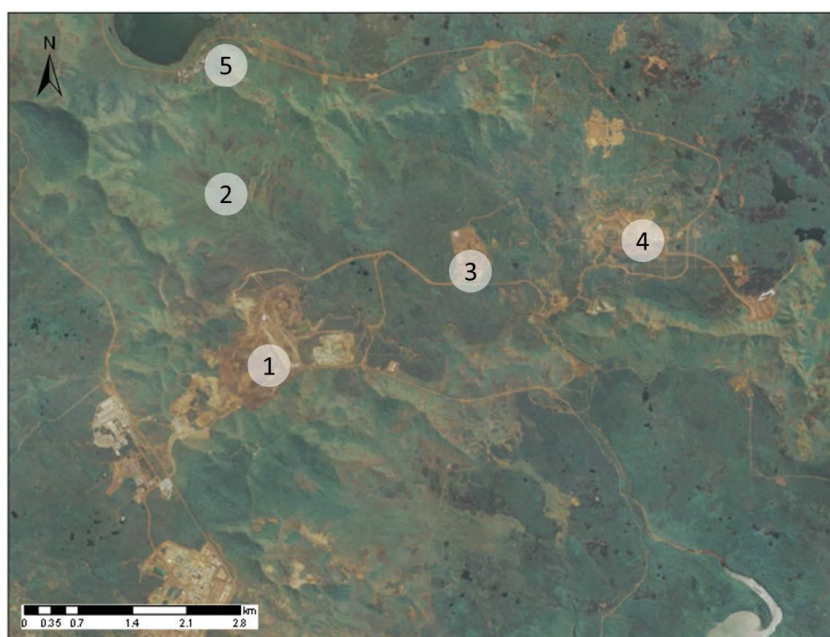


Figure 38 : Carte illustrant les zones du site industriel et minier de Vale NC dont la surface augmentera dans les années à venir. Image 2007 (source : Gouvernement NC / Géoportail OEIL).

Nous observons que la mine est l'infrastructure qui va impacter le plus les habitats naturels (799 ha), suivi par le parc à résidus de la Kwé Ouest (322 ha).

Dans le tableau suivant sont présentées les surfaces des formations naturelles qui ont déjà été impactées et celles qui seront impactées dans les années à venir.

Tableau 15 : Formations végétales dans l'empreinte totale du projet minier (Vale NC, 2016).

Formations végétales	Surfaces déjà défrichées (ha)							Surfaces restant à défricher (ha)							surface totale	% des formations dans le Grand Sud
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Total	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Total		
DIVERS	19,97	0	11,22	51,83	0,02	20,98	104,01	7,58	0	5,71	130,17	0	13,47	156,94	260,95	
Creeks, dolines, lacs	0,22	0	0,35	1,74	0	3,36	5,67	0,1	0	0,2	13,06	0	0,65	14,02	19,68	N/A
zones anthropisées	2,2	0	6,99	44,1	0,02	11,24	64,54	4,11	0	2,79	54,97	0	5,04	66,91	131,45	4,44%
sol nu, zones dégradées	17,56	0	3,88	5,99	0	6,38	33,81	3,37	0	2,73	62,15	0	7,77	76,02	109,82	2,72%
MAQUIS	44,03	0	115,77	143,35	0,06	59,08	362,29	30,03	0	34,47	425,96	0	42,87	533,32	895,62	1,71%
Maquis sur gabbro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Maquis semi-ouvert à dense, dominé par <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	4,79	0	50,55	48,39	0	11,34	115,07	1,99	0	19,53	210,03	0	5,3	236,85	351,92	3,74%
Maquis sur sol à hydromorphie temporaire ou permanente	18,66	0	30,45	62,78	0	28,93	140,82	2,35	0	2,25	31,84	0	5,64	42,09	182,91	1,94%
Maquis ligno-herbacées des pentes érodées	6,96	0	0,14	2,67	0,01	0,82	10,6	6,54	0	0	0,39	0	12,26	19,19	29,79	0,17%
Maquis ligno-herbacées de bas de pentes et piémonts	10,55	0	1,14	6,48	0,05	4,06	22,28	10,48	0	0,02	1,07	0	12,84	24,4	46,68	0,60%
Maquis arbustif sur sol ferrallitique cuirassé	2,71	0	21,12	7,89	0	3,09	34,81	8,39	0	10,43	85,45	0	5,1	109,37	144,18	24,07%
Maquis paraforestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i> dominant sur sol induré	0,35	0	11,96	8,71	0	5,98	27	0,24	0	2,11	62,18	0	0,77	65,3	92,3	2,82%
Maquis paraforestier à <i>Arillastrum gummiferum</i>	0	0	0,41	6,44	0	4,88	11,73	0,04	0	0,12	4,03	0	0,95	5,14	16,87	2,01%
Maquis preforestier à <i>Metrosideros nitida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,97	0	0	30,97	30,97	5,16%
FORETS	0	0	0	2,67	0	1,12	3,79	0	0	0	3,25	0	0	3,25	7,04	0,12%
Forêts	0	0	0	2,67	0	1,12	3,79	0	0	0	3,25	0	0	3,25	7,04	0,12%
AUTRES - non identifié	0,29	0	0	3,15	0	2,26	5,7	0	0	0	0,22	0	0	0,22	5,92	0,38%
Autres	0,29	0	0	3,15	0	2,26	5,7	0	0	0	0,22	0	0	0,22	5,92	0,38%
TOTAL	64,29	0	126,99	201	0,08	83,44	475,8	37,61	0	40,18	559,6	0	56,34	693,73	1169,52	1,75%

Au regard des zones directement impactées il est possible de déterminer quelles sont les formations végétales qui subiront les plus lourds impacts. Jusqu'à maintenant, les maquis miniers ont été défrichés sur 362 ha (parmi eux 38 ha de maquis paraforestiers). Au niveau des forêts, près de 4 ha ont été défrichés. Dans les années à venir les maquis miniers seront impactés à hauteur de 533 ha (parmi lesquels 101 ha de maquis paraforestier ou préforestiers). Par ailleurs plus de 3 ha de forêts devront être défrichés. Ceci permet de dire que 896 hectares de maquis miniers seront impactés (dont plus de 140 ha de maquis paraforestier ou préforestier). Et au total plus de 7 ha de forêts seront défrichés dans le cadre de ce projet. À nouveau, il est important de garder à l'esprit que ces chiffres ne concernent que les impacts directs liés au défrichement. Aucune information chiffrée concernant les impacts indirects liés notamment à la modification des écoulements de l'eau n'est donnée dans les études d'impacts. Il est pourtant avéré que les activités entraîneront une modification du débit des cours d'eau avec un assèchement de certaines parties des cours d'eau de la Kwé. Un rapport sur l'étude de l'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatiques a permis d'identifier les formations naturelles susceptibles d'être affectées (Vale NC, 2015). Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Surface totale de chaque type de formation par zone géographique susceptibles d'être impactées par la variation des débits (Vale NC, 2015)

Type de formation	Surface (ha) Kwé Ouest	Surface (ha) Kwé Nord	Surface (ha) Kwé Est	Surface (ha) Kwé Principale	Total (ha)
Forêts denses humides sur éboulis et rivulaires	0	0	10,79	0	10,79
Forêts denses à <i>Arillastrum gummiferum</i>	0	3,98	0	28,47	32,45
Maquis des sols à hydromorphie temporaire	7,08	0,86	2,07	3,26	13,26
Maquis des plaines hydromorphes	0,27	0	0,12	0,18	0,58

8. 3 Impact sur la faune

A travers la destruction et le morcellement des habitats naturels, une importante partie de la faune sera aussi lourdement impactée. C'est le cas des espèces qui ne peuvent se déplacer rapidement (lézards, insectes, mollusques etc.), mais également de la majorité des individus qui fréquentent ces zones lorsqu'il s'agit d'espèces territoriales (avifaune).

D'autres facteurs peuvent impacter la faune, en phase de construction comme en phase d'exploitation. C'est le cas notamment de l'accroissement :

- de la fréquentation humaine qui a un effet direct et plus ou moins temporaire lié au piétinement, au dérangement, au risque de feux accru et d'introduction d'espèces envahissantes,
- du bruit plus ou moins continu (dans les zones industrielles) ou par intermittence (au voisinage des voies de circulation) ainsi que des bruits soudains et violents (tirs de mine). Les engins et les véhicules de construction restent les principales sources de bruit et de vibrations dans ce type de projet,
- de la lumière : le secteur de la mine et les fronts de taille des fosses minières sont éclairés la nuit, et les phares des véhicules sont également une source d'éblouissement pour la faune.

8. 3. 1 Les reptiles (herpétofaune)

Cette composante de la biodiversité est importante en termes de conservation étant donné son important endémisme, voir son micro-endémisme.

Les geckos géants *Rhacodactylus sarasinorum* et *Rhacodactylus leachianus* sont des espèces protégées par le Code de l'environnement de la province Sud. Elles peuvent être affectées par la présence de faune exotique, surtout les rats, pour qui les œufs et les petits représentent des proies, tandis que les chats chassent les petits et les adultes. Les forêts humides et les forêts à chênes gomme (*Arillastrum gummiferum*) de la zone d'étude sont les principaux habitats de ces deux espèces de geckos géants. Les actions de préservation s'orientent vers la conservation des écosystèmes d'intérêt patrimonial.

Un autre élément important de l'herpétofaune est la présence de *Lacertoides pardalis* à proximité de l'usine. Des travaux effectués au col de l'Antenne auraient pu avoir un impact sur cette espèce de scinque. Toutefois, aucun impact notable n'a pu être mis en évidence à ce jour. Un suivi de cette espèce a montré que les travaux ne semblent pas avoir affecté son habitat situé à près de 300 m du chantier, ni les individus eux-mêmes. La poussière a été atténuée par l'arrosage systématique de la route et le bruit est diffus. Par ailleurs, la recherche d'autres populations entreprise dans les milieux similaires de la région du Grand Sud a permis d'identifier au moins 4 autres localités où ce scinque est également présent. Cette espèce a été localisée sur la crête séparant les bassins KO4 et KO5. Un

protocole de translocation et de suivi d'individus de *L. pardalis* vivant sur les lignes de crête de ce site vers l'ancienne mine A1 à proximité de la réserve de la forêt Nord a été mis en œuvre en octobre 2015.

8. 3. 2 Les oiseaux (avifaune)

Encore une fois, c'est la destruction des habitats terrestres qui va avoir le plus grand impact sur ces organismes. Par ailleurs les bruits et les vibrations vont également déranger les oiseaux. Il est important de noter que les forêts du plateau de Goro forment, en termes d'abondance spécifique, le second secteur le plus riche des massifs de forêt humide du Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie, après le Parc provincial de la Rivière bleue.

Au dernier recensement de 2014, la population aviaire du plateau de Goro comptait 34 espèces, dont 11 endémiques et 14 sous-espèces endémiques. On relève un taux d'endémisme de 37,5 %. Par cette avifaune, on compte trois des six espèces classées par l'UICN (la Perruche à front rouge, le Notou et le Faucon pèlerin).

Au niveau des habitats impactés, il est possible de noter que les aménagements vont affecter 7 ha de forêt, secteur d'intérêt pour les oiseaux, notamment la forêt résiduelle S2 qui constitue un des maillons des connexions écologiques avec la forêt du pic du Grand Kaori, dans le bassin versant de la Kwé Ouest.

Mise à part la perte directe d'habitat, d'autres nuisances associées aux chantiers contribuent à la régression des populations aviaires. On peut noter le bruit, les vibrations, la poussière, le roulage d'engins et le déplacement de matériel à proximité des habitats et les lumières nocturnes. Le suivi de l'avifaune réalisé depuis 2007 a mis en évidence que la proximité avec les infrastructures minières et la petite taille des formations forestières étaient deux facteurs négatifs pour le maintien de la communauté aviaire. C'est notamment le cas de la forêt résiduelle S2 et la forêt de la carrière de péridotite de la Kwé Est, de petite taille et à proximité des zones d'activité qui présentaient les indices patrimoniaux les plus bas par rapport aux autres sites suivis.

Pour les oiseaux marins, aucune estimation n'a été faite sur le nombre d'échouages qu'engendrera le projet dans les années à venir.

8. 3. 3 Les mammifères

Les seuls mammifères non exogènes de la zone d'étude sont les chiroptères. Aucun suivi spécifique n'est effectué sur les populations dans le cadre de ce projet. Les macro-chiroptères nichent dans les forêts et sont sensibles à la destruction de leur habitat. Tout comme pour les oiseaux, l'existence de connexions écologiques est importante pour le maintien des populations. Les micro-

chiroptères utilisent des anfractuosités de rocher pour nicher et souffrent moins de la réduction de leur habitat. Par contre, les populations peuvent être dérangées par la fréquentation et le bruit et être déroutées par les émissions sonores et la lumière nocturne. Les installations humaines peuvent favoriser la prolifération de rats et de chats ensauvagés. Leur présence peut avoir une incidence négative sur les lézards endémiques et également sur les oiseaux.

8. 4 Remarques sur l'étude d'impact sur la biodiversité terrestre.

Deux remarques peuvent être identifiées au niveau de la biodiversité terrestre :

- Au niveau de la flore, les surfaces des formations naturelles (notamment celles des formations d'intérêt conservatoire) ont été clairement indiquées. Toutefois, il semble y avoir quelques lacunes au niveau de l'impact sur les espèces sensibles de la flore. En effet, les espèces impactées par les aménagements sont indiquées. Toutefois, il n'est pas possible de connaître le nombre d'occurrences qui seront impactées par le projet sur le nombre total d'occurrences connues dans la zone et sur l'ensemble du territoire. Il est toutefois décrit les efforts réalisés par Vale NC pour multiplier ces espèces et les programmes de plantation qui seront effectués. Par ailleurs, il aurait été intéressant d'inclure dans l'étude d'impact générale les résultats de l'étude d'impact de la variation de débits de la Kwé, notamment les surfaces des formations végétales susceptibles d'être impactées.
- Pour les reptiles, comme détaillé dans le précédent chapitre, seules trois espèces sont prises en compte (2 espèces de *Rhacodactylus* et le *Lacertoides pardalis*). Toutefois, la description reste très générale et très succincte. A la différence de la flore, il n'est pas décrit les espèces qui seront impactées par les aménagements. D'importants travaux de caractérisation de l'herpétofaune ont été réalisés dans les futures zones impactées et il aurait été important de décrire le nombre d'occurrences impactées sur le nombre d'occurrences connues dans la zone. Les actions de conservation restent floues et orientées vers la conservation des habitats, sans toutefois proposer de nouvelles zones conservatoires autres que les réserves provinciales déjà mises en place.

Par ailleurs, il est à noter le manque d'étude sur la chiroptérofaune dans la zone et la définition de l'impact du projet industriel sur celle-ci. De plus, il n'est pas pris en compte l'impact des polluants atmosphériques sur les habitats naturels. En effet des dégâts ont pu être mis en évidence et il aurait été intéressant de décrire les impacts déjà connus et de modéliser les impacts qui pourront avoir lieu dans le futur à partir de ces premières observations.

De plus, l'impact de la création de l'aire de stockage KO4 risque d'influer sur les réseaux hydrographiques de la Kwé et de ce fait impacter les milieux naturels le long de ce creek. Ces impacts ne sont pas décrits dans l'étude d'impact.

8.5 Bibliographie

Vale NC (2015) Etude d'impact sur l'Environnement. Version 2012 actualisée.

Vale NC (2015) Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique. 287 pp.

9. Conclusion et perspectives

L'objectif principal de cette étude a été de faire le point sur les connaissances de la biodiversité terrestre autour du projet industriel et minier de VALE NC. Par ailleurs, elle devait aussi synthétiser les résultats des réseaux de suivi mis en place par l'industriel afin d'identifier tout changement au sein des différentes composantes de cette biodiversité. De plus, des propositions en termes d'améliorations des protocoles et des approches retenues devaient être réalisées. Ce document constitue donc la première synthèse globale de l'acquisition des connaissances et de l'analyse des réseaux de suivi de la biodiversité terrestre dans la zone d'influence du projet industriel et minier de VALE NC. Il est toutefois important de rappeler qu'il n'existe pour l'instant aucun indicateur validé et reconnu permettant de suivre l'évolution des milieux terrestres comme c'est le cas pour les milieux aquatiques¹². Il est donc nécessaire d'investir dans l'acquisition de connaissances pour sélectionner des bio-indicateurs pertinents.

Le premier constat fait dans le cadre de cette étude est celui de la nécessité de référencer les documents existants et d'assurer leur accessibilité. En effet, la volonté d'exhaustivité de cette étude a été confrontée à la dispersion des documents entre les collectivités et la société minière¹³. Par ailleurs, le rapportage effectué autour de la surveillance environnementale comporte parfois des imprécisions et il est souvent difficile de réaliser sa propre interprétation des résultats en l'absence de données brutes. Il apparaît indispensable d'assurer l'accès et la consultation des données brutes afin de permettre une meilleure transparence.

En termes d'acquisition des connaissances, de nombreuses études ont été réalisées comme en témoigne l'importante quantité de rapports identifiée. Ainsi l'étude de la flore indigène a fait l'objet d'un important effort de prospection afin de caractériser la structuration de la végétation dans le paysage mais aussi sa diversité et sa particularité, notamment en termes d'espèces rares et menacées.

¹² Indice BioSédimentaire (IBS) et Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC) basés sur l'étude des macroinvertébrés.

¹³ A noter le travail effectué par l'OEIL afin de référencer l'ensemble des études existantes de Vale NC dans sa bibliothèque numérique. <http://www.oeil.nc/cdrn/>

De ce fait, toutes les zones qui ont été impactées ont été prospectées et caractérisées. L'herpétofaune ainsi que l'avifaune ont aussi fait l'objet de nombreuses acquisitions de connaissances, bien qu'une forte proportion de documents existants sur les reptiles n'ait pas pu être récupérée durant la phase de collecte. Toutefois, il semble que certaines zones à proximité du complexe industriel et minier n'aient pas été étudiées. La présence de formations végétales à fort intérêt écologique (forêt et formations para-forestières) justifie a priori la nécessité d'établir une caractérisation de la biodiversité terrestre dans ces zones. De plus, il est important de souligner l'importance de conserver les milieux forestiers en périphérie du site de Vale NC car ces milieux ont un rôle clé à jouer lors de la fermeture du site et de sa réhabilitation.

D'autres compartiments tels que l'entomofaune, ou les micro-organismes du sol n'ont fait l'objet que de quelques études. Par ailleurs, des compartiments entiers n'ont pas fait l'objet de caractérisation. C'est notamment le cas de la chiroptérofaune¹⁴, de certaines espèces animales invasives (telles que les rats, cochons et cerfs), de la flore exotique ainsi que les lichens et les bryophytes. Les chiroptères et les espèces invasives semblent être les groupements prioritaires à étudier :

- Les chiroptères sont les seuls représentant des mammifères indigènes avec plusieurs espèces en dangers d'extinctions selon l'UICN.

- Les espèces invasives ont un impact conséquent sur les milieux naturels et les activités de Vale NC favorisent potentiellement l'introduction de certaines d'entre elles.

Ces groupements mériteraient d'être étudiés car certaines espèces peuvent voir leurs populations augmenter ou décroître en lien avec les activités de VALE NC et peuvent constituer de ce fait des indicateurs pertinents de changements environnementaux. Toutefois, il faut prendre en considération le fait qu'à des fins de gestion, il n'est probablement pas nécessaire d'aller caractériser de manière exhaustive l'ensemble de la biodiversité mais bien de sélectionner un jeu d'indicateurs pertinents pour suivre l'évolution de l'environnement.

Concernant les réseaux de suivi, il semble opportun de prendre du recul par rapport au travail effectué et de réajuster certains protocoles de suivi. C'est notamment le cas du suivi des réserves forestières et du suivi symptomologique. En termes de résultats, le premier ne permet pas de mettre en évidence des changements notables dus aux activités de l'industriel. Le second, quant à lui permet de caractériser des impacts sur la végétation à proximité de l'usine en lien avec des émissions de polluants atmosphériques. Ces aspects devraient être traités en priorité afin de mieux caractériser les impacts de Vale NC sur les habitats. D'autres suivis, tels que celui de l'avifaune et de l'herpétofaune, nécessitent

¹⁴ Bien que Vale NC évoque l'existence d'une étude dédiée aux chiroptères sans que d'autres informations n'aient été transmises dans le cadre du présent travail.

également des améliorations afin d'assurer une comparabilité des données entre chaque année d'observation. Par ailleurs, il pourrait être opportun de mettre en place un programme de suivi des populations d'oiseaux marins afin de caractériser avec plus de précision l'impact de la pollution lumineuse du site sur la survie de ces espèces. En terme de surveillance, pour l'heure, aucune nouvelle introduction d'espèce animale invasive n'a pu être mise en évidence.

Il est toutefois nécessaire de rappeler que le projet industriel et minier de Vale NC a entraîné de développement de certaines espèces animales et végétales invasives. Par ailleurs, le défrichage de près de 800 hectares de formations naturelles depuis le début du projet a entraîné une importante fragmentation du milieu dans la zone.

Enfin, au cours de la réalisation de cette synthèse sur la biodiversité terrestre, une évaluation temporelle des variables environnementales a pu être réalisée uniquement à partir des rapports. Il serait pertinent que l'industriel compile toutes les données, souvent uniquement disponibles auprès des prestataires assurant le suivi, dans une base de données qui seront validés et accessibles afin de faciliter le travail de synthèse. Afin de pallier ce problème, l'OEIL a entrepris un fastidieux travail de saisie, de structuration et de diffusion de l'ensemble des données disponibles sur le milieu terrestre¹⁵

Bibliographie

- Barré N., Dutson G. (2000) Oiseaux de Nouvelle Calédonie. Liste commentée. Alauda. Suppl. (68), 48p.
- Barré N., Ménard, C. (2003) Inventaire et écologie de l'avifaune des massifs de Nékoro et Mouataoua (Province Nord). Polycopié programme forêt sèche. 12 pp et annexes.
- Charpenter R. J., Read J. et Jaffré T. (2003) Reproductive traits of tropical rain-forest trees in New Caledonia. Journal of Tropical Ecology, 13 : 351-365.
- Chartendrault V., Desmoulins F., Barré N. (2007) Oiseaux de la Chaîne Centrale. Province Nord de la Nouvelle-Calédonie. Guide d'identification. Province nord et Institut Agronomique néo-Calédonien. Editeur Nouméa. 136 p.
- Crossland M. R. (2000) Direct and indirect effects of the introduced toad *Bufo marinus* (Anura : Bufonidae) on populations of natives anuran larvae in Australia. Ecography, 23 (3) 283-290.
- Desmoulins F., Barré N. (2004) Inventaire et écologie de l'avifaune du Plateau de Goro. Rapport intermédiaire, saison sèche. Rapport polycopié Goro-Nickel/IAC, Programme élevage et faune sauvage n°1/2004. 28 p et annexes.

¹⁵ <http://www.oeil.nc/fr/page/pardalis>

EMR (2013) Synthèse des connaissances sur le suivi de la qualité de l'air et des pluies dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie 2004-2011. Ed. OEIL.

Farmer A. M. (1993) The effect of dust on vegetation- A review. *Environmental Pollution*, 79(1): 63-75.

Jaffré T., Rigault F., Dagostini G., Tinel-Fambart J., Wulff A., Munzinger J., (2009). Input of the different vegetation units to the richness and endemism of the New Caledonian flora. *Proceedings of the 11th Pacific Sciences Inter congress*, 2-6 march 2009, Tahiti, French Polynesia.

L'Huillier L., Jaffré T., Wulff A., (2010) Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie: Les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration. IAC Editions, New Caledonia, 412 pp.

Lockwood J.D., M.F. Hoopes & M.P. Marchetti (2007) *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing.

Mattson L. (2006) Training Manual for the Pacific Island Invasive Ant Surveillance Programme 2005/06. Version 6, 17 May 2006. Agriquality.

Mulgrew A. & Williams P. (2000) Biomonitoring of air quality using plants. World Health Organisation (WHO) for Air Quality management. *Air Hygiene Report Number 10*: 7-165.

Service Environnement de Goro Nickel (2007) Protocole de surveillance des fourmis envahissantes Port - Usine – Mine. 26 pp.

VALE NC (2007) Demande d'Autorisation d'Exploiter des Installations classées. Etude d'impact Environnemental.

Villard P., Barré N., de Garine Wichtitsky M., Ménard C. (2003) Effets de quelques paramètres géographiques sur la présence du Notou *Ducula goliath* et d'autres espèces d'oiseaux d'intérêt patrimonial en Nouvelle Calédonie. Rapport IAC, programme Elevage et Faune Sauvage n°1/2003. 32 pp et annexes.

Wulff A.S., Hollingsworth P.M., Ahrends A., Jaffré T., Veillon J.-M., et al. (2013) Conservation Priorities in a Biodiversity Hotspot: Analysis of Narrow Endemic Plant Species in New Caledonia. *PLoS ONE* 8(9): e73371. doi:10.1371/journal.pone.0073371

Annexe 1 : Liste des documents consultés

Les documents en vert n'ont pas pu être récupérés. Les documents en rouge ont été récupérés au moment de l'enquête publique (début 2016) mais n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

DOCUMENTS REGLEMENTAIRES

- **Arrêtés**

Gouvernement de la NC (2004) Arrête ICPE 1769-2004/PS du 15 octobre 2004 autorisant Goro Nickel SAS à exploiter une usine de traitement de minerai. Ed. Gouvernement de la NC.

Gouvernement de la NC (2008) Journal officiel de la Nouvelle-Calédonie. Arrêté ICPE N° 1466-2008/PS et N°1467-2008/PS. Ed. Gouvernement de la NC.

Gouvernement de la NC (2013) Arrêté n°1989-2013/ARR/DENV du 21 août 2013 portant dérogation relative aux espèces protégées et autorisation de défrichements par la société Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Gouvernement de la NC.

- **Convention**

Province Sud (2010) Bilan sur la mise en oeuvre de la convention C.238-09 pour la conservation de la biodiversité au cours de la période mai 2009-août 2010 et Programme d'actions 2011. Ed. PS/ Vale NC.

Province Sud (2009) Convention N°C.238-09 fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité. Ed. PS/ Vale NC.

FLORE

- **Inventaires**

Goro Nickel (pas de date) Inventaire de la flore des formations végétales sur la concession Claude. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (pas de date) Inventaire de la flore et essences forestières de deux forêts à *Arillastrum gummiferum* sur "l'exercice minier" et "l'aire de stockage de latérite" dans le bassin de la rivière Kwé. Ed. Goro Nickel.

IRD (2000) Caractéristiques floristiques de la zone de Prony à Goro. Ed. Goro Nickel.

IRD (2001) Volume III - Section A - Annexe III-A-5-2 - Végétation et flore du site d'implantation de la future usine, octobre 2001. Ed. Goro Nickel.

IRD (2002) Inventaire floristique d'une parcelle de forêt en contrebas du Mont Oungoné. Ed. Goro Nickel.

IRD (2002) Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs "Priorité 1" de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel. Ed. Goro Nickel.

IRD (2002) Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs "Priorité 2" de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel. Ed. Goro Nickel.

IRD (2002) Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs "Priorité 3" de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel. Ed. Goro Nickel.

IRD (2002) Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs "Priorité 4" de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel. Ed. Goro Nickel.

IRD (2003) Annexe 1 de l'étude, Identification, typologie et cartographie des groupements végétaux de basse altitude du grand sud calédonien et de la vallée de la Tontouta, 2003 - Annexe III-A-5-3. Ed. Goro Nickel.

IRD (2003) Distribution des écotypes dans la région du Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie, 2003 - Annexe III-A-5-9. Ed. Goro Nickel.

Goro NC (2003) Inventaire floristique de l'exercice minier de pré-production Kue Nord. Ed. Goro Nickel.

Goro NC (2003) Inventaires floristiques – campagne d'exploration concession. Ed. Goro Nickel.

IRD (2004) Inventaire floristique des groupements végétaux des nouveaux tracés proposés par Goro Nickel SA pour le passage de l'émissaire à Port Boisé. Ed. Goro Nickel.

IRD (2004) Inventaire floristique des unités de végétation de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel, Janvier 2004 - Annexe III-A-5-4. Ed. Goro Nickel.

IRD (2004) Inventaire floristique des zones S1, S2, S3 et S4, à Prony, définies par Goro Nickel SA. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2004) Inventaires floristiques de la forêt S2 dans le cadre de l'étude d'impact du caniveau périphérique proposé pour le bassin de contrôle des résidus. Ed. Goro Nickel.

IRD (2005) Caractérisation taxonomique et patrimoniale des lambeaux forestiers dans le grand sud calédonien, implications pour la gestion et la préservation de ces formations - Rapport final. Ed. PS.

Goro Nickel (2005) Inventaire de la flore des formations végétales sur la carrière de péridotite de la Kué Est. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Inventaire de la flore des formations végétales sur la zone d'entreposage, août 2005 -Annexe III-A-5-5. Ed. Goro Nickel.

IRD (2005) Inventaire floristique de la zone S5, à Prony Ouest, définie par Goro Nickel SA. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Inventaire floristique des zones d'infrastructures complémentaires de la berme de la Kué Ouest. Ed. Goro Nickel.

IRD (2005) Inventaire floristique des zones S6, S7, S8 et S9, à Prony, définies par Goro Nickel SA. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Inventaire floristique du Bassin de Sédimentation de la Kue Nord. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Inventaire floristique du CR10 Déviation (Kue Est). Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Inventaires floristiques de la future voie de roulage de la mine vers la verse à stériles de GORO nickel (VRSKE). Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) L'inventaire de la flore et des essences forestières du maquis para-forestier et de la forêt rivulaire dans l'emprise du bassin de sédimentation et de la surverse de l'usine de Goro Nickel, novembre 2005 - Annexe III-A-5-6. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2005) Rapport d'inventaires botaniques concernant les travaux de la mine. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Campagne de forages 2006 sur le plateau de Goro. Etude floristique et vérification de présence d'espèces rares. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique des formations végétales sur la trajectoire de la route reliant le col de l'antenne à la Kué ouest, notamment de la plateforme FPP. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire de la structure et diversité de la Forêt S2 (Kue Ouest). Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique de l'emprise du drain temporaire Sud (Kue Ouest). Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique de l'usine de préparation de minerai & centre industriel minier. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique de la voie de roulage verse de la Kue Est. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique des formations végétales sur les zones d'emprunt de la Kué Ouest. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique du centre de maintenance de la mine, du centre de préparation du minerai et du dépôt à court terme de Goro Nickel dans le bassin de la Kué, septembre 2006 - Annexe III-A-5-8. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique du tronçon de la route et de la plateforme de sondage directionnel - émissaire de l'effluent à Port Boisé, décembre 2006 - Annexe III-A-5-11. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaire floristique emprise du pont des tuyauteries sur la Kue Ouest. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaires floristique des pistes exploration KN3. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaires floristiques campagne complémentaire de sondage 2006. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaires floristiques reaménagement des traversées des affluents Kue Nord et Kue Ouest. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Inventaires nouveaux trajectoires radiers de la Kue Ouest et Kue Nord. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) L'inventaire floristique des maquis para-forestiers dans l'emprise des bassins : eaux de ruissellement du stockage de soufre et de premier flot, avril 2006. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) L'inventaire floristiques des formations végétales dans l'emprise de la route périphérique de Prony Energie. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Les inventaires floristiques des formations végétales de la future pépinière et de l'extension du camp de la géologie à Grand Lac. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Noyau forestier "Priorité S2". Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2006) Travaux de préparations d'un viaduc à la Kue Ouest: inventaires botaniques. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2007) Inventaire complémentaire zone de couloir industrielle de la Kue Ouest. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2007) Inventaire de la réserve de la Forêt Nord. Ed. Goro Nickel.

Vale INCO (2007) Inventaire déversoir BSKN (Kue Nord). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2007) Inventaire floristique des formations végétales "des virages en épingles de la ridge Top Road". Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Bilan des études floristiques sur la zone de verse "VSKE" Finale (Kue Ouest). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique de l'emprise de la route des crêtes Kue Ouest "ridge top road" entre le col de l'antenne et le déversoir (Kue Ouest). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique de l'emprise du stock de minéral de basse teneur premier phase (SMBT) (Kue ouest) Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique de la campagne de forage de la mine de pré-production de 2008. Kue Est. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique de la zone de travaux KN 2-3 STOCKPILES / STOCKS DE MINÉRAI » et bassin de sédimentation (Kue nord). Kue Est. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique des maquis rivulaire en amont du KN 23 (Kue Nord). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique des zones concernées par la campagne de forage 2008 de la mine de pré production. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2008) Inventaire floristique du bassin de sédimentation du KN2,3. Ed. Vale INCO.

IRD (2008) Recensement du patrimoine botanique des aires protégées de la province sud rapport d'étapes 1 caractérisation et cartographie des formations végétales de 10 aires protégées terrestres de la Province sud. Ed. PS.

Vale INCO (2009) Inventaire floristique Aire emprunte carrière Limonite Nord "Zone 3" (Kue ouest). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2009) Inventaire floristique de la fosse des 5 ans de la mine. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2009) Inventaire floristique des pistes et plateformes de la campagne de forage "Epidote" Secteur Unité de Préparation de Minéral, (Kue Ouest). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2009) Inventaire floristique des seuils des affluents du KN1 et KO5. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2009) Inventaire floristiques pour campagnes exploration KO4 (Kué Ouest), VSKE (Verse à stérile Kué Est), SMLT (Aire de stockage de minéral) par Vale. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2009) Inventaires floristiques des pistes d'accès pour le curage et la maintenance de deux décanteurs à proximité de la Kué Nord 1 (KN1). Ed. Vale INCO.

IRD (2010) Caractérisation et cartographie des formations végétales de 4 aires protégées terrestres de la Province Sud. Ed. PS.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique: Campagne de sondages "GARDENIA". Equipe conservation flore de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique de l'aire de stockage de minerai SMLT (Kue Ouest). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique du V5 (Kue Nord). Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique. Rapport Zone "v5". Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique. Zone d'empreinte de la future piste d'entretien de la clotûre de la "forêt Mc Coy". Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaire floristique: Rapport zone "SMLT". Octobre 2010. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaires floristiques pour les campagnes exploration KO5 (Kue Ouest) par Vale et le Concession Robert pour l'évaluation par IRD du Conservatoire Botanique de la Wadjana. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Inventaires phytosociologiques des points de sondage de la campagne « Kaori », concession Rhone Pie. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Reconnaissance floristique Campagne Fer "A". Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Reconnaissance floristique des lignes tomographiques Campagne FER B. Ed. Vale INCO.

Vale INCO (2010) Reconnaissance floristique des lignes tomographiques. Mai 2010/ Prony (en aval de l'Usine). Ed. Vale INCO.

Bluecham (2011) Etude multi-temporelle des peuplements de chênes gomme Entre juillet 2009 et Juin 2011. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire floristique Carrière limonite Sud "extension" (Kue ouest). Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire floristique les pistes et plateformes de la campagne de sondage 100x100 du KO4 (Kue Ouest). Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2011) Inventaire floristique: Plateau de Goro. Zone des 15 ans d'exploitation. Vale Nouvelle-Calédonie. Rapport final. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire floristique. Campagne Piézométrique sur l'Est de la Plaine des Lacs (campagne en "L"). Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire floristique. Carrière Limonite Sud. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Investigation sur la cause du dépérissement d'une formation végétale dominée par le chêne gomme en aval du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Permis de coupe zone du grand Kaori en S5 (Kue ouest). Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Reconnaissance floristique Campagne géophysique Fer B (Kue Nord). Ed. Vale NC.

IRD (2012) Cartographie des types de végétation et inventaires floristiques de la zone de conservation de la Wadjana. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Espèces rares et protégées dans la zone d'influence des infrastructures industrielles et minières de VALE NC : Bilan 2011 des activités de conservation. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Inventaire floristique de la voie de roulage "V1" entre l'unité de préparation de minerai et l'aire de stockage des résidus (Kue Ouest). Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Inventaire floristique. Campagne de sondages et ouverture "Voie de roulage VR (option S1) entre l'usine de préparation du minerai et la zone de stockage des résidus. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Espèces rares et protégées dans la zone d'influence des infrastructures industrielles et minières de VALE NC : Bilan 2012 des activités de conservation. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Inventaire floristique aire d'entreposage nord (Kue Ouest). Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Inventaire floristique Campagne "KO4_Geotach2". Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Inventaire floristique CPVSKE (Kue Est). Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concession FER Extension 2 Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions AS 3, AS 4, AS 5 Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions DUNITE O, DUNITE P, DUNITE Q, DUNITE R Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions INVASION 1, INVASION 3, INVASION 1, EXT Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions INVASION 5 INVASION 6 INVASION 7 NH8 NH9 Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions YVON CHRISTMAS Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Groupe de sondage 10: concessions Invasion 2, Invasion 2 EXT et Invasion 4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Groupe de sondage 3: concessions Invasion 5, Invasion 6, Invasion 7, NH8, NH9. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique. Carrière VSKE. Site n°8. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Inventaire floristique. Concession Paulo. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2013) Inventaire floristique : Demande d'Autorisation Travaux de Recherches Concessions AS 3, AS 4, AS 5 Vale Nouvelle-Calédonie Rapport d'étude. Ed. Vale NC.

IAC (2013) Projet « Contribution à la connaissance des champignons ectomycorhiziens des forêts sur substrats ultramafiques de Nouvelle-Calédonie – implications pour la restauration écologique ». Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Rapport de campagne de forage FER. Reconnaissance floristique des pistes et plateformes (Grille 200 x 200 m). Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Vérification des formations végétales du ROM-Pad et de la voie de roulage MHR. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Délimitation de contours forestiers : Forêts du Kaori et S5. Projet KO2. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Demande d'autorisation pour les travaux de recherches. Groupe de sondage 2: concession Fer 2 ext. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Expertise floristique: Campagne de sondage concessions AS3, AS4 et AS5. Ed. Vale NC.

Vale NC (2014) Inventaire floristique du bassin de désaération de l'émissaire sur trouvant en proximité de la route du port de Vale Nouvelle Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2014) Inventaire floristique. Rapport KO4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques Pistes d'accès et plateformes de sondage KO4 et BS10. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: BS10. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: Bureaux KO4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: Carrière KO4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: Déversoir KO4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: MIA. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: Verse V6. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires botaniques. Site d'étude: ROM PAD. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires floristiques et identification des espèces rares et protégées sur les lignes tomographiques. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires floristiques et ornithologiques. Kwé Ouest - Piedmont du Kwa Nèi. Superposition du projet de défrichement avec la réserve Forêt Nord. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2014) Inventaires floristiques et ornithologiques. Identification des espèces rares et protégées. Kwe Ouest. Ed. Vale NC.

Vale NC (2014) L'inventaire floristique des formations végétales. Bassin versant Nord 6 de la Kué Ouest ; l'aire de stockage des résidus de la Kue Ouest (KWRSF). Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2015) Complément inventaires floristiques. Identification des espèces rares et protégées. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Inventaire floristique Aire de sécurisation du talus surplombant le déversoir du parc à résidus de la Kué Ouest. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Inventaire floristique. KWRSF Nord-Ouest. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Inventaire floristique. Piste d'accès CPA1. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Inventaire floristique. Route d'accès au bassin versant KO4. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2015) Inventaires floristiques et identification des espèces protégées Projet KO2, Priorité 1. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2015) Inventaires floristiques et identification des espèces protégées Projet KO4. Zones tampons : Carrière KO4 et Déversoir. Ed. Vale NC.

Bota-Environnement (2015) Inventaires floristiques et identification des espèces protégées Zones tampons. Projets de plates-formes et de pistes de sondages concessions AS 3, AS 4 et AS 5. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Reconnaissance floristique des lignes tomographiques Campagne FER EXT 2. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Reconnaissance floristique des pistes et plateformes de la Campagne FER EXT 2. Ed. Vale NC.

Vale NC (2015) Reconnaissance floristique des pistes et plateformes de la Campagne FER100_01. Ed. Vale NC.

- **Suivis**

Vale NC (Pas de date) Carte végétation zone SMLT. Ed. Vale NC.

Vale NC (2009) 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. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Espèces rares et protégées dans la zone d'influence des infrastructures industrielles et minières de VALE NC: Bilan 2011 des activités de conservation. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Espèces rares et protégées dans la zone d'influence des infrastructures industrielles et minières de VALE NC: Bilan 2012 des activités de conservation. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie - bilan 2010. Ed. PS.

Vale NC (2012) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie - bilan 2011. Ed. PS.

Vale NC (2013) Protocole de suivi de la végétation exposée aux émissions atmosphériques de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Surveillance symptomologique de la flore endémique sur 27 stations d'observation situées aux alentours de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie : Bilan de Février à Mars 2013. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie - bilan 2012-2013. Ed. Vale NC.

- **Autres**

IRD (2004) Contributions à la connaissance de la végétation et de la flore calédoniennes Publications - Ouvrages - Rapports 1964 - 2004. Ed. IRD.

IRD (2007) Recensement du patrimoine botanique des aires protégées de la province sud rapport intermédiaire synthèse bibliographique. Ed. PS.

IRD (2011) Recensement du patrimoine botanique des aires protégées terrestres de la Province sud (rapport d'étapes 4). Ed. PS.

IRD (2011) Recensement du patrimoine botanique des aires protégées terrestres de la Province Sud synthèse de l'étude. Ed. PS.

Murdoch University (2012) Investigations sur les facteurs en cause du dépérissement de la végétation dans la zone d'emprise de l'activité industrielle de Vale Nouvelle Calédonie. Ed. Vale NC.

Environmental Impact Solution (2014) A brief field assessment of native vegetation at sites close to the Vale New Caledonia facility. Ed. Vale NC.

IAC (2015) 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. Ed. IAC.

IAC (2015) Impact potentiel des poussières sur la végétation environnante de Goro, zone SMLT. Ed. IAC.

Environmental Impact Solution (2015) Vale vegetation injury monitoring report. Ed. Vale NC.

AVIFAUNE

- **Inventaires**

Province Sud (1997) Statut des oiseaux dans les forêts du littoral de la région de Port Boisé (de la rivière Koué au Cap Ndoua). Ed. PS.

Province Sud (2002) Recensements des oiseaux dans trois réserves spéciales botaniques du sud. Ed. PS.

IAC (2003) Effet de quelques paramètres géographiques sur la présence du Notou *Ducula goliath* et d'autres espèces d'oiseaux patrimoniaux en Nouvelle-Calédonie. Résultat d'inventaires dans le Nord (Forêt Plate) et le sud de la Grande Terre. P. Villard ; N. Barré ; M. Degarine Wichatisky ; C. Ménard. IAC élevage et faune sauvage. Convention ECOFOR. Avril 2003. Ed. IAC

IAC (2004) Inventaire et écologie de l'avifaune du plateau de Goro Juillet 2004. Ed. Goro Nickel.

IAC (2004) Inventaire et écologie de l'avifaune du Plateau de Goro. Rapport d'étude. Saison sèche F. Desmoulins ; N. Barré. IAC élevage et faune sauvage / Goro Nickel. Janvier 2004. Ed. Goro Nickel.

IAC (2006) Etude du statut et de la distribution des oiseaux des forêts humides de la Province Sud de Nouvelle-Calédonie. V. Chartendrault ; N. Barré. IAC élevage et faune sauvage / Province sud, DRN. Septembre 2006. Ed. PS.

ECCET (2010) Inventaire avien de la concession FERE 2. Ed. Vale NC.

ECCET (2010) Inventaire avien des concessions AS2, AS3, AS4, AS5, AS7. Ed. Vale NC.

Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. OEIL

11 rue Guyanmer I 98800 Nouméa - Tél. / Fax : 23 69 69 - www.oeil.nc

ECCET (2010) Inventaire avien des concessions RHONE et KUE. Ed. Vale NC.

ECCET (2011) Inventaire avien des concessions AS1, AS3, AS4, AS5, NICO B EST. Ed. Vale NC.

ECCET (2011) Inventaire de l'avifaune des formations boisées de la Wajana Rapport année 2010. Ed. Vale NC.

ECCET (2013) Inventaire avien des concessions NH8, INVASION7, INVASION 8, NH 9, INVASION 5, CHRISTMAS, YVON. Ed. Vale NC.

- **Suivis**

ECCET (2009) Mise en place d'un suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro. Ed. Vale NC.

Vale NC (2010) Bilan de l'impact de la pollution lumineuse sur le site de Vale Nouvelle Calédonie - 2007-2010. Ed. Vale NC.

ECCET (2010) Suivi de l'avifaune forestière et lacustre du Plateau de Goro Rapport saison 2009. Ed. Vale NC.

Vale NC (2010) Suivi environnemental 2008 à premier semestre 2010 - Rapport faune terrestre. Ed. Vale NC.

ECCET (2011) Suivi de l'avifaune forestière et lacustre du Plateau de Goro Rapport saison 2010. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Bilan des impacts dus aux pollutions lumineuses sur le site de Vale Nouvelle-Calédonie 2011-2012. Ed. Vale NC.

ECCET (2012) Suivi de l'avifaune forestière et lacustre du Plateau de Goro Rapport campagne 2011-2012. Ed. Vale NC.

ECCET (2013) Suivi de l'avifaune forestière et lacustre du Plateau de Goro Rapport campagne 2012-2013. Ed. Vale NC.

ECCET (2014) Suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro et lacustre de la Plaine des Lacs. 2013-2014. Ed. Vale NC.

ECCET (2015) Suivi de l'avifaune forestière du plateau de Goro et lacustre de la Plaine des Lacs. 2014-2015. Ed. Vale NC.

HERPETOFAUNE

- **Inventaires**

Cygnnet Surveys & Consultancy (2001) A survey of the lizards of the proposed Wadjana Basin reserve. Ed. Goro Nickel

Australian Museum business service (2004) Étude faunistique spécifique herpétofaune sur le site minier Goro Nickel proposé, février 2004 - Annexe III-A-5. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2006) An assessment of the lizard fauna of the proposed humid forest preserves in the Wadjana basin and north Kwa range. Ed. Goro Nickel

Cygnnet Surveys & Consultancy (2006) Lizard species inhabiting the kwa west humid forest sites S2 and S5 on the Goro Nickel Mine site.. Ed. Goro Nickel

Cygnnet Surveys & Consultancy (2007) Inventaire herpétologique de 3 réserves de la province Sud (Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin) – Etat initial (T0). Mise en place du protocole de suivi réalisé en collaboration avec Ross Sadlier (Australian Museum of Sydney) – Vale Nouvelle-Calédonie.. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2008) A survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco mine site (5 to 10 year plan of development), with Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan) – Vale Nouvelle-Calédonie.. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2008) *Monitoring of lizards in humid forests on the Goro nickel lease (Prony)*. Cygnnet Surveys & Consultancy.. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2008) Inventaire complémentaire de l'herpétofaune de la versée à stérile de la Kwé Est (VSKE) - Phase d'extension 3 et du noyau forestier situé en contrebas de la digue OUEST (KE4). Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2008) Inventaire complémentaire de l'herpétofaune du stock de minerai de basse teneur (SMLT KN23) et du bassin de sédimentation (BS KN23) de la zone KN23. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2008) Inventaire de l'herpétofaune de la future voie de roulage - Tronçon entre KN1 et KN 2-3. Ed. Goro Nickel.

Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. OEIL

11 rue Guyanmer I 98800 Nouméa - Tél. / Fax : 23 69 69 - www.oeil.nc

Cygnnet Surveys & Consultancy (2009) *A survey of the lizard fauna of humid forest habitat on the Kwè Nord range*, Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan) – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2009) *A survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco mine site (10 to 20 year plan of development)*, with Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan) – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2009) Suivi annuel herpétologique (T1) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2009) Suivi annuel herpétologique (T2) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Vale NC (2009) Inventaire complémentaire de l'herpétofaune de la zone de stockage de minerais long terme (SMLT). Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2009) Inventaire de la faune de lézards de l'habitat de forêt humide du groupement forestier de la Kwe Nord. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2010) *A survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco mine site (20 to 30 year plan of development)*, with Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan) – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2010) Inventaire de l'herpétofaune terrestre de la campagne de sondages GAHNIA 01, GAHNIA 03 & KAORI pour le Service Exploration Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2010) Suivi annuel herpétologique (T3) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Goro Nickel.

IRD/Australian museum (2010) Inventaire Herpéto-logique des aires protégées de la Province Sud (synthèse bibliographique) - version intermédiaire. Ed. PS.

Goro Nickel (2010) Suivi environnemental 2008 à premier semestre 2010 - Rapport faune terrestre. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2011) *An assessment of the lizard fauna on the VALE Nouvelle-Calédonie concessions AS3, AS4 and AS5*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire de l'herpétofaune terrestre de la concession AS1 (dans le bassin versant de la rivière Kwé) pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire de l'herpétofaune terrestre de la concession Fer E2 (haut bassin de la grande Kuébini, plateau de Goro) pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2011) *Inventaire de l'herpétofaune terrestre de la concession KO4*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Inventaire de l'herpétofaune terrestre de la zone de travaux Nico B Est (bassin de la petite Kuébini, plateau de Goro) pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2011) *A survey of the lizard fauna of maquis forest habitat on the Vale Inco Mine Site (20 to 30 year plan of development)*. Ed. Vale NC.

IRD/Australian museum (2011) Inventaire Herpéto-logique des aires protégées de la Province Sud (synthèse bibliographique) - version intermédiaire. Ed. PS.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2012) *An assessment of the lizard fauna on the VALE Nouvelle-Calédonie concessions 2*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2013) *An assessment of the lizard fauna on the VALE Nouvelle-Calédonie concessions 3*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2013) *An assessment of the lizard fauna on the VALE Nouvelle-Calédonie concessions 4*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2013) *An assessment of the lizard fauna on the VALE Nouvelle-Calédonie concessions 5*, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan), pour le Département Mine de Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Caractérisation faunistique du périmètre d'investigation du site n°8 (projet CPVSKE, commune de Yaté). Rapport d'expertise réalisé pour le Département Mine, Service Ingénierie et Permis de VALE Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Étude des corridors forestiers sur la zone du projet minier de VALE Nouvelle-Calédonie : Inventaire herpétologique complémentaire d'écosystèmes paraforestiers et forestiers (Conservation International / Vale Nouvelle-Calédonie). Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2014) *An assessment of the lizard fauna on the Forêt a Nothofagus*. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2014) *An assessment of the lizard fauna on the site of the proposed Vale Nouvelle-Calédonie KO4 Quarry*. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2014) *An assessment of the lizard fauna on the Vale Nouvelle-Calédonie areas KO 4, Bureaux KO 4, BS 10, BS V6, KWRSF, Ext ROM PAD & Ext. MIA, and ZEF*. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2015) *An assessment of the lizard fauna of forests on the Vale Nouvelle-Calédonie KO4 project area*. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2015) *An assessment of the lizard fauna on the site of the proposed Vale Nouvelle-Calédonie KO4 mine access road*. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2015) *An assessment of the lizard fauna on the site of the proposed Vale Nouvelle-Calédonie KO4 Quarry no.4*. Ed. Vale NC.

- **Suivis**

Goro Nickel (2005) Premiers résultats du plan de suivi du *Lacertoides pardalis* sur le site du col de l'antenne. Ed. Goro Nickel.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2009) Targeted survey for the rare regional endemic lizard (*Lacertoides pardalis*) at Forêt Nord (Kwa Neie range), Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier) – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Cygnnet Surveys & Consultancy (2011) A survey of the lizard fauna of humid forest habitat on the Wadjana forest, avec Cygnnet Surveys & Consultancy (Ross Sadlier & Gerry Swan) – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2011) Suivi annuel herpétologique (T4) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2012) Suivi annuel herpétologique (T5) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (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. Ed. Vale NC.

Vale NC (2013) Suivi annuel herpétologique (T6) des réserves de la Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du Pin – Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Vale NC (2014) Suivi de l'herpétofaune de quatre forêts du Grand Sud et proposition de mesures de conservation. Vale NC.

MYRMECOFAUNE

- **Suivis**

IRD (2006) Bilan de la contamination par la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*) des habitats naturels situés sur la zone d'emprise dites "FPP et MIA" et d'une voie de roulage associée, définies par Goro Nickel SA. Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2008) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Goro Nickel - état Initial (octobre 2008). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Vale Inco - Premier suivi (mars 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis envahissantes sur la zone à risques du port de Vale Inco - suivi n°2 (octobre 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de Magasin - Site industriel de Vale Inco Goro - état initial (mars 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de magasin - Site industriel de Vale Inco Goro - suivi n°1 (octobre 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de vrac - Site industriel de Vale Inco Prony - état Initial (mars 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2009) Surveillance des fourmis exogènes sur la zone de vrac - Site industriel de Vale Inco Prony - suivi n°1 (octobre 2009). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2010) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Inco à Prony - suivi n° 3 (mars 2010). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2010) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 4 (octobre 2010). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2011) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 5 (Mars 2011). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2011) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 6 (Octobre 2011). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2012) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 7 (Mars 2012). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2012) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 8 (Octobre 2012). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2013) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 9 (Mars-Avril 2013). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2014) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 11 (Avril 2014). Ed. Goro Nickel.

BIODICAL (2014) Surveillance des fourmis envahissantes sur les zones à risques du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony - suivi n° 12 (Octobre 2014). Ed. Goro Nickel.

ENTOMOFAUNE

- Inventaires

IRD (2003) 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, août 2003 - Annexe III-A-5-4. Ed. Goro Nickel.

IRD (2005) Bilan entomologique des noyaux forestiers dits, "S2 et S5", à Prony, définies par Goro Nickel SA. Ed. Goro Nickel.

Australian Meseum buisness service (2006) Inventaire de l'entomofaune de quatre réserves du sud de la Nouvelle Calédonie. Ed. PS.

Daniel Grand (2005) Libellules de Nouvelle-Calédonie.

IRD (2008) Inventaire entomologique des aires protégées de la province Sud. Ed. PS.

FAUNE TERRESTRE

- Inventaires

Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. OEIL
11 rue Guyanmer I 98800 Nouméa - Tél. / Fax : 23 69 69 - www.oeil.nc

IRD (2007) Programme d'étude faunistique de la Kwé Ouest. Ed. Goro Nickel.

- **Suivis**

Vale NC (2010) Suivi environnemental 2008 à premier semestre 2010 - Rapport faune terrestre. Ed. Vale NC.

- **Autres**

Goro Nickel (2008) Synthèse bibliographique des études faunistiques de la carrière à péridotites de la Kwé EST. Ed. Goro Nickel.

FAUNE & FLORE

- **Inventaires**

IRD (2003) Document°5 : Inventaire des écosystèmes terrestres (faune-flore) et mesures compensatoires. Ed. Goro Nickel.

- **Autres**

Goro Nickel (2004) Etude d'Impact, TOME 3 - Volume 3: Effets environnementaux du projet - Chapitre 3: Ecosystème terrestre. Ed. Goro Nickel.

Golder (2004) Le milieu physique, rapport de base sur le climat, la géologie, l'hydrologie et l'hydrogéologie - Projet Goro Nickel, Nouvelle Calédonie, novembre 2004. Ed. Goro Nickel.

Axel de Bascoche (2007) L'inscription de sites calédoniens à la Convention sur les Zones Humides : Processus et Enjeux. Ed. PS.

Goro Nickel (2007) Plan de sauvegarde de la biodiversité terrestre - Annexe III-C-5-4. Ed. Goro Nickel.

Goro Nickel (2007) Plan de surveillance de la flore et de la faune terrestre, mai 2007 - Annexe III-C-5. Ed. Goro Nickel.

Vale NC (2012) Forum sur le suivi des milieux terrestres du Sud Calédonien - La gestion de la biodiversité terrestre chez Vale Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

ESPECES ENVAHISSANTES

- **Suivis**

BIODICAL (2009) Campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. Ed. Vale NC.

BIODICAL (2010) Seconde campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. Ed. Vale NC.

BIODICAL (2012) Troisième campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. Ed. Vale NC.

BIODICAL (2013) Quatrième campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. Ed. Vale NC.

BIODICAL (2014) Cinquième campagne de détection du crapaud buffle (*Bufo marinus*) sur le site industriel de VALE INCO à Prony - Rapport d'expertise. Ed. Vale NC.

- **Autres**

UICN (2011) Expertise du «Plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » de la société VALE Nouvelle-Calédonie. Ed. Vale NC.

Annexe 2 : Liste des oiseaux contactées sur le plateau de Goro (Desmoulins & Barré, 2004).

LR : espèces à large répartition (présentes aussi hors de Nouvelle-Calédonie) ; SEE : sous-espèce endémique ; EE : espèce endémique ; menaces selon les critères de l'UICN : NT : Near Threatened : Quasi menacé d'extinction ; VU : Vulnérable ; FR : Faible risque.

Famille	Nom scientifique	Nom français, Noms locaux	Statut	Code
Ardeidae	<i>Egretta novaehollandiae</i>	Aigrette à face blanche ; Héron à face blanche	LR	AIFA
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax m. melanoleucos</i>	Cormoran pie ; Canard japonais	LR	COPI
Accipitridés	<i>Accipiter haplochrous</i>	Autour à ventre blanc ; Emouchet bleu	EE FR	AUVE
	<i>Haliastur sphenurus</i>	Milan siffleur ; Aigle siffleur	LR	MISI
Columbidae	<i>Ducula goliath</i>	Carpophage géant, Notou	EE NT	NOTO
	<i>Columba vitiensis hypoenochroa</i>	Pigeon à gorge blanche	SEE	PIGO
	<i>Chalcophaps indica chrysochlora</i>	Colombine turvert	LR	COTU
Psittacidae	<i>Cyanoramphus sailseti</i>	Perruche à front rouge	EE.NT	PEFR
	<i>Trichoglossus haematodus deplanchei</i>	Loriquet à tête bleue ; Perruche écossaise+	SEE	LOTE
Cuculidae	<i>Chrysococcyx lucidus layardi</i>	Coucou éclatant ; Coucou cuivré	LR	COEC
	<i>Cacomantis flabelliformis pyrrhophanus</i>	Coucou à éventail ; Monteur de gamme	SEE	COEV
Apodidae	<i>Collocalia esculenta albidior</i>	Salangane soyeuse ; Hirondelle	SEE	SASO
Alcedinidae	<i>Todiramphus sanctus canacorum</i>	Martin-chasseur sacré ; Alcyon sacré des canaques	SEE	MACH
Meliphagidae	<i>Lichmera incana incana</i>	Mélinphage à oreillons gris ; Suceur	SEE	MEOR
	<i>Phylidonyris undulata</i>	Mélinphage barré ; Grive perlée ; Couyouc	EE	MEBA
	<i>Philemon diemenensis</i>	Polochion moine ; Grive ; Oiseau moine	EE	POMO
	<i>Myzomela caledonica</i>	Myzomèle calédonien ; Sucrier écarlate ; colibri	EE	MYCA
Acanthizidae	<i>Gerygone f. flavolateralis</i>	Gérygone mélanésienne ; Fauvette à ventre jaune ; Wapi	SEE	GEME
Eopsaltridae	<i>Eopsaltria flaviventris</i>	Miro à ventre jaune ; Rossignol	EE	MIVE
Pachycephalidae	<i>Pachycephala caledonica</i>	Siffleur calédonien ; Sourd	EE	SICA
	<i>Pachycephala rufiventris xanthetreae</i>	Siffleur itchong ; Siffleur à ventre roux	SEE	SIIT
Corvidae	<i>Corvus moneduloides</i>	Corbeau calédonien	EE	COCA
Artamidae	<i>Artamus leucorhynchus melanoleucos</i>	Langrayen à ventre blanc ; Hirondelle busière	SEE	LAVE
Campéphagidae	<i>Coracina caledonica caledonica</i>	Echenilleur calédonien ; Siffleur	SEE	ECCA
	<i>Lalage leucopygia montrosieri</i>	Echenilleur pie de Nouvelle-Calédonie	SEE	ECPI
Rhipiduridae	<i>Rhipidura fuliginosa bulgeri</i>	Rhipidure à collier ; Petit lève queue	SEE	RHCO
	<i>Rhipidura spilodera verreauxi</i>	Rhipidure tacheté ; Grand lève queue	SEE	RHTA
Monarchidae	<i>Clytorhynchus p. pachycephaloides</i>	Monarque brun ; Gobe-mouches brun	SEE	MOBR
	<i>Myiagra caledonica caledonica</i>	Monarque mélanésien ; Gobe-mouche à large bec	SEE	MOME
Sturnidae	<i>Aplonis striatus striatus</i>	Stourne calédonien ; Merle noir	EE	STCA
Zosteropidae	<i>Zosterops xanthochrous</i>	Zostérops à dos vert ; Lunette	EE	ZODV
Estrildidae	<i>Erythrura psittacea</i>	Diamant psittaculaire ; Cardinal	EE	DIPS

Annexe 3 : Liste des espèces de la Myrmécofaune (selon les relevés du cabinet Biodical)

Sous famille	Espèce	Statut
Dolichoderinae	<i>Iridomyrmex cf. calvus</i>	Eloc
	<i>Iridomyrmex cf. obsidianus</i>	Eloc
	<i>Leptomyrmex nigriceps</i>	Eloc
	<i>Leptomyrmex pallens</i>	Eloc
	<i>Ochetellus cf. glaber</i>	Eloc
	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	Eint
	<i>Technomyrmex albipes</i>	Eint
Ectatominae	<i>Rhytidoponera cf. versicolor</i>	Eloc
	<i>Rhytidoponera spp(*)</i>	Eloc
Formicinae	<i>Anoplolepis gracilipes</i>	Eint
	<i>Brachymyrmex obscurior</i>	Eint
	<i>Camponotus cf. gambeyi</i>	Eloc
	<i>Camponotus sommeri</i>	Eloc
	<i>Nylanderia vaga</i>	Eint
	<i>Paraparatrechina caledonica</i>	Eloc
	<i>Paraparatrechina foreli nigriventris</i>	Eloc
	<i>Paraparatrechina spp</i>	Eloc
	<i>Paratrechina longicornis</i>	Eint
	<i>Plagiolepis alluaudi</i>	Eint
	<i>Polyrhachys guerini</i>	Eloc
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla emeryi</i>	Eint
	<i>Cardiocondyla obscurior</i>	Eint
	<i>Carabera sodalis</i>	Eloc
	<i>Eurhopalothryx caledonica</i>	Eloc
	<i>Lordomyrma spp (*)</i>	Eloc
	<i>Meranoplus leveillei</i>	Eloc
	<i>Monomorium floricola</i>	Eint
	<i>Monomorium lililuokalani</i>	Eint
	<i>Monomorium spp (*)</i>	Eloc
	<i>Oretognathus sarasini</i>	Eloc
	<i>Pheidole megacephala (**)</i>	Eint
	<i>Pheidole oceanica</i>	Eloc
	<i>Pheidole spp (*)</i>	Eloc
	<i>Pyramica sp</i>	Eloc
	<i>Solenopsis geminata</i>	Eint
	<i>Solenopsis papuana</i>	Eloc
	<i>Tetramorium bicarinatum</i>	Eint
	<i>Tetramorium simillimum</i>	Eint
	<i>Tetramorium tonganum</i>	Eint
	<i>Tetramorium spp (*)</i>	Eloc
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	Eint
Ponerinae	<i>Anochetus graeffei</i>	Eloc
	<i>Odontomachus cf. simillimus</i>	Eloc

	<i>Hypoponera opaciceps</i>	Eint
	<i>Hypoponera sp</i>	Eloc
	<i>Ponera leae</i>	Eloc

Eint: Espèce Introduite ; Eloc: Espèce Locale (indigène ou endémique). (*) : Ces genres contiennent plusieurs espèces non décrites. (**) : Espèce détectée en 2009, elle a été éradiquée depuis.