



Rapport final

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 (Volet 1/2)

C. Lamatte, A. Miñana. EMR
Editeur : OEIL.

Février 2014



Observatoire de l'environnement
en Nouvelle-Calédonie

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

Table des matières

Chapitre I - Introduction	6
Chapitre II - Présentation du cadre de l'étude.....	8
II.1. Contexte naturel	8
II.1.1. Données climatiques et météorologiques générales	9
II.1.2. Milieu physique	18
II.1.3. Milieux terrestres	22
II.2. Contexte humain.....	27
II.3. Projet et installations de Vale NC.....	27
II.3.1. Le projet.....	28
II.3.2. Les installations.....	29
Chapitre III - Objet de l'étude	30
III.1. Présentation de la thématique « émissions atmosphériques » et ses enjeux	30
III.1.1. Définitions.....	30
III.1.2. Listes des polluants concernés et effets sanitaires	31
III.2. Sources de pollution.....	32
III.3. Enjeux sanitaires et environnementaux	33
III.3.1. Risques sanitaires pour la population	33
III.3.2. Risques pour la végétation.....	35
III.3.3. Évaluation des risques pour la santé humaine et la végétation	36
III.3.4. Résultats des évaluations des risques	40
Chapitre IV - Présentation du contexte réglementaire.....	43
IV.1.1. Références internationales.....	44
IV.1.2. Références nationales	47
IV.1.3. Références locales.....	49
Chapitre V - Synthèse des informations disponibles	54
V.1. Bibliographie disponible.....	54
V.2. Synthèse des informations disponibles et utilisées	56
Chapitre VI - Suivi de l'air	57
VI.1. Documents et informations exploités.....	58
VI.2. Règlementation	64
VI.2.1. Les arrêtés et la convention Biodiversité	64
VI.3. Etat de référence	65
VI.4. Les suivis de 2008-2011.....	66

VI.4.1. Emplacement des stations de suivis.....	66
VI.5. Les méthodes de référence et instrumentation	69
VI.6. Résultats des états de référence	70
VI.6.1. Saison humide.....	70
VI.6.2. Saison sèche.....	71
VI.6.3. Variations saisonnières.....	72
VI.7. Résultats des suivis annuels	74
VI.7.1. Données exploitables pour les mesures de la qualité de l'air	74
VI.7.2. Résultats issus des mesures en continu	76
VI.7.3. Résultats des évolutions des concentrations en métaux contenus dans les particules de poussières PM ₁₀	85
Chapitre VII - Suivi de l'eau de pluie	91
VII.1. Documents et informations exploités.....	92
VII.2. Réglementation	94
VII.2.1. Les arrêtés et la convention « Biodiversité ».....	94
VII.3. Etat de référence	95
VII.4. Les suivis de 2008 à 2011	96
VII.4.1. Emplacement des stations de suivis.....	96
VII.5. Méthodes de référence et instrumentation.....	98
VII.6. Résultats des états de référence	99
VII.7. Résultats des suivis annuels	101
VII.7.1. Données exploitables pour les mesures de la qualité des eaux de pluie	101
VII.7.2. Résultats issus du suivi de la qualité des eaux de pluie.....	102
Chapitre VIII - Suivi de la végétation	115
VIII.1. Documents et informations exploités.....	116
VIII.2. Réglementation	120
VIII.3. Suivi initial de 2006 à 2010	121
VIII.3.1. Emplacement des stations de suivi	121
VIII.3.2. Méthode : suivis de 2006 à 2009	124
VIII.3.3. Méthode : suivis de 2010.....	127
VIII.4. Résultats des suivis de 2006 à 2010	128
VIII.4.1. Inventaire floristique	128
VIII.4.2. Définition de l'état de santé par mesure de l'activité photosynthétique de 2006 à 2010..	130
VIII.4.3. Conditions chimiques et évolutions spatio-temporelles des sols, litières et feuilles des espèces communes de 2007 à 2011	131
VIII.4.4. Conclusion sur les résultats des suivis 2006-2010	133

VIII.5. Constat de dépérissement et premières investigations de Vale NC.....	135
VIII.6. Méthode des suivis de la végétation à partir de 2010.....	137
VIII.6.1. Résultats des investigations de F. Murray depuis 2011.....	140
VIII.6.2. Bilan des résultats et tendance d'évolution.....	143
Chapitre IX - Synthèse et résumé du volet 1/2 de la présente étude.....	145
IX.1. Suivi de la qualité de l'air.....	146
IX.2. Suivi de la qualité des eaux de pluie.....	146
IX.3. Suivi de la végétation.....	148
Figures.....	149
Tableaux.....	150
Bibliographie.....	153

Chapitre I - Introduction

La société Vale Nouvelle-Calédonie, anciennement Goro Nickel, est une entreprise d'extraction de minerai et de production de nickel (Ni) et de cobalt (Co) qui s'est implantée dans le sud de la Nouvelle-Calédonie, sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, dans le secteur de la tribu de Goro. Cette entreprise s'est implantée en Nouvelle-Calédonie dans l'objectif d'exploiter le gisement de minerai de nickel du plateau de Goro avec la mise en place d'une mine à ciel ouvert, d'un complexe industriel et d'un port situé dans la baie de Prony. Le démarrage progressif du complexe minier et industriel a débuté en 2010, avec une production à pleine capacité prévue en 2013.

L'hydrométallurgie est le procédé qui a été choisi pour le traitement des minerais extraits sur la mine. Il doit permettre de traiter de la « terre rouge » (latérite) comprenant des taux de nickel inférieurs à 2 % grâce à un procédé de lixiviation par acide sulfurique à haute pression. Ce procédé de traitement chimique de la latérite génère des effluents liquides et gazeux contenant notamment du cadmium (Cd), du chrome (Cr) et du nickel (Ni), ainsi que des résidus solides, en particulier du sulfate de calcium (gypse). La société Vale NC a prévu de rejeter les effluents liquides traités dans le lagon néo-calédonien au moyen d'un émissaire sous-marin. Les effluents gazeux sont quant à eux rejetés dans l'atmosphère par le biais d'un certain nombre de cheminées ou d'émissaires.

La Nouvelle-Calédonie est un territoire reconnu pour son extraordinaire biodiversité autant animal que végétal et un taux d'endémisme pour la flore évalué à 76 %. C'est donc dans un contexte naturel très particulier, qui sera présenté dans cette étude, que s'implante ce projet minier d'envergure internationale.

Face à des prévisions d'extraction et de production de minerais de l'ordre de 12.5 millions de tonnes de matériels déplacées par an et 4.3 millions de tonnes de minerais traitées et exportés, les institutions de la Nouvelle-Calédonie ont autorisé l'industriel à exploiter ce gisement mais à des conditions imposées par la réglementation locale, en particulier celle concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Ce classement en ICPE indique que les installations peuvent présenter des dangers ou des inconvénients pour la commodité des riverains, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement, ainsi que la conservation des sites et des monuments.

Vale NC s'est engagée à respecter des normes de rejets, en vigueur au niveau international et métropolitain, ainsi qu'à mesurer régulièrement les taux de substances toxiques ou dangereuses à proximité de ses installations de rejets, notamment les rejets de polluants atmosphériques pouvant dégrader l'air ambiant ainsi que la qualité des eaux de pluies, pouvant alors entraîner des conséquences sur la faune, la flore et la population.

Certaines de ces normes sont imposées par deux arrêtés provinciaux issus de la réglementation ICPE auquel est soumis l'ensemble du site industriel et minier.

L'engagement de Vale NC passe par la réalisation de suivis environnementaux dont le but est de caractériser l'état initial du site, d'analyser l'évolution temporelle et spatiale des paramètres retenus, de caractériser la nature, l'origine et la gravité des pollutions générées par le projet, d'identifier les effets directs, indirects temporaires et permanents ainsi que les mesures d'atténuation qui peuvent être intégrées au projet afin de limiter ou d'éliminer les effets.

C'est dans ce contexte que l'Observatoire de l'Environnement en province Sud (OEIL) a mandaté une étude de synthèse bibliographique sur la thématique du suivi de la qualité de l'air et des pluies dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC, s'appuyant sur un certain nombre de documents (études, rapports, etc...) produits par Vale NC ou certains de ses prestataires.

L'objet de cette étude est :

- d'élaborer une synthèse bibliographique de données traitant de la thématique « qualité de l'air et des pluies » ;
- de réaliser une synthèse des connaissances et une mise en forme des principaux résultats issues des différentes études mandatées par Vale NC ;
- de mettre en lumière des tendances d'évolution des paramètres mesurés dans le cadre des suivis mis en place par l'industriel ;
- de proposer une analyse critique des résultats et de formuler des recommandations.

La synthèse bibliographique réalisée ci-après s'est appuyée sur quarante documents listés dans la bibliographie. Les données bibliographiques de cette synthèse ont été regroupées sous cinq grandes thématiques : réglementation, étude d'impact environnementale, état de référence, suivi et étude.

Le déroulement de l'étude ainsi que sa structuration est listée et schématisée (Figure 1) ci-après :

- présentation du contexte naturel dans lequel s'inscrit le projet industriel et minier de Vale NC ;
- présentation du projet avec les principales installations ;
- présentation des thématiques ciblées dans le cadre de cette étude et des principaux résultats issus de la bibliographie ;
- synthèse du contexte réglementaire qui permet de cadrer le projet et imposer les modalités de fonctionnement ;
- réalisation d'une synthèse des résultats permettant une analyse de ces derniers ;
- éclairage sur des tendances d'évolution et formulations de critiques et de recommandations.

Les 5 premiers points listés ci-avant font l'objet du présent rapport volet 1/2. Le dernier point fait l'objet du volet 2/2

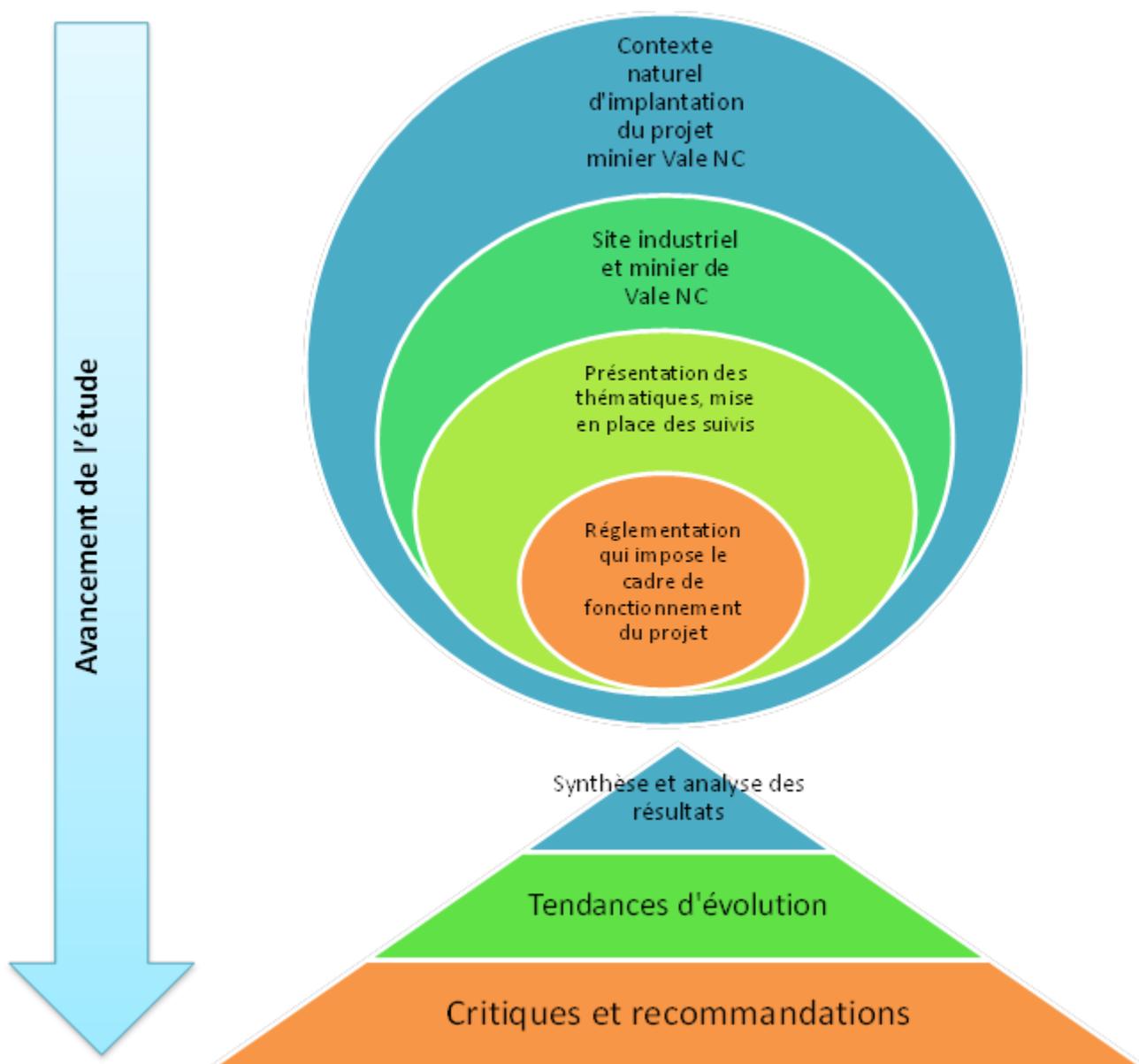


Figure 1 : schéma du déroulement de l'étude.

Chapitre II - Présentation du cadre de l'étude

II.1. Contexte naturel

Le complexe industriel et minier de Vale NC est situé à l'extrême sud de l'île de la Grande Terre de la Nouvelle-Calédonie entre la baie de Prony à l'ouest, le canal de Havannah au sud et la baie de Goro à l'est (Figure 2).

II.1.1. Données climatiques et météorologiques générales

La Nouvelle-Calédonie est une île isolée située au nord du tropique du Capricorne. Ce territoire, soumis à l'alizé¹, connaît un climat subtropical avec quatre saisons primaires :

- une saison humide et chaude dite « saison des cyclones », qui s'étend de la mi-novembre à la mi-avril. Elle est souvent caractérisée par des tempêtes tropicales et de fortes pluies ;
- une saison sèche et fraîche à partir de mi-mai jusqu'à mi-septembre ;
- et deux saisons de transition dites « inter-saisons » avec l'une de mi-avril à mi-mai dont la caractéristique principale est d'avoir très peu de précipitations et des températures faibles ; l'autre, de mi-septembre à mi-novembre, avec une prédominance de l'alizé (Météo France, Atlas climatique de la Nouvelle-Calédonie, 2007).

Ce climat tropical humide a favorisé l'altération des roches ultrabasiques (latéritisation). Il convient donc de décrire les conditions climatiques et météorologiques qui règnent sur le territoire et plus particulièrement sur la zone de Goro.

Afin de connaître au mieux le climat sur le sud de la Grande Terre et de pouvoir évaluer les contraintes auxquelles les installations sont soumises, quatre types de données sont disponibles selon Vale NC (Etude d'impact, section A, Chapitre 2) :

1. les données des stations Météo-France les plus proches du site :
 - Cap N'Dua située à 5 km au sud-est de la zone du port ;
 - Plum située à 20 km au nord-ouest de la zone de projet ;
 - Yaté-Usine située à 20 km au nord-est de la zone industrielle ;
 - Moué située à l'Île des Pins, à 60 km au sud-est de la zone du Port ;
 - Ouénarou située dans le Parc de la Rivière Bleue, à moins de 3 km du site.

Les deux stations Météo France les plus représentatives du site industriel et minier sont celle du Cap N'Dua et celle de Yaté-Usine car ce sont les deux stations les plus proches. Elles ont été utilisées pour connaître la distribution mensuelle des précipitations de 1971 à 2000.

2. ces deux dernières stations permettent la comparaison avec les trois stations installées par Vale NC sur le site (les plus spécifiques et représentatives de ce qui se passe dans l'aire d'emprise du projet) et qui sont :
 - la station dite « La Pépinière » (frontière nord du bassin versant de la Kué) (Z : 298 m) ;
 - la station du site industriel située au niveau de l'usine pilote (Z : 158 m) ;
 - la station C située au niveau du plateau de la Kué Ouest (zone du stockage de résidus, Z : 182 m).

Ces données ont été utilisées par Vale NC pour connaître les moyennes de précipitations annuelles entre 2003 et 2005. Des stations avec des noms similaires ont été, quant à elles, fournies par Hatch Consultancy (cf. Modélisation de dispersion dans l'air pour le projet Goro Nickel, Inco Australia

¹ Vent régulier allant des hautes pressions tropicales vers les basses pressions équatoriales. Il a pour caractéristique de souffler du nord-est au sud-ouest dans l'hémisphère nord et du sud-est vers le nord-ouest dans l'hémisphère sud.

management PTY LTD, mai 2007) pour des périodes de 1997-2002, afin d'être utilisées pour la modélisation de Katestone Environmental.

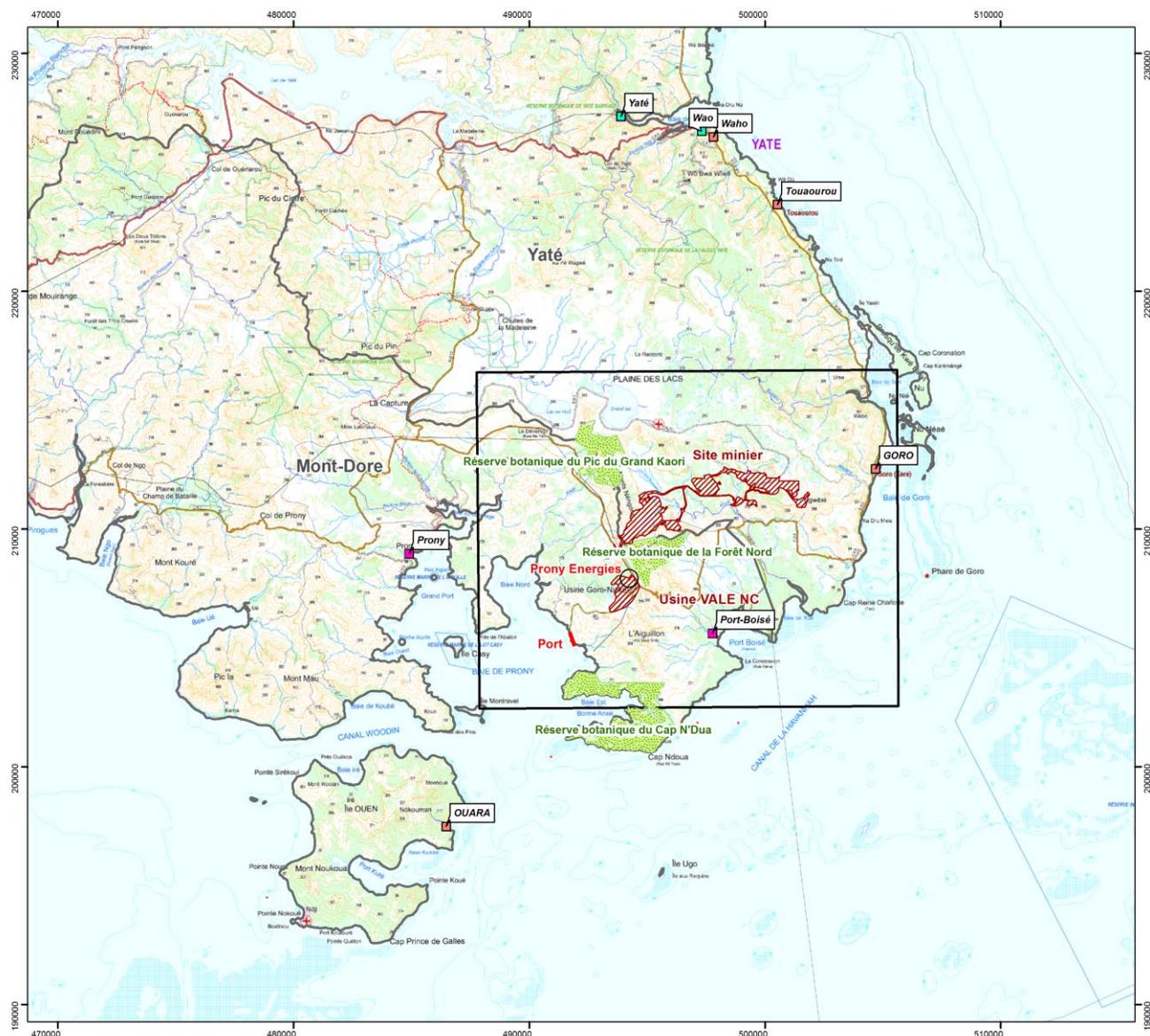
3. les données des quatre stations anémométriques (direction et vitesse du vent) situées :
 - à Port Boisé ;
 - à Prony ;
 - au niveau de la forêt nord ;
 - au niveau de la base vie.

Aucune donnée géographique pour ces dernières stations n'étant disponible dans les documents bibliographiques, les stations n'ont donc pas pu être positionnées sur une carte. Elles font partie des stations de Vale NC, placées sans doute aux mêmes emplacements que ceux des stations de référence.

Des roses des vents ont été fournies en annexe de l'état de référence. Elles ne sont qu'exposées dans le présent document et permettent d'informer sur les vents dominants auxquels sont soumises les stations de suivis.

4. les données des pluviomètres automatiques de la DAVAR (Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales), situés :
 - à Port Boisé « TV_Col » au niveau du bassin versant de la rivière Kué (Z : 180 m) ;
 - à la Rivière Bleue à 9 km à l'ouest de la frontière du bassin versant de la Kué.

Aucune donnée géographique pour ces dernières stations n'étant disponible dans les documents bibliographiques, les stations n'ont donc pas pu être positionnées sur une carte. Seule la station « TV-Col » de Port-Boisé a été retenue. Elle a été choisie par Vale NC parce qu'étant la plus représentative (car la plus proche) pour caractériser les événements de précipitations extrêmes (courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF)). Ces courbes ont permis de dimensionner les installations du projet et notamment les systèmes de drainage.






Carte 1 Localisation de la zone des études réalisées de 2002 à 2011 pour le site du projet minier de Vale NC

Légende

- Tribu
- Lieu de vie
- Village
- Limite communale
- Zone des études (Air-Eau-Végétation)
- Réserve botanique
- Emprises de l'usine et du site minier de Vale
- Infrastructures liées au projet industriel et minier

Carte de localisation de la zone des études en Province Sud



0 20 40 80
Kilomètres






Sources complémentaires : Géo-Mickel SAS / Observatoire de la Nouvelle-Calédonie

Af - 12 - 0487 - Oeil - Synthèse - Bibliographique	
Système de projection: RGNCS Lambert-93 Données sources D.I.T.T. - Gouvernement de Nouvelle-Calédonie	
Auteur : L.La	Format : A3
Validée par : AMI	Version : V1
1:150 000	Date: 28/01/2014

© EMR 2010

Figure 2: localisation de la zone d'étude de l'air et des pluies durant la période 2002 à 2011 pour le site industriel et minier de Vale NC.

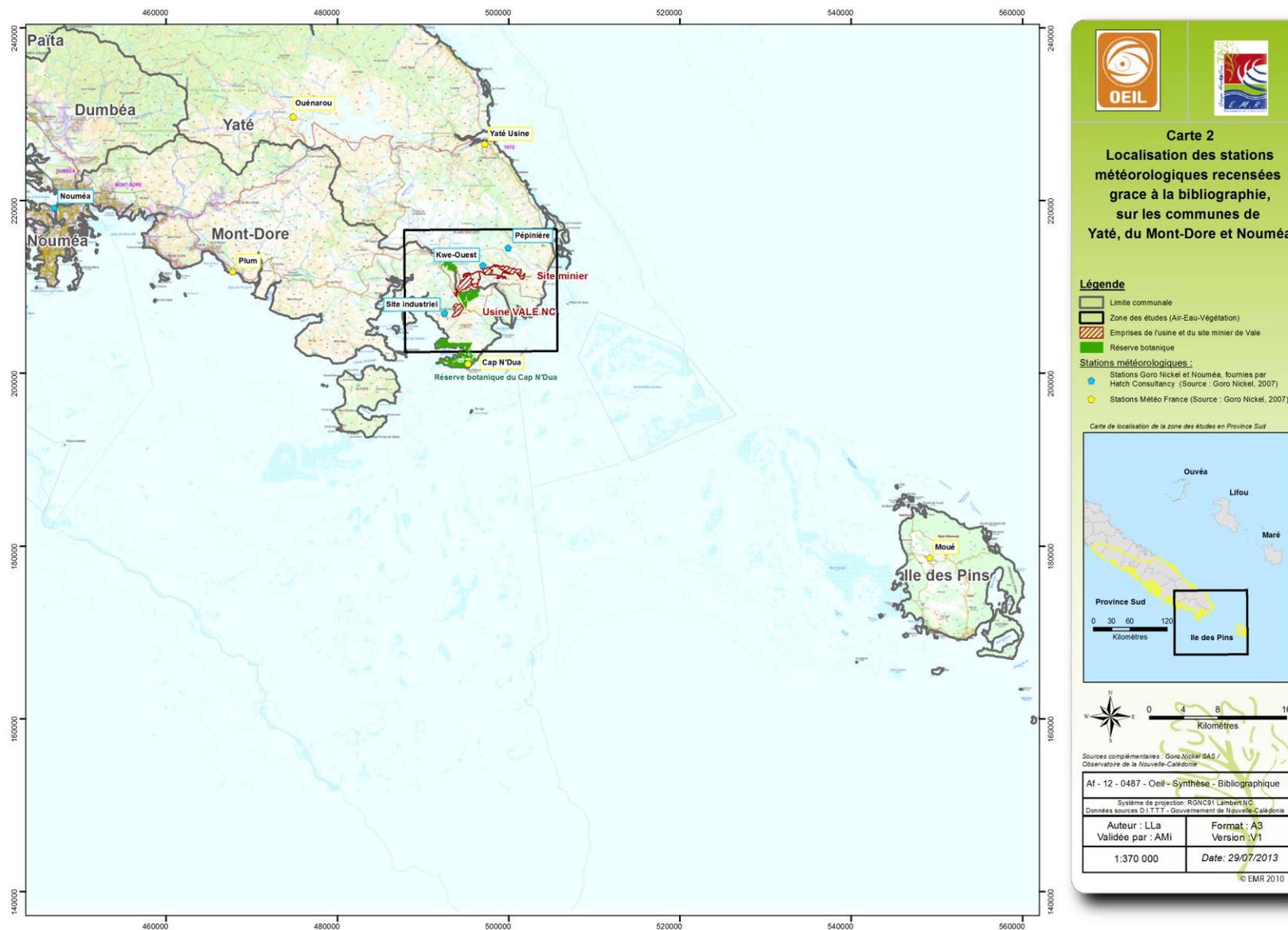


Figure 3: Carte de localisation des stations météorologiques localisées sur les communes de Yaté, Mont-Dore et Nouméa.

II.1.1.a. Températures

Bien qu'étant un archipel tropical, la Nouvelle-Calédonie connaît des températures relativement « tempérées » avec des moyennes annuelles variant de 22°C à 24°C au niveau de la mer. Les périodes de très fortes chaleurs sont courtes et souvent adoucies par l'effet rafraichissant des vents. Les températures extrêmes enregistrées sur le territoire entre 1986 et 2000 sont de 38.8°C pour Poya et de 2.3°C à Bourail (Météo France, 2001).

Dans la région de Goro, la station du Cap N'Dua a enregistré entre 1986 et 2000 une moyenne annuelle de 22.6°C (Météo France, 2001) avec des températures minimales et maximales comprises entre 13.6°C et 37.3°C. L'amplitude thermique² du sud de la Grande Terre est faible (23.7°C).

II.1.1.b. Précipitations

En Nouvelle-Calédonie, la saison humide s'étend de décembre à mars tandis que la saison sèche s'étend de juillet à novembre. Les précipitations moyennes annuelles varient entre 800 mm et 1200 mm sur la côte ouest et 1750 mm et 4000 mm pour la côte est. L'humidité relative oscille entre 72 % et 79 %. Ces différences sont liées à la présence de la chaîne montagneuse située du nord au sud de l'île ainsi qu'à la direction des vents dominants.

Le site de Goro, quant à lui, est soumis à des précipitations annuelles moyennes de 3000 mm par an.

Tableau 1: moyenne des précipitations annuelles mesurées par les trois stations du projet Goro Nickel de 2003 à 2005 par rapport aux stations de Météo France (en mm) - (source : Goro Nickel-septembre 2007).

Année	Stations de Goro Nickel (en mm)			Météo France (en mm)	
	Usine Pilote	Kué Ouest	Pépinière	Yaté Usine	Plum
2003	2271	2822	3052	3065	1818
2004	2147	2777	2170	3114	1362
2005	1485	1862	1773	2362	1340

Le tableau ci-dessus permet de comparer les moyennes annuelles des données de précipitations enregistrées par les trois stations de Vale NC avec les données de précipitations enregistrées par les deux stations Météo France (Yaté-Usine et Plum), sur la période de 2003 à 2005. Les trois stations de Vale NC sont beaucoup plus représentatives de la pluviométrie du secteur que les stations de Météo France. Étant installées sur le site de Vale NC, elles reflètent mieux la réalité du terrain.

Les précipitations sont un élément du climat primordial à prendre en compte lorsque l'on souhaite aborder la question des contaminants dans l'air. En effet, un climat humide va tendre à piéger naturellement les contaminants de l'air et les rabattre au sol.

² *Ecart entre la température minimale et maximale en un même lieu pendant un temps déterminé.*

II.1.1.c. Vents

Le territoire est soumis à l'alizé, dont la vitesse moyenne varie de 10 à 20 nœuds. Les vents d'ouest sont typiques de la saison fraîche lorsque les fronts froids, venant de l'Australie frappent le sud de l'île. Cependant, les vents dominants restent les vents de secteur d'est (est-nord-est à est-sud-est selon les trimestres). Les vents de faible intensité (vitesse moyenne horaire inférieure à 0,51 m/s) sont rares (< 1,5 % du temps (SNC-Lavalin, 1997) dans la zone du projet tant à Goro qu'à Prony.

Les cyclones sont communs dans le sud de la Nouvelle-Calédonie. Sur le site de Goro, des évaluations ont été réalisées et le projet industriel connaît 22% de risque par an d'être soumis à l'un d'eux et 62% de subir le passage d'une dépression tropicale.

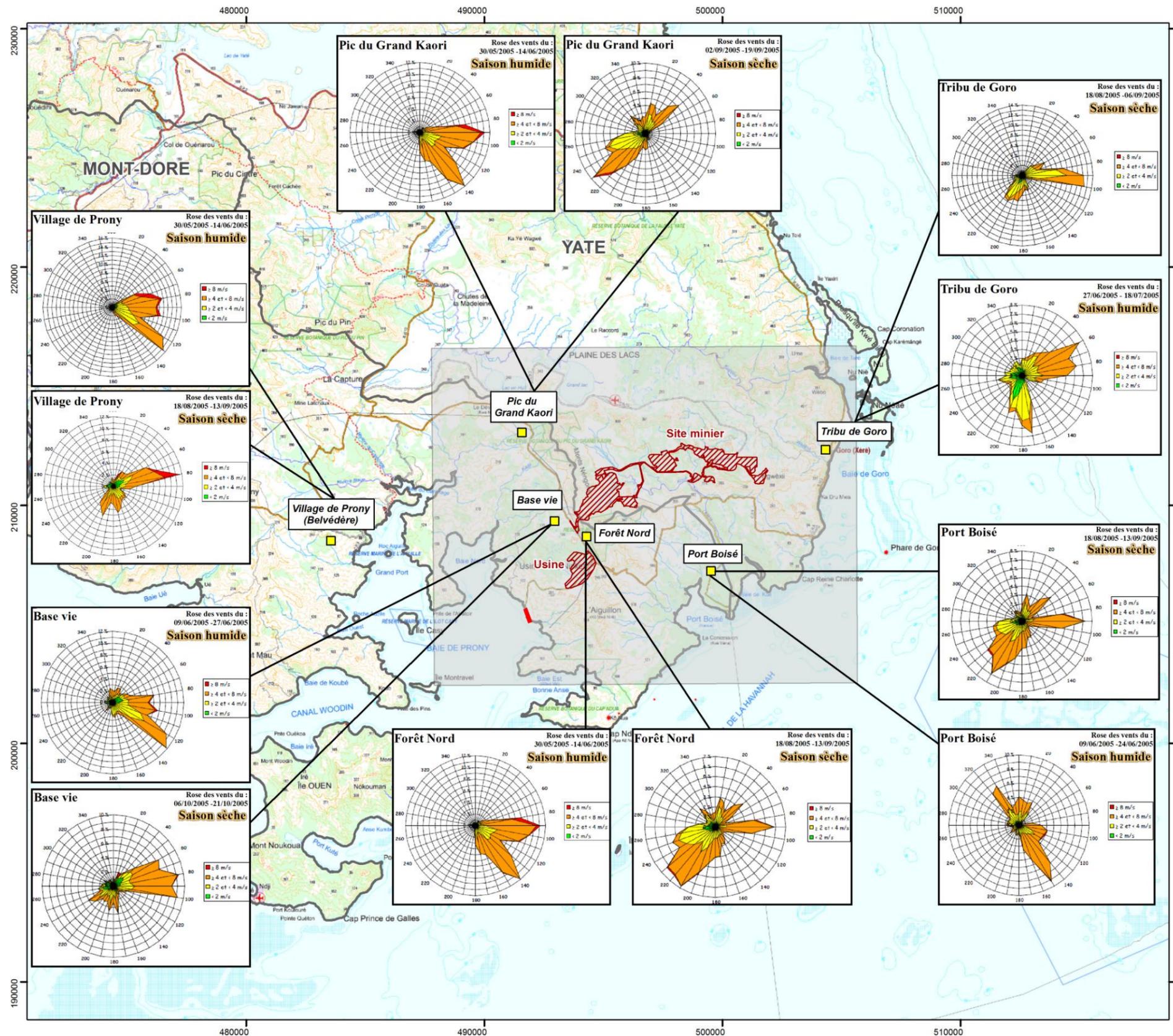
Des données de vents présentées sous forme de roses des vents pour la saison humide et sèche, ont été fournies lors des états de référence réalisés en 2005 pour les stations de Forêt-nord, Port Boisé, Pic du Grand Kaori, Base vie et Tribu de Goro.

De la même façon que pour les précipitations, le facteur vent va avoir toute son importance pour ce qui est de l'analyse que l'on peut faire du mode de transport ou de dispersion des contaminants de l'air par le biais de l'orientation dominante des vents et de leur puissance.

Pour ce qui est des vents dans le secteur du site industriel et minier, les roses des vents sont présentées sur la Figure 4. Les données sont issues des stations de Forêt-nord, Port Boisé, Pic du Grand Kaori, Base vie et Tribu de Goro et sont présentées pour la saison humide et pour la saison sèche de l'année 2005.

L'analyse des vents dominants mesurés pendant les 2 campagnes de 2005 (saison humide et saison sèche) est exposée ci-après.

Nous noterons cependant que les mesures réalisées en saison dite « humide » l'ont été en juin alors que cette période est plutôt définie par Météo-France comme incluse dans la période « sèche et fraîche » qui s'étend de mi-mai à mi-septembre. De même, les mesures réalisées en saison dite « sèche » l'ont été entre mi-août et mi-septembre excepté pour la station Base vie pour laquelle les mesures ont été faites au mois d'octobre (du 6 au 21/10) donc en inter-saison avec prédominance de l'alizé.






Carte 3

Orientation des vents dominants en saison humide et en saison sèche en 2005

Légende

- Station de référence (2005) Séchaud/LBTP
- Limite communale
- Zone des études (Air-Eau-Végétation)
- Emprises de l'usine et du site minier de Vale
- Infrastructures liées au projet industriel et minier

Carte de localisation



0 30 60 120
Kilomètres

0 2 4 8
Kilomètres

Sources complémentaires : Goro Nickel SAS / Séchaud Environnement / Observatoire de la Nouvelle-Calédonie

Af - 12 - 0487 - Oeil - Synthèse - Bibliographique	
Système de projection: RGNC91 Lambert-NC Données sources D.I.T.T.T. - Gouvernement de Nouvelle-Calédonie	
Auteur : LLa	Format : A3
Validée par : AMi	Version : V1
1:150 000	Date: 28/01/2014

© EMR 2010

Figure 4: Orientations des vents dominants sur les stations anémométriques du projet minier Vale NC en saison humide et en saison sèche en 2005.

Pic du grand Kaori

Les directions et les intensités des vents enregistrées au site du Pic du Grand Kaori montrent une répartition de la direction des vents différente entre les saisons humides et les saisons sèches. En saison humide, les vents soufflent de secteur est-sud-est à sud avec des vents pouvant souffler jusqu'à des vitesses supérieures à 8 m/s mais avec une répartition plus importante des vitesses de vents compris entre 4 et 8 m/s. On note deux secteurs plus exposés aux vents, le secteur 80°-110° avec des vents pouvant atteindre des vitesses supérieures à 8 m/s et le secteur 130°-150° avec des vents de vitesses comprises entre 4 et 8 m/s (Goro Nickel, 2005).

En saison sèche, les directions dominantes vont de sud-sud-ouest à est (secteur 210°-250°) et de nord-nord-est à nord-est (40°-50°). Les vitesses des vents sont plus souvent comprises entre 2 m/s et 8 m/s sauf pour le secteur 210°-230° où les vitesses des vents peuvent dépasser les 8 m/s (Goro Nickel, 2005).

Forêt Nord

Pour la station Forêt Nord, les roses des vents indiquent deux directions de vents pour la saison humide. En saison humide, les vents dominants sont de secteur est-sud-est à sud avec des vitesses pouvant dépasser 8 m/s mais avec une répartition plus importante des vitesses des vents comprise entre 4 m/s et 8 m/s. On note deux secteurs plus exposés aux vents, le secteur 80°-110° avec des vitesses de vents pouvant être supérieures à 8 m/s et le secteur 130°-150° (Goro Nickel, 2005).

Pour la saison sèche, les directions des vents ont deux profils. Le vent dominant est orienté de secteur est (secteur 80°-100°) et de secteur sud-sud-ouest à ouest (190°-230°). Le vent secondaire est orienté de secteur nord-est (10°-50°) et de secteur ouest-sud-ouest à nord entre 240°-20°. Les vents de vitesse supérieure à 8 m/s sont situés dans les secteurs 80°-90° et 230°-190° (Goro Nickel, 2005).

Port Boisé

Pour la station de Port-Boisé, les vents soufflent pendant la saison humide principalement de deux directions. L'une est orientée nord-ouest à nord (secteur 320°-30°) avec des vitesses de vents comprises entre 0.5 m/s et 8 m/s. L'autre est orientée est à sud-sud-est (secteur 100°-160°) avec une majorité des vents soufflant de 4 m/s à 8 m/s et des vents dont la vitesse est supérieure à 8 m/s dans le secteur 130°-100° (Goro Nickel, 2005).

La saison sèche elle aussi est soumise à deux directions de vents. Le vent dominant de secteur est (80°-100°) et de secteurs sud à sud-ouest (170°-240°) souffle de 0.5 m/s à plus de 8 m/s avec une majorité de vents dont la vitesse est comprise entre 4 m/s et 8 m/s. Le vent secondaire orienté nord-est (10°-50°) et ouest-sud-ouest à ouest (240°-260°), souffle à une vitesse comprise entre 2 m/s et 8 m/s. Les vents dont la vitesse est supérieure à 8 m/s sont situés dans les secteurs 80°-90° et 230°-190° (Goro Nickel, 2005).

Base Vie

Pour la station Base Vie, la saison humide ne comporte qu'une direction de vent dominante qui est est à sud-est entre 70° et 140°. Des vents de vitesse inférieure à 2 m/s sont enregistrés dans le secteur 40° à 80° mais de manière plus globale, les vitesses de vents sont majoritairement comprises entre 2 m/s et 4 m/s (Goro Nickel, 2005).

En saison sèche, la station est soumise à un vent dominant venant de la direction nord-est à est et un vent secondaire de secteur sud et sud-ouest. Le vent principal connaît des vitesses supérieures à 8m/s

dans le secteur localisé de 20° à 30°. La majorité des vitesses de vents est comprise entre 4 m/s à 8 m/s entre les secteurs 60° et 100°. En ce qui concerne le vent secondaire, les intensités sont moins marquées et sont majoritairement comprises entre 0 m/s et 8 m/s dans le secteur 170° à 240° (Goro Nickel, 2005).

Tribu de Goro

Pour la station située à la tribu de Goro, on constate qu'en saison humide, deux directions de vents prédominent. La direction principale orientée est-nord-est à est et la direction secondaire orientée est-sud-est à sud-sud-est. La direction principale est comprise entre 40° et 100° pour des vents de vitesses de 4 m/s à 8 m/s. La direction secondaire est soumise à des vents beaucoup plus faibles dont les vitesses sont comprises majoritairement entre 0.5 m/s et 2 m/s (surtout dans le secteur 180°-210°), jusqu'à 4 m/s (entre 180° et 190°) (Goro Nickel, 2005).

Pour la saison sèche il y a aussi deux directions de vents. La principale orientée est-nord-est à est avec des vents de 2 m/s à 8 m/s entre 80° et 100°. La direction secondaire est orientée sud-sud-ouest avec des vents plus faibles compris entre 0.5 m/s et 8 m/s, mais la majorité du temps, ces vitesses de vents sont comprises entre 2 m/s et 4 m/s (Goro Nickel, 2005).

Village Prony

Le village de Prony est soumis lors de la saison humide à un vent dominant orienté est-nord-est à sud-est avec une proportion de vents dont les vitesses sont supérieures à 8 m/s plus importante que sur les autres stations. La vitesse de la majorité des vents est tout de même comprise entre 4 m/s et 8 m/s dans les secteurs 60° à 100° et 120° à 130° (Goro Nickel, 2005).

La saison sèche montre deux orientations de vents. Un vent de secteur est-nord-est à est avec des vents relativement forts car soufflant majoritairement autour des 4 m/s et supérieurs à 8 m/s. La vitesse du vent secondaire de secteur sud-sud-est à sud-sud-ouest est quant à elle plus faible avec des valeurs comprises entre 2 et 8 m/s (Goro Nickel, 2005).

II.1.2. Milieu physique

II.1.2.a. Géologie du site

La géologie du territoire de la Grande Terre est caractérisée par un sous-sol riche en nickel. Ceci fait de la Nouvelle-Calédonie le 5^{ème} producteur mondial de nickel et le 3^{ème} plus grand réservoir mondial (Sevin *et. al.* - 2011).

A l'Eocène supérieur, il y a 35 à 40 millions d'années, lors de l'obduction³ d'une partie de la lithosphère océanique de la plaque Pacifique, une nappe de péridotites (roche mère) recouvrait une grande partie de la Grande Terre. Du fait du décapage par une succession d'épisodes d'altération chimique et d'érosion mécaniques, il n'en subsiste plus qu'1/3, dont une grande unité se trouve dans le sud du territoire, communément appelé le Massif du Sud (Trescases, 1975; Paris *et al.*, 1977 ; Latham, 1986 et Pelletier, 2003). Certains klipptes tectoniques de péridotites (morceaux de nappe isolés) sont aussi présents dans le Nord et sur la côte Ouest. Depuis leur mise en place et leur émergence, les péridotites (riches en Ni et autres éléments métalliques) ont été soumises à l'altération sous climat tropical humide (Guillon, 1975). Cette altération se caractérise par le développement de profils d'altération plus ou moins épais (Figure 5) dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- une diminution, depuis la base du profil jusqu'au sommet, des teneurs en silice (Si) et en magnésium (Mg) ;
- une concentration en fer (Fe) qui augmente de la base vers le sommet. Cette augmentation en fer dans les latérites jaunes entraîne la formation des latérites rouges et quand celles-ci sont saturées, on voit alors apparaître la formation de cuirasses ;
- une re-concentration en nickel (Ni), cobalt (Co) et manganèse (Mn) dans les niveaux de saprolites et latérites jaunes essentiellement, avec une concentration importante en Co et en Mn à l'interface sous la forme de niveaux d'asbolane (minerai très riche en Co et Mn). (Pelletier, 1989).

³ [Chevauchement](#) d'une croûte continentale par une [croûte océanique](#)

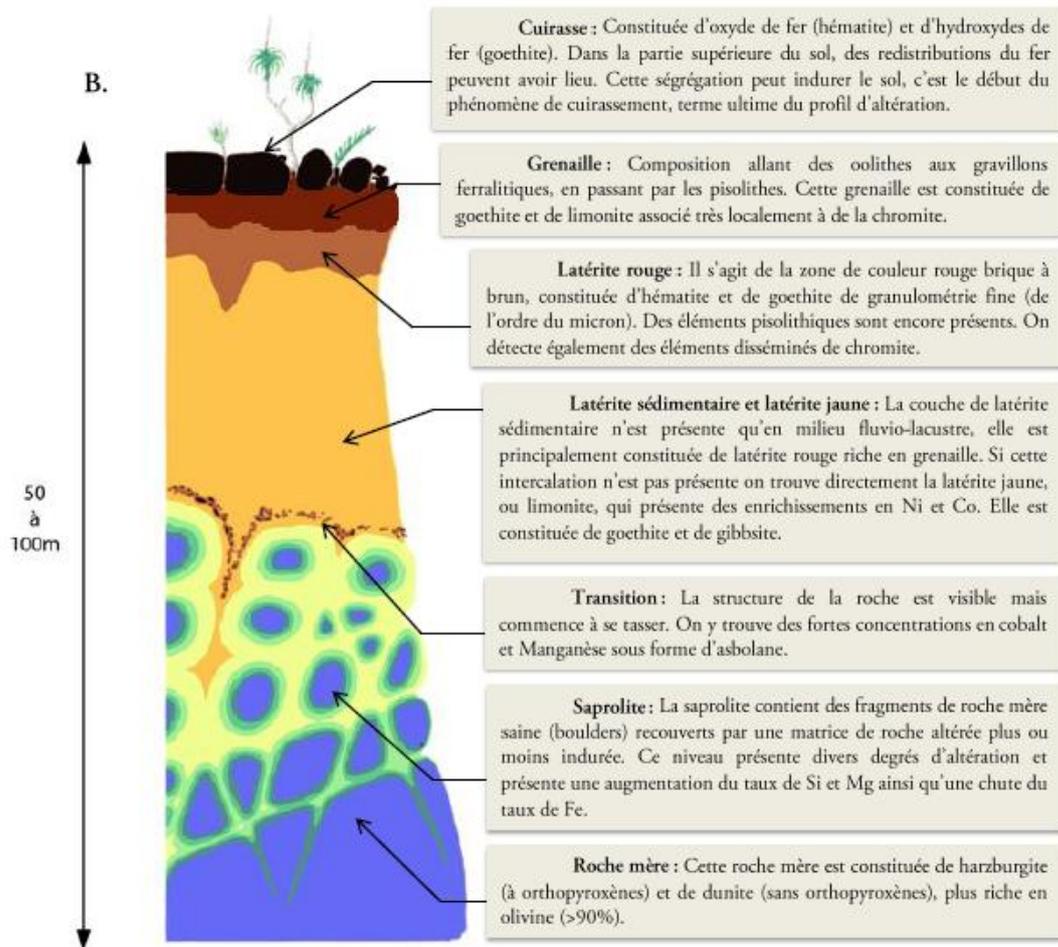


Figure 5: profil d'altération théorique latéritique du massif de Goro - (source : schéma modifié d'après Pelletier, 2003).

La lithologie du milieu se décompose suivant un profil d'altération constitué de quatre horizons principaux et de deux transitions (Figure 5) :

- en profondeur, la péridotite (roche-mère très peu altérée) ;
- la saprolite grossière dans le bas du profil lithologique puis de plus en plus altérée lorsque l'on remonte vers la surface ;
- les latérites jaunes puis rouges, un horizon nodulaire ;
- une cuirasse ferrugineuse en surface encore appelée « chapeau de fer » (Trescases, 1975 ; Besset, 1980, Pelletier, 1983, Latham, 1986, Ilorca, 1986).

Contrairement aux autres industriels qui exploitent les saprolites à l'aide d'un procédé pyrométallurgique⁴, Vale NC a décidé de mettre en place un procédé hydrométallurgique⁵ qui permet l'exploitation des latérites.

II.1.2.b. Hydrographie

Neuf bassins versants principaux caractérisent la région sud-est de la Nouvelle-Calédonie :

⁴ Procédés métallurgiques thermiques, utilisé pour séparer et récupérer des métaux

⁵ Mettre en solution les différents métaux contenus dans un minerai ou un concentré afin de les séparer pour les valoriser.

- le bassin versant de la baie de Prony constitué notamment dans la zone du projet des bassins versants secondaires de la rivière des Kaoris, de Kadji, du Creek de la Baie Nord et de la baie de Prony Est. Sa superficie est de 43.6 km² ;
- le bassin versant de la rivière Kué, dont la superficie est de 41.4 km², est constitué des bassins versants secondaires de la Kué Est, de la Kué Ouest, de la Kué Nord et de la Kué principale (ou Kué aval) ;
- le bassin versant de la rivière Trou Bleu, situé au sud du bassin versant de la Kué Ouest, s'étend sur 8,5 km² et s'écoule vers le sud-est en direction du canal de la Havannah ;
- le bassin versant de la rivière Wajana, adjacent à la limite est du bassin versant de la Kué Nord, a une surface de captage de 3,7 km². Il s'écoule vers le sud-est et débouche en cascade de 60 m de haut dans la tribu de Goro ;
- le bassin versant de la rivière KuéBini, situé au Nord du Plateau de Goro, adjacent à la limite est du bassin versant de la Rivière des Lacs, s'étend sur une superficie de 38 km² et s'écoule vers le sud-est et débouche sur la zone côtière de la tribu de Goro ;
- le bassin versant de la rivière de la Truu, situé au sud-est du Plateau de Goro, s'étend sur 3.27 km². Il s'écoule vers le sud-est et débouche dans la Baie de Goro ;
- le bassin versant de Cascade est situé au sud-est du Plateau de Goro et s'étend sur une surface de 2.05 km². Il s'écoule vers le sud et est connecté hydrauliquement au bassin de la Truu ;
- le bassin versant du Creek de la Crête Sud jouxte la limite sud du bassin versant de la Kué Est. Il s'étend sur 1.38 km². Il s'écoule vers l'ouest et se jette dans la Kué principale ;
- le bassin versant d'Entonnoir, situé à l'est du Plateau de Goro et jouxtant la limite ouest du bassin versant de la Wajana, s'étend sur une surface de 1.09 km². Il s'écoule vers le sud-ouest et comme pour Cascade, ce bassin versant est relié hydrauliquement au bassin versant de la Truu avec comme point de sortie la source Truu.

La Figure 6 présente le réseau hydrographique et les bassins versants de la zone des études.



Figure 6 : carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la zone d'études.

La zone d'implantation du projet industriel et minier s'étend géographiquement sur 5 sous-bassins versants qui sont:

- le bassin versant du creek de la Baie Nord, de 9.9 km² de superficie, le plus affecté par le site industriel et la base vie ;
- le bassin versant de la Kué Ouest, de 18.1 km² de superficie, au sein duquel se trouve une partie du centre industriel de la mine et l'aire de stockage des résidus ;
- le bassin versant de la Kué Nord, de 11.6 km² de superficie, au sein duquel se trouve une partie du centre industriel de la mine ;
- le bassin versant de la Kué Est, de 3.3 km² de superficie, situé au sein de la zone d'extraction ;
- le bassin versant de la Kué aval, de 8.4 km² de superficie, situé en aval des bassins versants précités.

Le site industriel et le centre de préparation du minerai sont situés respectivement dans les bassins versants du creek de la Baie Nord et à la limite des bassins versants de la Kué Ouest et de la Kué Nord.

II.1.2.c. La topographie du site du projet industriel

Le site sur lequel se trouve l'ensemble du projet industriel et minier est très complexe. Il est principalement composé de corniches et son littoral est escarpé. Il se situe à une altitude comprise entre 150 m et 170 m au-dessus du niveau de la mer et est entouré de collines. Au sud et à l'est, elles atteignent 200 m et 300 m d'altitude. Au nord-est, elles atteignent jusqu'à 400 m d'altitude. Ce type de topographie influence énormément la circulation du vent (direction et vitesse) autour du site.

II.1.3. Milieux terrestres

La biodiversité en Nouvelle-Calédonie est l'une des plus riches au monde. Le nombre d'espèces terrestres endémiques y est comparable à celui de toute l'Europe continentale (UICN, *Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer*, 2003).

Dans cette partie sont exposées les thématiques principales relatives au milieu humain et à la flore sur le site. La caractérisation de la faune est basée sur des données bibliographiques de la province Sud et sur des rapports d'experts de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), de l'AMBS (Australian Museum Business Service) et de l'IAC (Institut Agronomique Néo-Calédonien) réalisés dans le cadre du projet de Vale NC.

II.1.3.a. La faune terrestre

La distance considérable qui sépare la Nouvelle-Calédonie des masses continentales importantes les plus proches, à savoir l'Australie et la Nouvelle-Zélande, a empêché l'immigration importante d'espèces nouvelles. Il en résulte que la faune de Nouvelle-Calédonie est fortement tributaire de l'isolement de l'île et de son origine continentale, ce qui explique le grand nombre d'espèces endémiques et la diversité des communautés faunistiques.

Petite faune :

- herpétofaune : les inventaires réalisés en 2003 par l'AMBS dans la zone du plateau de Goro, ont permis d'identifier dix-sept espèces de lézards. Onze espèces ont été identifiées comme

spécifiques au sud et quatre d'entre elles sont spécifiques à l'extrême sud du territoire (ex : *Bavayia robusta*, *Bavayia cf sauvagii*, *Rhacodactylus sarasinorum* et *Bavayia septuiclavis*), (Bauer&Sadlier, 2003). Sur le site, quatre espèces ont été identifiées par l'AMBS comme faisant partie des espèces les plus menacées, trois sont considérées comme « vulnérables » (*Bavayia geitaina*, *Rhacodactylus sarasinorum* et *Rhacodactylus leachianus*) et une dernière est même classée comme « menacée en voie d'extinction » (*Lacertoides pardalis*). En revanche, cette dernière est classée « vulnérable » par l'UICN. ces espèces ont principalement été observées dans des habitats de type « forêt » et notamment dans les forêts fermées des réserves de la Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori ;

- entomofaune : un inventaire a été réalisé par le Museum de Queensland entre 2004 et 2005 sur les quatre réserves du sud du territoire. C'est le site de la Forêt Nord qui abrite le plus d'espèces (836 espèces), suivi par Le Pic du Grand Kaori (749) et le Pic du Pin (757) et enfin Cap N'dua (449). Concernant l'entomofaune, les 72 espèces les plus importantes (d'un point de vue taxonomique), sont réparties dans en plus grande mesure dans la zone du Pic du Grand Kaori. C'est cette station qui en compte le plus avec 45 espèces recensées, vient ensuite Forêt Nord avec 37 espèces recensée puis le Pic du Pin (35). C'est la Forêt Nord qui abrite le nombre d'espèces micro-endémiques le plus élevé ;
- les amphibiens : même si aucun amphibien n'a été vu sur le site, la seule espèce introduite sur le territoire possède de nombreux habitats dans les zones de moins de 200 m d'altitude. Il se peut qu'elle soit présente sur la côte orientale de la région de Goro ;
- les escargots terrestres : deux espèces d'escargots existent dans le sud. La présence de l'espèce endémique vulnérable *Placostylus fibratus* (dit Bulime) est vérifiable par l'observation de nombreuses coquilles vides en lisière de forêt. L'autre espèce présente sur le territoire est introduite, c'est l'escargot géant (*Achatina fulica*).

Les opérations de défrichement de la végétation, de décapage des sols, de terrassement et de nivellement nécessaires à la construction du projet, entraînent la destruction de l'habitat et l'isolement des populations animales citées plus haut.

Avifaune :

Les oiseaux sont les espèces animales les mieux documentées de la Nouvelle-Calédonie. Un inventaire a été réalisé sur le plateau de Goro (4000 ha) en 2003 (saison sèche) et en 2004 (saison humide) par l'IAC dans le maquis minier et la forêt dense sempervirente, les plus riches en flore indigène.

Il en ressort que les forêts du plateau de Goro abritent de nombreuses espèces d'oiseaux dont trois des six espèces classées par l'IUCN (International Union for Conservation of Nature):

- la perruche à front rouge (*Cyanoramphus sailseti*), espèce vulnérable (VU - classement IUCN) rencontrée aussi bien dans le maquis que dans la forêt humide) ;
- le Notou (*Ducula goliath*), espèce quasiment menacée (NT - classement IUCN), rencontrée dans la forêt humide ;
- le Autour à ventre blanc (*Accipiter haplochrous*), espèce quasiment menacée (NT - classement IUCN), rapace observé en forêt humide pendant la saison sèche et sur le maquis minier en saison humide.

Le taux d'endémisme dans le sud de la Grande Terre y est très élevé (37.5 %) ce qui est révélateur d'une biodiversité fragile à protéger, notamment au niveau du Pic du Grand Kaori, de la Forêt Nord ainsi que de la petite forêt située au nord de l'aire de stockage de résidus, servant de corridor avifaunistique entre les deux réserves (Carte 4 : localisation des réserves botaniques) (Goro Nickel, 2007).

Mammifères:

Les chiroptères, comme les roussettes (genre *Pteropus*), sont les seuls mammifères indigènes que l'on trouve sur le territoire. La majorité des mammifères rencontrés en Nouvelle-Calédonie est composée de rongeurs, d'ongulés (cerf Rusa et cochons sauvages), des chats et des chiens sauvages. Ces animaux ne sont pas indigènes au territoire. Les mammifères n'ont pas été observés mais ils sont potentiellement présents sur l'ensemble du site minier (Goro Nickel, 2007).

II.1.3.b. La flore

La flore sert d'habitat aux multiples animaux qui vivent sur le territoire. Elle sert d'indicateur de biodiversité. Si la richesse des habitats diminue ou se détériore, c'est l'ensemble de la faune qui est impactée en premier. La végétation (le nombre d'individus, le type d'espèces, etc...) est donc un indice très important de la qualité de l'écosystème.

De nombreuses études et inventaires ont été réalisés par plusieurs organismes entre 2001 et 2006 afin de caractériser l'état de la flore terrestre avant l'implantation du projet industriel dans la région du Massif du Sud.

Les proportions d'espèces endémiques sur l'ensemble de la Grande Terre sont, pour les maquis de 85 %, et de 76 % pour les forêts denses humides sempervirentes (www.endemia.nc/biotopes/ et Atlas de la Nouvelle-Calédonie, 2012).

Ces données étant relativement anciennes (30 ans) et générales à la Nouvelle-Calédonie, Vale NC a utilisé des données beaucoup plus récentes et spécifiques à sa zone d'exploitation.

La zone étudiée pour la flore s'étend au sud d'une ligne virtuelle allant du Mont-Dore à Yaté, jusqu'au bord de mer (Carte 1). Plusieurs campagnes ont été menées par l'IRD de 2000 à 2004 et notamment pour inventorier précisément les unités de végétation dans la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Vale NC.

La région du Grand Sud étudiée par l'IRD en 2003 est caractérisée par une végétation arbustive basse de maquis à 78%, avec des parcelles de sous-bois de taille moyenne situées au nord, dans la zone étudiée. Les formations végétales identifiées par l'IRD en 2003 sont citées dans le Tableau 2 ci-dessous. Les inventaires scientifiques ont également démontré que les forêts du Sud sont en forte régression. Elles méritent une attention particulière pour leur sauvegarde et une action favorisant leur développement.

Tableau 2: distribution des groupements végétaux identifiés dans la région du Grand Sud - (source IRD, 2003).

Écosystème	Surface (en ha)	Surface (en %)
Forêts	5 929	9
Maquis	52 160	78
Relique forêt/maquis	3 966	6
Maquis des zones humides	9 430	14
Maquis arbustif à paraforestier	4 118	6
Maquis ligno-herbacés bien drainés	2 157	32
Maquis ouvert à dense dominé par <i>Gymnostoma</i>	10 006	15
Maquis sur gabbros	2 899	4
Maquis sur serpentinites	161	0
Savane à Niaoulis	123	0
Végétation ripicole et du littoral	1 890	3
Végétation littorale	600	1
Zones humides	1 290	2
Total des formations végétales	59 979	90
Zones anthropisées et sols nus	7 003	10
Total	66 992	100

Les formations végétales à surveiller :

La demande d'autorisation ICPE de 2007 décrit un certain nombre de catégories végétales à protéger en priorité en raison de leur fort intérêt floristique :

- les forêts (dominées par *Arillastrum gummiferum* et par *Agathis lanceolata*, rivulaires) en raison de leurs faibles étendues, de leur présence en fragments isolés, de la présence d'espèces rares et de leur état de dégradation inquiétant (Annexe I) ;
- les formations paraforestières dominées par *Araucaria nemorosa* et sur sol ferrallitique ferritique ou gravillonnaire dominées par *Gymnostoma deplancheanum* et *Arillastrum gummiferum* ;
- les maquis hydromorphes ;
- les faciès rivulaires sont également prioritaires en termes de conservation étant donné leur superficie restreinte et la présence d'espèces strictement hydrophiles. Cette végétation rivulaire présente des caractéristiques spécifiques du massif du Sud.

Les réserves naturelles :

Selon l'arrêté 72-395/CG du 17 août 1972, des réserves botaniques ont été créées dans le sud du territoire afin de sauvegarder les zones riches en biodiversité. Le Pic du Grand Kaori ainsi que la Forêt Nord en font partie et sont toutes deux comprises dans la zone d'influence du projet. Le Tableau 3 ci-dessous recense les caractéristiques des deux sites.

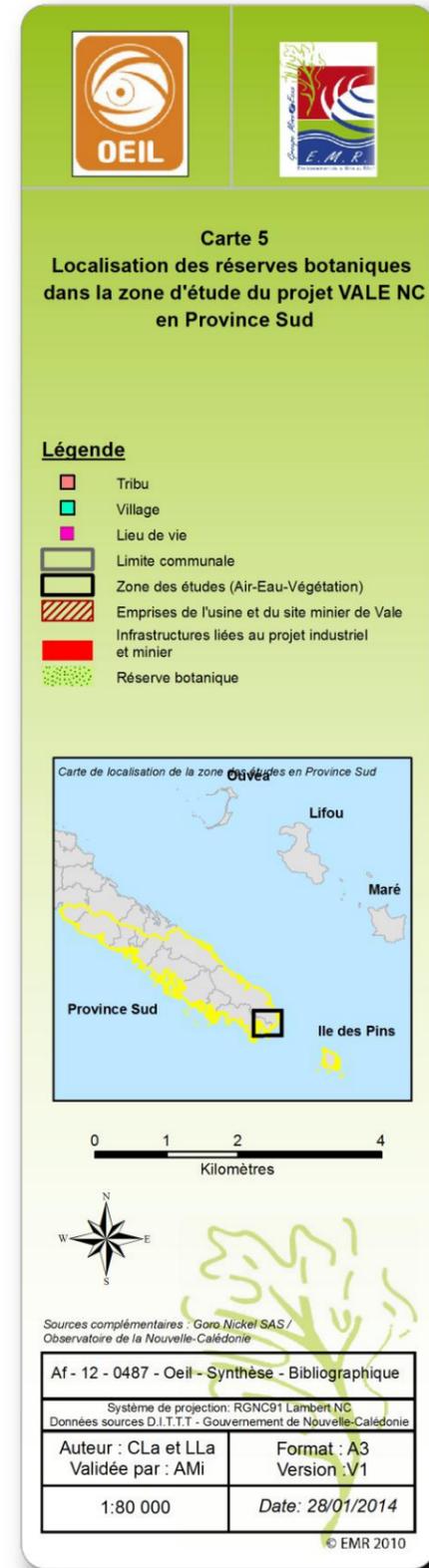
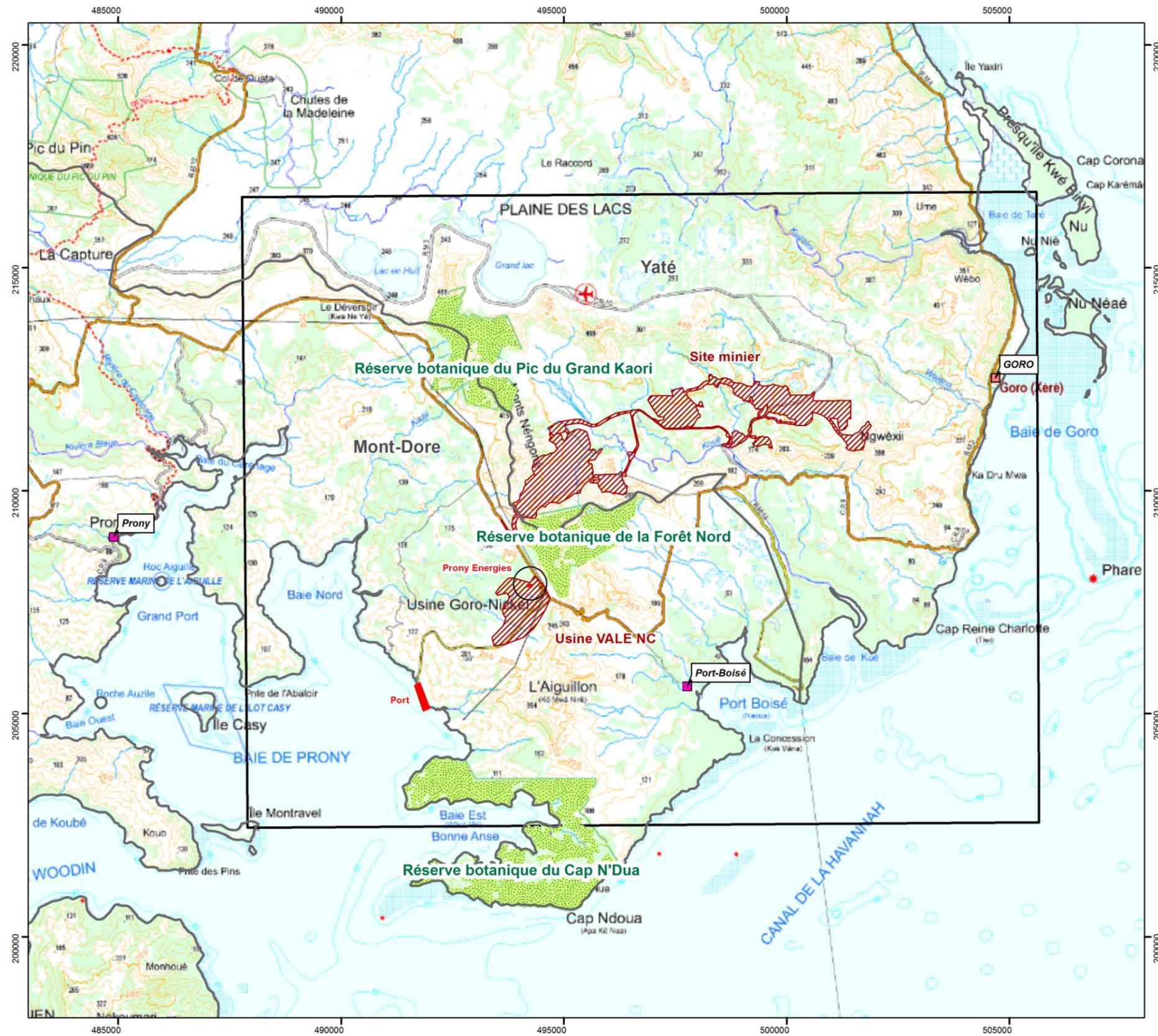


Figure 7: carte de localisation des réserves botaniques dans la zone d'étude du projet de Vale NC.

Tableau 3: caractéristiques des réserves botaniques spéciales situées au voisinage du projet - (source : Goro Nickel - Etude d'impact, 2007).

Réserve spéciale (n°)	Pic du grand Kaori (n°3)	Forêt Nord (n°4)
Emplacement	Au nord-ouest du parc à résidus (1500 m)	Au sud immédiat du parc à résidus et au nord-est du site industriel
Commune	Yaté-Mont Dore	Mont Dore
Surface	307 ha	268 ha
Type de relief	Montagneux très escarpé	Montagneux très escarpé
Altitude	200 à 580 m	200 à 400 m
Géologie	Roche ultramafique, roche éruptive, péridotites	Roche ultramafique, roche éruptive, péridotites
Pluviométrie	3000 mm/an	3000 mm/an
Formation végétale dominante	Maquis minier, forêt humide sur pente	Maquis minier, forêt littorale

C'est une végétation principalement composée de maquis (78 %) et notamment un maquis ligno-herbacé bien drainé, de forêts (9 %) et de végétation caractéristique de zone humide (3 %).

II.2. Contexte humain

Depuis 1996, il n'y a plus d'habitation à proximité immédiate du site (Goro Nickel, 2007). Les lieux de vie les plus proches sont les suivants :

- le village de Prony, situé à 9 km du site ;
- Port Boisé, situé à 5 km du site ;

Notons que la base vie n'est pas considérée comme zone d'habitation dans les études de Vale NC.

A l'échelle du Grand Sud, l'îlot Casy situé à 7 km au sud-sud-ouest de l'usine est aussi un lieu d'accueil (ancienne structure hôtelière et actuelle zone de camping) mais ce dernier n'est pas soumis aux vents dominants de l'usine et du site minier. A 11 km à l'est de l'usine se trouve aussi la tribu de Goro mais cette dernière est relativement éloignée et elle est soumise aux vents dominants du nord-est à est-sud-est, ce qui va à l'encontre des émissions atmosphériques en provenance du projet. Ce sont les seules zones recensées comme étant habitées à proximité du complexe industriel et minier. La tribu de Ouara située sur l'île Ouen à une dizaine de kilomètres du Port de Prony, n'est pas citée dans la bibliographie, cependant une petite communauté y vit. Aucune information n'a été fournie sur les raisons de cette lacune.

II.3. Projet et installations de Vale NC

Même si des travaux d'exploration ont été réalisés dans les années 1950 à 1960, ça n'est qu'en 1992 que s'est faite l'acquisition des titres miniers sur le gisement de Goro avec l'intention de construire une usine de traitement de minerais. Dès 1995, l'utilisation de l'hydrométallurgie est envisagée pour traiter

les latérites à faibles teneurs en nickel. La frise de la Figure 8 récapitule les éléments chronologiques les plus marquants dans la construction du site de Goro.

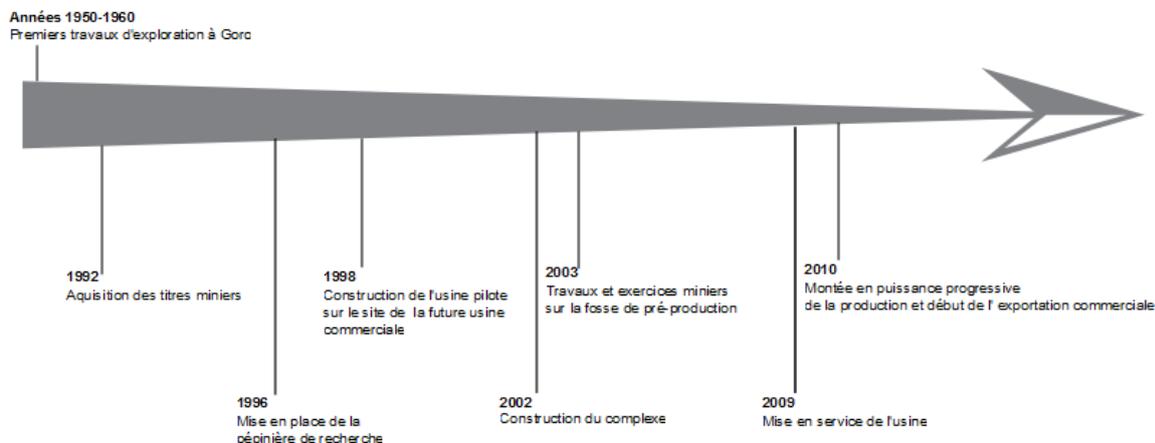


Figure 8: frise chronologique du projet situé à Goro - (source : <http://www.vale.nc/qui-sommes-nous/historique>).

II.3.1. Le projet

L'usine de traitement du minerai, dont la caractéristique principale est l'utilisation d'un procédé hydrométallurgique, doit permettre d'exploiter de manière rentable les latérites, roche très altérée dont les taux de nickel sont inférieurs à 2 %, grâce à un procédé de lixiviation par acide sulfurique à haute pression. Cette technique permet d'exploiter le gisement latéritique du plateau de Goro.

C'est un projet d'extraction de minerai et de production de nickel et de cobalt grâce à l'ouverture d'une mine à ciel ouvert et de multiples installations permettant la transformation du minerai. L'exploitation du plateau de Goro est prévue pour durer 25 ans.

En 2004, l'arrêté n°1769-2004/PS du 15 octobre 2004 autorise la société Vale NC à exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt dont la capacité de production nominale est de 54 000 tonnes de nickel et 5 400 tonnes de cobalt par an aux lieux dits « Goro » et « Prony-est », sur les communes de Yaté et du Mont-Dore. C'est un projet très important à l'échelle du territoire car il permet la création d'environ 4000 emplois directs ou indirects (<http://www.vale.nc/qui-sommes-nous/vale-nouvelle-caledonie>), ce qui représente environ 4 % de la population active

Ce procédé hydrométallurgique permet l'extraction des métaux du minerai (limonites et saprolites à basse teneur) au moyen de réactifs chimiques dans un milieu à haute pression et haute température. Le procédé de traitement chimique entraîne des effluents liquides, des résidus solides ainsi que des émissions atmosphériques. Ce procédé hydrométallurgique est encore mal maîtrisé car il n'a jamais été industrialisé à cette échelle et dans des conditions similaires, les conséquences réelles et les risques sur la santé et l'environnement restent encore incertains (<http://www.ac-noumea.nc/histoire-geo/spip/>). Afin de réduire au maximum les risques, Vale NC s'est engagé à respecter les normes de rejet en vigueur au niveau international et à mesurer régulièrement les taux de substances toxiques ou dangereuses à proximité des installations les plus polluantes. Les produits exportés sont l'oxyde de nickel et le carbonate de cobalt, tous les deux sous forme de pulpe de minerai.

II.3.2. Les installations

Le complexe industriel et minier de Vale NC comprend un certain nombre d'installations qui sont listées pour les principales ci-après et représentées géographiquement sur la Figure 9 :

- la mine à ciel ouvert ;
- une unité de préparation et de traitement de minerai ;
- l'usine hydrométallurgique qui comprend elle-même :
 - la raffinerie pour procéder à la séparation des éléments métalliques, l'élimination des impuretés et séparer les éléments nickel et cobalt ;
 - les auxiliaires (une usine de calcaire, un four à chaux, une usine d'acide sulfurique, une centrale à vapeur) qui alimentent les besoins de la raffinerie et de la lixiviation ;
 - une installation de traitement des effluents et son émissaire de rejet en mer ;
 - une partie de la centrale électrique au charbon de Prony servant à l'alimentation de l'usine ;
- un site de stockage des résidus ;
- le port, situé en baie de Prony et servant à l'exportation du nickel et du cobalt ;
- une pépinière de recherche ;
- la base vie servant à l'hébergement du personnel du site ;
- toutes les pistes internes au projet minier et toutes les routes minières parcourues par les engins de chantier.



Figure 9 : carte des principales installations du projet de Vale NC - (source : Vale NC).

Toutes ces installations sont émettrices de polluants atmosphériques⁶ plus ou moins nocifs pour l'Homme et l'écosystème. Les chapitres suivants permettront de préciser plus en détail les types d'émissions et la nature de ces dernières.

⁶ Un polluant désigne un agent physique, chimique ou biologique qui provoque des impacts négatifs ou en tout cas une nuisance, dans un écosystème.
EMR Ra-13-0706-février 2014

Le schéma ci-dessous (Figure 10) présente le fonctionnement simplifié du complexe industriel et notamment des intrants et des sortants. Les intrants sont le minerai et les sortants sont les produits finis du complexe industriel ainsi qu'un certain nombre de « déchets » (ce qui n'est pas utilisé) liquides et solides et de polluants atmosphériques. Il existe trois types d'effluents⁷:

- les effluents solides ;
- les effluents liquides ;
- les effluents atmosphériques.

Dans le cadre de cette étude, c'est la dernière catégorie « effluents atmosphériques » qui est ciblée. Les sources principales de polluants atmosphériques sont les émissaires (cheminées) des différentes unités de l'usine hydrométallurgique, mais aussi les pistes et zones d'extraction ainsi que le stock de soufre à ciel ouvert.

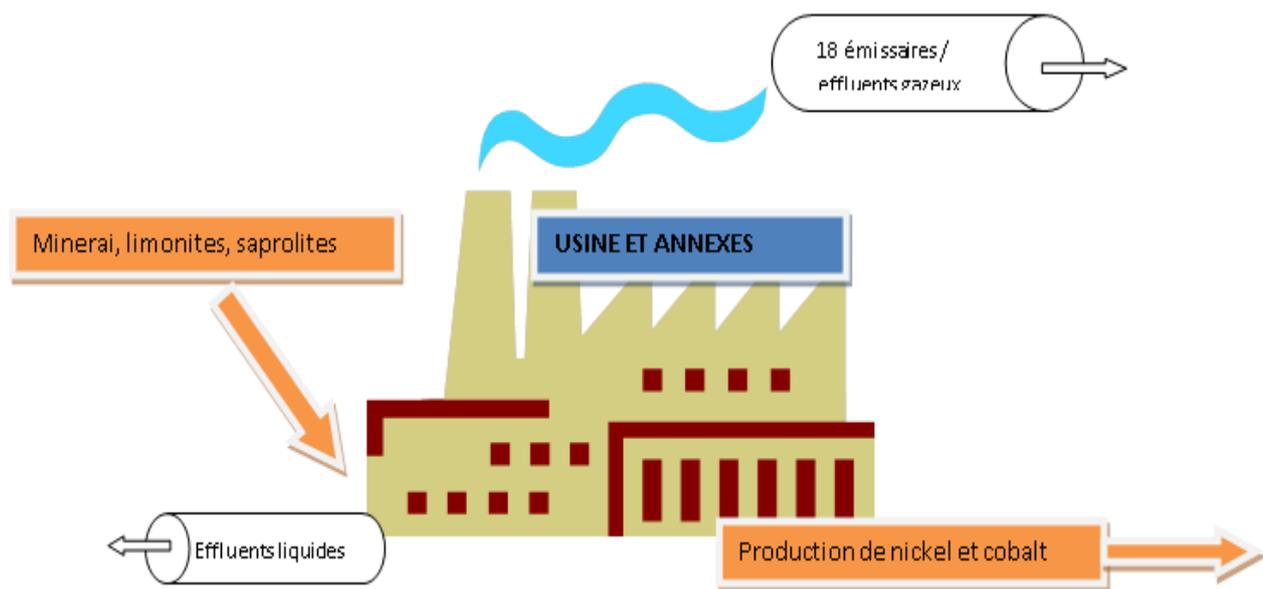


Figure 10: schéma simplifié du fonctionnement du complexe industriel de Vale Nouvelle-Calédonie- (source : EMR, 2013 d'après Vale NC).

Chapitre III - Objet de l'étude

III.1. Présentation de la thématique « émissions atmosphériques » et ses enjeux

III.1.1. Définitions

Un polluant désigne une substance ou un processus physique, chimique ou biologique qui dégrade un milieu donné et provoque une nuisance ou une contamination. Le concept de « polluant » est relatif, car il se définit en fonction de certaines normes, qui varient d'un pays à l'autre, établissant un seuil maximal au-delà duquel on considère un agent ou un processus donné comme nuisible à l'environnement ou à la santé des êtres vivants, c'est le seuil de toxicité⁸.

⁷ Eaux usées issues des procédés industriels.

⁸ Mesure du pouvoir nocif d'un poison (toxique) sur un organisme, par exemple, par l'altération de son comportement, de sa productivité biologique (toxicité sub-létale) ou dans certains cas, de son pouvoir de tuer (toxicité aiguë). La toxicité est souvent mesurée par la CL₅₀ pour un organisme d'essai normalisé tel que la truite arc-en-ciel. La CL₅₀ est la concentration du toxique qui tue la moitié des organismes qui lui sont exposés pendant une période donnée, habituellement de 96 heures.

Le seuil de toxicité⁹ (fixé par la réglementation) est donc la concentration à partir de laquelle une substance est considérée comme toxique (sur l'Homme) et /ou écotoxique (sur les écosystèmes, l'environnement). C'est la mesure du caractère nocif d'un polluant ou poison. Cependant en dessous de ces seuils, des dégradations peuvent être constatées.

La pollution de l'air, appelée pollution atmosphérique, est causée par plusieurs éléments (particules, matières, substances ...) dont les degrés de concentration et les durées de présence sont suffisants pour altérer les niveaux de qualité et de pureté de l'air.

Dans le cas d'un projet industriel de l'envergure de celui de Vale NC, la pollution atmosphérique est en lien avec le fonctionnement des installations et le type de traitement choisi. C'est un sujet qu'il est absolument nécessaire de traiter et c'est pourquoi les autorités imposent donc à l'industriel l'indispensable contrôle de ses installations ainsi qu'aux suivis des rejets atmosphériques.

Un suivi de la qualité des eaux de pluie est aussi imposé par les autorités (arrêtés de 2004 et de 2008). En effet, les polluants contenus dans l'atmosphère peuvent être rabattus au sol lors d'épisodes pluvieux, pouvant alors détériorer la qualité des eaux de rivières, des sols et impacter plus particulièrement la faune et la flore. Ces deux derniers compartiments de l'environnement sont des indicateurs très importants de la qualité des écosystèmes. Il convient donc de les surveiller de façon appropriée.

III.1.2. Listes des polluants concernés et effets sanitaires

Sur les six polluants les plus présents générés par le projet de Vale NC (Tableau 4), quatre polluants principaux ont été identifiés comme les plus représentatifs de l'activité du projet industriel et minier :

- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- les poussières ;
- l'oxyde de nickel (poussière) ;
- les métaux.

Tableau 4: liste des principaux polluants atmosphériques générés par le projet et effets sanitaires associés [SO₂ (Dioxyde de soufre), NO₂ (dioxyde d'azote)] - (source : Goro Nickel, 2007).

Type de rejet	Effets
SO₂	-Broncho-constriction avec altération des débits de ventilation. -Toux et sifflements expiratoires. -Augmentation du risque de mortalité cardio-vasculaire et respiratoire.
NO₂	-Gaz irritant qui provoque une hyper-réactivité bronchique chez les enfants et les asthmatiques. -Pas de risque cancérigène.
Ni et Oxyde de Ni	Sinusites et rhinites chroniques et propriétés cancérigènes (nasal, poumon) chez les personnes travaillant dans les industries de raffinage de nickel car ils sont en présence de sous-sulfure de Ni, Oxyde de Ni et sulfate de Ni.
Poussières	Les PM ₁₀ , plus grosses que les PM _{2,5} pénètrent jusqu'au niveau inférieur des voies aériennes (bronchioles). En revanche, les PM _{2,5} pénètrent plus profondément (jusqu'aux alvéoles pulmonaires) et peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble chez les personnes plus faibles (enfants en

⁹Caractère spécifique de la gêne ou de la nuisance.
EMR Ra-13-0706-février 2014

bas âge, personnes âgées ou personnes ayant déjà des infections respiratoires). Il existe un risque plus important de cancer des poumons avec la consommation de tabac.

Chlore	Effet irritant sur les yeux, la peau et les voies respiratoires.
Dioxines et furannes	Une exposition à court terme à des valeurs élevées peut provoquer: des lésions cutanées (acné), l'apparition de taches sombres sur la peau, des ulcérations. Une exposition prolongée peut provoquer: des perturbations du système immunitaire et du développement du système nerveux, des troubles endocriniens et de la fonction reproductive. La TCDD (la plus toxique des dioxines) est cancérigène.

III.2. Sources de pollution

Les cheminées ou émissaires participent au rejet de divers polluants et notamment des polluants atmosphériques. L'inventaire des émissions atmosphériques a été réalisé pour la phase de construction ainsi que la phase d'exploitation, la phase de fermeture ayant le même type de rejets que la phase de construction (Goro Nickel, 2007). Les principales sources d'émissions, type de pollutions, type de rejets et les prévisions de dosage (fournies par les constructeurs) sont synthétisées dans le Tableau 5 ci-après.

Tableau 5: synthèse des sources de pollutions et polluants impliqués durant les différentes phases du projet - (source : Goro Nickel, Etude d'impact-2007).

Phases	Sources de pollution	Type de pollution	Type de rejet (par importance)	Prévisions de dosage
Construction	Engins de chantiers lourds et légers	Gaz d'échappements	SO ₂	
	Trafic minier	Poussières	NO ₂	
	Génératrice d'électricité temporaire		Poussières	
Exploitation	<i>Principalement:</i>	Rejets acides	CO ₂	SO ₂ = 1000kg/h
	Usine d'acide sulfurique	Emissions	SO ₂	NO ₂ = 388 kg/h
	Circuit de pyrohydrolyse et lixiviation sous pression	diffuses/fugitives (notamment au niveau de la manipulation du minerais)	NO ₂	PM ₁₀ = 26kg/h
	Centrale électrique		Poussières	Métaux associés aux
	Zone d'extraction minière		PM ₁₀ ¹⁰	PM ₁₀ seront à hauteur de 5,17 kg/h
	Pistes	Poussières	Dioxines/Furannes	
	Stock de soufre à ciel ouvert		CO	
			COV	
	<i>Ainsi que:</i>			
	Chaudière auxiliaire			
Equipement lourd et léger				
Explosifs				

SO₂ : dioxyde de soufre, NO₂ : dioxyde d'azote, CO₂ : dioxyde de carbone, PM10 : particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres, CO : monoxyde de carbone, COV : composé organique volatil

La Figure 10 qui synthétise le fonctionnement de l'usine pendant l'exploitation permet de visualiser les points de sortie et les polluants impliqués. Ainsi, dix-huit émissaires d'effluents gazeux ont été identifiés sur l'ensemble du site industriel :

- 12 sont localisés au niveau du site industriel et de l'usine de traitement ;
- 6 sont localisés au niveau de l'ensemble des autres installations.

Les sources principales d'émissions atmosphériques émanant du site industriel sont :

- la pyrohydrolyse et la lixiviation ;
- les fours à chaux ;
- l'usine d'acide ;
- la centrale thermique ;

¹⁰ Particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéroulique) inférieur à 10 micromètres
EMR Ra-13-0706-février 2014

- la centrale électrique à charbon de Prony Energies.

Les émissions atmosphériques sont dégagées lors des différents traitements du minerai mais aussi au moment des opérations de stockage (chargement/déchargement) ainsi qu'au niveau de la circulation sur piste des engins de chantiers se trouvant sur mine.

Certains éléments disponibles dans la bibliographie (documents et études présentant des calculs de modélisation), ont pour but de montrer que les installations respectent les directives décrites dans les notices du constructeur et qu'elles sont conçues de façon à limiter les émissions de polluants dans l'environnement. De nombreuses mesures d'atténuations ont été incluses dès la conception du projet afin de limiter ou supprimer les inconvénients du projet.

III.3. Enjeux sanitaires et environnementaux

III.3.1. Risques sanitaires pour la population

Les phases de construction et de fermeture n'ont pas été considérées dans les rapports d'étude pour l'évaluation des effets. Cela s'explique par l'absence de source d'émission significative comme les émissions canalisées émises par la raffinerie.

Les moyens d'assimilation pris en compte sont l'inhalation des matières en suspension, l'ingestion par l'homme de produits végétaux et animaux cultivés ou élevés sur des terres impactées par les retombées dans la zone d'étude. Le Tableau 6 synthétise les risques sanitaires pour la santé humaine encourus lors de l'absorption de substances polluantes, les sources générales d'émissions et les valeurs limites horaires selon la directive européenne n° 1999/30/CE du 22 avril 1999.

Tableau 6: sources de pollutions atmosphériques et risques sanitaires pour l'Homme - (source : Goro Nickel, 2007).

Type de rejet	Sources générales	Type d'absorption	Risques pour l'homme	Directive européenne
SO₂	SO ₂ = combinaison des impuretés soufrées des combustibles fossiles (charbon, fuel domestique, diesel) avec l'oxygène de l'air lors de leur combustion. Activités anthropiques comme les raffineries de pétrole, les centrales thermiques, les industries ainsi que le trafic automobile.	Voies respiratoires	-Bronchoconstriction avec altération des débits de ventilation. -Toux et sifflements expiratoires. -Augmentation du risque de mortalité cardio-vasculaire et respiratoire.	Valeur limite moyenne horaire: 350 µg/m ³
NO₂	-Transports automobiles. -Installations industrielles utilisant des procédés thermiques ou de combustion.	Voies respiratoires	-Gaz irritant qui provoque une hyper-réactivité bronchique chez les enfants et les asthmatiques. -Pas de risque cancérigène.	Valeur limite moyenne horaire: 200 µg/m ³
Ni et Oxyde de Ni	Présent naturellement dans la croûte terrestre. On le trouve aussi dans l'air, l'eau et la biosphère. Les émissions proviennent principalement de la combustion de charbon et de mazout, de l'incinération des déchets ainsi que de la production minière, la métallurgie, fabrication de l'acier.	Le mode principal est l'inhalation mais aussi par ingestion et pénétration trans-tégumentaire	Sinusites et rhinites chroniques et propriétés cancérigènes (nasal, poumon) chez les personnes travaillant dans les industries de raffinage de nickel car ils sont en présence de sous-sulfure de Ni, Oxyde de Ni et sulfate de Ni.	Valeur cible pour Ni : 20 ng/m ³

Type de rejet	Sources générales	Type d'absorption	Risques pour l'homme	Directive européenne
Poussières	<p>Particules fines issues de la combustion de combustibles (parcourent de longues distances).</p> <p>Particules fines issues de l'activité minière, de création de pistes et activité de roulage.</p> <p>Les particules minérales (plus grosses et plus denses) ont tendance à retomber rapidement au sol.</p>	<p>La voie respiratoire est la plus sensible.</p> <p>La voie intestinale = voie principale des composés soufrés et matières particulaires</p>	<p>Gènes respiratoires chez les personnes plus faibles (enfants en bas âge, personnes âgées ou personnes ayant déjà des infections respiratoires). Risque plus important de cancer des poumons avec la consommation de tabac.</p>	<p>Valeur limite moyenne horaire: 50 µg/m³</p>
Chlore	<p>Se transforme en gaz à température ambiante. Il est présent dans la fabrication de matières plastiques mais n'est pas présent dans le produit fini. Il s'élimine du processus sous la forme d'acide chlorhydrique.</p>	<p>Dans le milieu professionnel: par inhalation</p> <p>Dans le domaine environnemental: par ingestion (eau trop fortement chlorée ou aliments contaminés).</p>	<p>Effet irritant sur les yeux, la peau et les voies respiratoires.</p>	<p>Par ingestion: dose de référence : 100 µg/m³</p> <p>Par inhalation : dose de référence : 350 µg/m³</p>
Dioxines et furannes	<p>Peuvent provenir des volcans, feux de forêt mais surtout des activités humaines comme l'incinération de déchets et la métallurgie. Très stables, on peut les rencontrer dans tous types de milieux (air, eau, sédiments).</p>	<p>Majoritairement par ingestion mais aussi par inhalation</p>	<p>Une exposition à court terme de valeurs élevées peut provoquer:</p> <ul style="list-style-type: none"> -des lésions cutanées (acné), -apparition de taches sombres sur la peau, -ulcération. <p>Une exposition prolongée peut provoquer:</p> <ul style="list-style-type: none"> -perturbations du système immunitaire et du développement du système nerveux, -troubles endocriniens et de la fonction reproductive. <p>La TCDD (la plus toxique des dioxines) est cancérigène.</p>	<p>L'OMS préconise une dose maximale admissible de 10 pg (soit 10⁻¹²g) par kg de poids corporel et par jour.</p>

SO₂ : dioxyde de soufre, NO₂ : dioxyde d'azote.

En complément des informations précédentes, le Tableau 7 suivant expose les risques sanitaires des métaux pour la population.

Tableau 7 : liste des métaux lourds contenus dans les poussières générés par le projet et leurs effets sur la santé humaine. [SO₂ (Dioxyde de soufre), NO₂ (dioxyde d'azote)] - (sources : Goro Nickel, 2007 ; <http://www.asef-asso.fr>).

Arsenic (As)	<p>L'absorption d'arsenic par la peau est minimale. Les symptômes immédiats caractéristiques d'une intoxication aiguë à l'arsenic comprennent des troubles digestifs ainsi que de la reproduction. L'exposition à l'arsenic par inhalation ou ingestion d'eau contaminée est également à l'origine de cancers du poumon, de la peau et de la vessie.</p>
Cadmium (Cd)	<p>Les voies d'absorption du cadmium sont l'inhalation et l'ingestion, Une exposition à ce métal lourd augmente le risque de mortalité par cancer pulmonaire.</p>
Chrome (Cr)	<p>Le chrome III est un composé naturel de l'organisme peu toxique mais ses dérivés peuvent se comporter comme des allergènes si la concentration est très élevée. Peuvent alors apparaître de l'asthme et des dermatites. Pour le chrome VI, hautement toxique, il peut s'accumuler dans le foie, les reins, la glande thyroïde et la moelle osseuse. Il entraîne des troubles respiratoires, des inflammations et des ulcères</p>
Cuivre (Cu)	<p>L'absorption du cuivre peut se faire par voie respiratoire et digestive, la voie cutanée étant négligeable. L'inhalation peut entraîner irritation des muqueuses respiratoires et oculaires, des congestions des muqueuses nasales et du pharynx. L'absorption d'une dose unique d'un dérivé du cuivre par ingestion donne lieu à des douleurs, des nausées, des étourdissements, des vomissements, de la diarrhée, de la tachycardie, des difficultés respiratoires, de l'anémie, et une insuffisance hépatique et rénale aboutissant à la mort. Une exposition au cuivre à long terme peut provoquer une irritation au nez, à la bouche et aux yeux et peut provoquer des maux de tête, des maux d'estomac, des vertiges, des vomissements et des diarrhées</p>
Mercure (Hg)	<p>Le mercure est toxique par inhalation de ses vapeurs mais présente peu de danger par ingestion et par contact avec sa forme liquide sauf en cas de présence de lésions cutanées. Il peut ainsi nuire gravement au développement et au fonctionnement du système nerveux central de l'être humain.</p>

Nickel (Ni)	Le nickel et ses composés sont absorbés par les voies respiratoires et dans une moindre mesure par le tube digestif. Il augmente le risque de cancer du poumon et du nez.
Plomb (Pb)	A fortes doses, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux et peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral avec des perturbations, Le plomb contamine le sol, les végétaux et les être vivant. Il perturbe l'équilibre et les mécanismes biologiques. psychologiques
Etain (Sn)	Absorbé par les voies respiratoires, les effets immédiats de l'étain sont des irritations des yeux et de la peau, des maux de tête et d'estomac, des nausées et vertiges, des essoufflements ainsi que des problèmes pour uriner. A long terme, cela peut conduire à des dépressions, des dommages au foie, des dysfonctionnements du système immunitaire avec certaines carences. Cela peut aussi provoquer une altération des chromosomes et des dommages au cerveau.
Antimoine (Sb)	L'exposition à de fortes concentrations atmosphériques ou la prise orale de fortes doses peuvent également produire des atteintes hépatiques, rénales, cardiaques et sanguines. Une exposition chronique à l'antimoine peut se traduire par une irritation au niveau ORL (nez, gorge, oreilles), pulmonaire et digestif et peut conduire, notamment dans le cas d'exposition professionnelle, à des troubles pulmonaires ou cutanés (sorte d'eczéma). Des effets sur le système nerveux, sanguin, sur le foie et des troubles cardio-vasculaires ont également été rapportés.
Zinc (Zn)	Le zinc est un élément qui est essentiel pour la santé de l'homme. Une trop grande ingestion de zinc on peut alors avoir une perte de l'appétit, une diminution des sensations de goût et d'odeur ainsi qu'une mauvaise cicatrisation et même provoquer des problèmes de santé importants, comme des crampes d'estomac, des irritations de la peau, des vomissements, des nausées, de l'anémie. De très hauts niveaux de zinc peuvent endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines et provoquer de l'artérioclose. Une exposition intensive au chlorure de zinc peut provoquer des désordres respiratoires. Sur le lieu de travail la contamination au zinc peut mener à un état comparable à la grippe, que l'on appelle la fièvre du fondeur. cet état disparaît après deux jours.
Vanadium (V)	Présent naturellement dans le corps, il est indispensable au bon fonctionnement de la thyroïde et des os. A trop forte dose ingérée il peut entrainer des troubles digestifs. Par inhalation il peut provoquer des irritations des poumons, de la gorge des yeux et des cavités nasales
Cobalt (Co)	De nombreux dérivés du cobalt sont irritants pour la peau et les muqueuses. Les contacts cutanés répétés peuvent être responsables d'une sensibilisation et d'urticaire ou d'eczéma de contact. Dans le milieu professionnel, la sensibilisation au cobalt est assez fréquente, en particulier chez les potiers et les céramistes, dans le secteur du bâtiment et chez les utilisateurs de résines polyester. L'exposition répétée par voie aérienne peut être à l'origine d'une irritation des voies respiratoires. Elle peut aussi induire une rhinite et un asthme allergiques. A forte dose, le cobalt a des effets cardiotoxiques ainsi que des troubles de la thyroïde
Manganèse (Mn)	Les principales voies d'absorption du manganèse sont les voies respiratoires. Le manganèse agit essentiellement au niveau du système respiratoire et du cerveau. Les symptômes d'un empoisonnement au manganèse sont des hallucinations, un manque de mémoire, et des problèmes aux nerfs. Le manganèse peut aussi provoquer la maladie de Parkinson, des embolies pulmonaires et des bronchites.

III.3.2. Risques pour la végétation

Le risque est analysé durant la phase d'exploitation, lorsque le site industriel rejette ses effluents gazeux en lien avec le fonctionnement de l'usine (émanation des émissaires, émanations et poussières issues des lieux de stockage, du réseau routier, des zones d'extractions du minerai et émanation de produits chimiques stockés).

Afin de caractériser l'état initial, des études ont été réalisées et ont permis de mettre en évidence l'existence de formations végétales spécifiques, devant faire l'objet de mesures de conservation, de protection et de restauration. Le cas du Chêne Gomme (*Arillastrum gummiferum*) sera particulièrement suivi car c'est sur cette même espèce qu'ont été observés les premiers signes de dépérissement en 2010.

Il existe trois types de pollutions atmosphériques susceptibles d'affecter la végétation :

- les émissions gazeuses,
- les particules et métaux en suspension dans l'air,
- les particules et métaux contenus dans les retombées atmosphériques (particules sédimentables qui ne restent pas en suspension dans l'air).

Les différentes voies d'assimilation chez les plantes sont l'absorption par les voies aériennes (feuilles) pour les gaz, menant à l'obstruction de ces voies et dans une moindre mesure l'absorption par le sol pour les retombées. Les particules en suspension, quant à elles, peuvent être absorbées par les deux modes précités et provoquer aussi l'obstruction des voies aériennes.

Une acidification des émissions atmosphériques peut aussi endommager les formations végétales. Les retombées peuvent occasionner le blocage de la photosynthèse provoquant alors l'apparition de certains symptômes comme :

- le dépérissement forestier ;
- la décoloration et perte de feuilles ;
- l'éclaircissement de la cime des arbres.

III.3.3. Évaluation des risques pour la santé humaine et la végétation

Dans le cadre de l'étude des impacts sur l'environnement menée pour le projet industriel et minier de Vale NC, il a été nécessaire de procéder à des évaluations des risques sanitaires pour la population et l'environnement. Afin de tenter d'évaluer les effets qu'auront les émissions de polluants atmosphériques, Vale NC a fait appel à trois types d'évaluation :

- une méthodologie permettant de définir l'importance des impacts (méthodologie URS Australia, 2006) ;
- une définition des Valeurs Toxicologiques de Références, qui font appel à des valeurs de toxicité des polluants fixées à partir d'effets toxiques observés chez l'animal de laboratoire et qui correspondent à une quantité de contaminant que les experts estiment pouvoir être consommée sans que l'on puisse craindre d'effets néfastes sur la santé humaine ;
- la modélisation permettant la localisation des zones où les teneurs moyennes maximum sont prévues pour les différents polluants recensés (SO₂, NO₂ et PM₁₀) ainsi que le dioxyde de carbone (CO₂), le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et le plomb (Pb) (société Katestone Environmental).

Méthode d'évaluation URS Australia

Pour la réalisation de son étude des impacts environnementaux sur l'environnement, Vale NC a mandaté le bureau d'études URS Australia qui a défini trois critères permettant de quantifier les impacts d'une perturbation : l'intensité, l'étendue et la durée. Ces critères sont intégrés dans une grille d'analyse qui permet de définir l'importance des impacts résiduels, qui sont les impacts subsistant après l'application d'une mesure d'atténuation.

Tableau 8: critères utilisés pour la définition de l'importance des impacts environnementaux résiduels - (source : URS Australia, 2006).

Critères			
Intensité	Etendue	Durée	Importance
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Modérée
		Courte	Modérée

Moyenne	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Modérée
		Courte	Mineure
	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Modérée
		Courte	Modérée
	Locale	Longue	Modérée
		Moyenne	Modérée
		Courte	Mineure
Faible	Ponctuelle	Longue	Modérée
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure
	Régionale	Longue	Modérée
		Moyenne	Modérée
		Courte	Mineure
	Locale	Longue	Modérée
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure
Ponctuelle	Longue	Mineure	
	Moyenne	Mineure	
	Courte	Mineure	

Lorsque les impacts sont considérés comme « majeurs » ou « modérés », l'industriel doit définir des mesures environnementales supplémentaires ainsi qu'un système de mesure de réduction et/ou de compensation. Il doit définir aussi des programmes d'auto-surveillance et de suivis scientifiques des indicateurs environnementaux pertinents, permettant d'observer les effets résiduels immédiats ou durables du projet afin de corriger, si possible, certaines techniques de travail (URS Australia).

Dans le cas d'URS, la méthodologie consiste à dissocier les différents effets tels que les effets réversibles, les effets résiduels cumulatifs, la probabilité d'occurrence et enfin les mesures environnementales compensatoires lorsque les effets environnementaux résiduels, après intégration des mesures d'atténuation, sont toujours d'importance majeure ou modérée.

Les Valeurs Toxicologiques de Références

Pour connaître les risques encourus par la population sur le site de Goro, Vale NC s'est appuyé sur un certain nombre de données, dont les valeurs toxicologiques des polluants identifiés.

Ces dernières ont été déterminées lors d'une étude des risques sanitaires réalisée, pour le compte du Ministère de la Santé et pour le Ministère de l'Environnement, par l'Institut National de l'Environnement Industriel des Risques (INERIS) en s'appuyant sur une méthode retenue par l'Institut de Veille Sanitaire.

Pour identifier les relations entre les expositions des populations et les effets sur la santé, il faut comparer les concentrations d'exposition avec les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Les VTR sont des indices fixés par des experts qui estiment, après observation d'effets néfastes sur un animal de laboratoire, que cet indice correspond à la quantité maximale pouvant être ingérée sans effet néfaste sur la santé humaine soit durant la vie entière (limite d'exposition chronique), soit pendant un laps de temps court (limite d'exposition aiguë) (Tableau 9).

Deux types d'effets toxicologiques se distinguent :

- les effets à seuil : correspondent à la concentration en dessous de laquelle l'exposition ne produit pas d'effet car l'organisme est capable de gérer la détoxification ;

- les effets sans seuil : ces effets concernent généralement les substances cancérigènes ou occasionnant des problèmes au niveau de la reproduction. Il n'y a pas de seuil en dessous duquel le risque n'existe pas.

Pour les composés à effets à seuil, le calcul de l'Indice de Risque (IR) est effectué en comparant les concentrations d'exposition aux VTR.

Tableau 9: présentation des Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour l'étude des risques sanitaires sur la population en fonction des polluants et leur organisme recenseur - (Source : Goro Nickel, 2007).

Composé traceur retenu	VTR	Organisme
VTR chroniques pour les effets à seuil par inhalation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Dioxyde de soufre	50	OMS
Dioxyde d'azote	40	OMS
Acide sulfurique	1	OEHHA
PM ₁₀	30 (1)	Décret n°98-360 modifié par décret 2002-213 (2)
Benzène	30	US-EPA
Naphtalène	3	US-EPA
Chlorure d'hydrogène	20	US-EPA
Nickel	0,02	Health Canada
Arsenic inorganique	0,03	OEHHA
Cadmium	0,02	OEHHA
Chrome VI	0,1	US-EPA
Mercurure	0,3	US-EPA
Plomb	0,5	OMS
VTR chroniques pour les effets à seuil par ingestion ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$)		
Arsenic inorganique	0,3	US-EPA
Cadmium	1	US-EPA
Nickel	20	US-EPA
Plomb	3,5	OMS
Mercurure inorganique	0,3	US-EPA
Mercurure organique	0,1	US-EPA
Fluoranthène	40	US-EPA
Naphtalène	20	US-EPA
VTR chroniques pour les effets à seuil par inhalation (en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$) et par ingestion (en $(\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$)		
Benzène	$78.10^{-6}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US-EPA
Benzo(a)pyrène	$1,1.10^{-3}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA
	0,2 (mg/kg/j)-1	RIVM
Chrome VI	$1,1.10^{-2}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US-EPA
Nickel (3)	$2,4.10^{-4}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US-EPA
Cadmium	$1,8.10^{-3}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US-EPA
Arsenic inorganique	$3,3.10^{-3}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA
	1,5 (mg/kg/j)-1	US-EPA

(1) valeur guides de qualité de l'air.

(2) récemment codifié dans le code de l'Environnement métropolitain.

(3) VTR élaborée par US-EPA pour les poussières de Nickel émises par les raffineries.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

US-EPA : Us Environment Protection Agency

OEHHA: Office of Environmental Health Hazard Assessment

Health Canada: Ministère du Gouvernement du Canada

Si la valeur du rapport « Concentration/VTR » est supérieure à 1, cela signifie que l'exposition calculée est supérieure à l'exposition de référence et que les risques sur la santé sont potentiels.

Une incertitude demeure quant à la définition des IR dans le cas des résultats annoncés sur le site, car les documents bibliographiques disponibles ne précisent pas sur quelles valeurs ce sont basés les experts afin de réaliser leurs calculs.

La méthodologie de la modélisation de Katestone - Modèle CALPUFF

En plus de la méthodologie d'évaluation des impacts sur l'environnement du projet de Goro, Vale Nouvelle-Calédonie a mandaté la société Katestone Environmental afin de réaliser la modélisation de dispersion des polluants atmosphériques et d'évaluer les effets des émissions atmosphériques sur les formations végétales et sur les populations proches du site. L'évaluation de ces effets s'est faite par modélisation à partir de données météorologiques recueillies entre 1997 et 2002. Le modèle mathématique utilisé est le modèle CALPUFF.

Il existe peu d'informations météorologiques d'une résolution élevée à proximité du site de Goro. Eloignées du site (20 et 50 km au nord-ouest et au nord-est du site), les stations météo ne sont pas considérées comme représentatives des courants locaux provoqués par les caractéristiques topographiques du site. Trois sites de surveillance météorologique les plus proches du projet (entre 5 km et 12,5 km) ont été utilisés par Vale NC (Prony, Kué Ouest et Kué Pépinière) et ont permis d'obtenir des informations de base (vitesse et direction de vent).

Ces seuls éléments ne permettent pas de réaliser une modélisation diagnostique de la météorologie. Il est nécessaire de recourir à des procédés de prévision (modélisation CALPUFF).

Plusieurs étapes ont été nécessaires afin de générer les champs de données météorologiques. Dans un premier temps, il a fallu recourir au modèle de dispersion TAPM (The Air Pollution Model) qui a pour but de générer des informations relatives aux prévisions de vent pour les années 1999 à 2002 et dont la résolution peut aller jusqu'à 1 km. Ces données sont ensuite utilisées pour générer des vents en altitude au-dessus de la région ainsi que comme champ de vent prévu pour le champ « d'estimation initiale » dans le modèle CALMET¹¹. Le modèle TAPM simule les vents synoptiques et les courants locaux (brise marine, réseau hydrographique régional) et CALMET a pour but de modifier ces flux pour prendre en compte les flux hydrographiques influencés par la topographie locale.

Les champs de vent pour la zone doivent être représentés de manière adaptée, pour cela les données générées par TAPM et CALMET sont intégrées dans le modèle de dispersion CALPUFF qui modélise des flux de vents en trois dimensions et suit les trajectoires des polluants d'heure en heure en fonction des conditions météorologiques pouvant varier dans l'espace et influant sur les teneurs au niveau du sol. Les résultats de la modélisation doivent permettre la comparaison avec les valeurs limites préconisées par les directives existantes (Katestone, 2007).

¹¹ Système 3D non stationnaire de modélisation météorologique et de dispersion atmosphérique préconisé par l'US Environmental Protection Agency (US.EPA) pour les études de dispersion à grande échelle ou en terrain complexe

III.3.4. Résultats des évaluations des risques

Sur la santé humaine

N'ayant pas eu le rapport complet de l'étude sanitaire (Section E du Volume III de l'étude d'impact), la synthèse bibliographique sur ce thème se base seulement sur les conclusions de cette étude reprise dans la Section C de l'étude des impacts environnementaux réalisée en 2007 pour l'évaluation des effets, ainsi que sur le document de Katestone Environmental « Modélisation de la dispersion dans l'air pour le projet Vale NC en mai 2007 ».

Cette étude sanitaire ne se base que sur la phase d'exploitation car c'est la seule concernée par de véritables rejets atmosphériques significatifs et les stations proches des lieux de vie. Sont retenus et analysés les résultats des stations de :

- la Base vie ;
- le Village de Prony ;
- Port-Boisé.

En complément du choix des stations, 3 critères sont retenus :

- inhalation des composés gazeux et particulaires émis par la raffinerie ;
- ingestion de terre impactée par les retombées atmosphériques ;
- ingestion des végétaux et d'animaux cultivés ou élevés dans la zone d'étude.

Pour cette évaluation, les résultats de la modélisation fournissent un outil qui permet de situer les zones au sein desquelles la population et la végétation sont soumises à des concentrations moyennes de polluants atmosphériques supérieures aux concentrations limites des directives métropolitaines (Tableau 10 et Tableau 11)

Tableau 10 : teneur en polluants dans l'air selon les directives de la santé humaine pour les lieux d'habitations permanents - (source : Katestone Environmental- Modélisation de dispersion dans l'air pour le projet Goro Nickel-mai 2007).

Polluant	Période de calcul de la moyenne	Limite de directive en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et nombre de dépassements autorisé par an entre parenthèses	Teneur maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prévus sur le site	
			Prony	Port Boisé
Dioxyde de soufre	1h (limite)	350 (24 h)	14	179
	24h	125 (3 j)	1,5	14
Dioxyde d'azote	1h (limite)	200* (18)	1,3	17
	Année (limite)	40*	0,007	0,041
PM ₁₀	24h	50 (35)	0,08	0,27
	Année (limite)	40	0,004	0,01
Monoxyde de carbone**	1h	30mg/m ³	1,3	18
	8h	10mg/m ³	0,64	4,2
Cadmium et ses composés**	Année (limite)	0,005	0,000004	0,00002
Mercurure et ses composés**	Année (limite)	1	0,000004	0,00002

Polluant	Période de calcul de la moyenne	Limite de directive en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et nombre de dépassements autorisés par an (entre parenthèses)	Teneur maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prévus sur le site	
			Prony	Port Boisé
Pb et ses composés	Année (limite)	0,5	0,00004	0,0002

* : en supposant un ratio NO_2/NO_x de 30%

** : en supposant que chacun des métaux (Cd, Hg) représente 100% du groupe de métaux Cd, Hg, Tl et leurs composés tels qu'ils sont listés dans le tableau des émissions.

Tableau 11 : teneurs en polluants dans l'air selon les directives de la santé humaine pour la Base vie - (source : Katestone Environmental - Modélisation de dispersion dans l'air pour le projet Goro Nickel-mai 2007).

Polluant	Période de calcul de la moyenne	Limite de directive en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et nombre de dépassements autorisés par an (entre parenthèses)	Teneur maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et nombre de dépassements prévus sur le site (entre parenthèses)	
			Base vie	
Dioxyde de soufre	1h (limite)	350 (24 h)	459 (1)	
	24h	125 (3 j)	78	
Dioxyde d'azote	1h (limite)	200* (18)	49	
	Année (limite)	40	0,67	
PM₁₀	24h	50 (35)	1,8	
	Année (limite)	40	0,16	
Monoxyde de carbone**	1h	30000	53	
	8h	10000	20	
Cadmium et ses composés**	Année (limite)	0,005	0,0003	
Mercure et ses composés**	Année (limite)	1	0,0003	
Pb et ses composés	Année (limite)	0,5	0,003	

* : en supposant un ratio NO_2/NO_x de 30%

** : en supposant que chacun des métaux (Cd, Hg) représente 100% du groupe de métaux Cd, Hg, Tl et leurs composés tels qu'ils sont listés dans le tableau des émissions.

Pour l'évaluation du risque sanitaire, les documents explorés affirment que, pour les composés à seuil, les indices de risque sont inférieurs au critère réglementaire métropolitain de 1 pour les trois lieux de vie de la zone d'étude (Goro Nickel, Etude d'impact, 2007). Les risques sont donc considérés comme acceptables.

Pour les composés sans seuil, les excès de risques individuels sont inférieurs à la limite réglementaire métropolitaine sur les trois stations de vie citées plus haut. Ici aussi les risques sont considérés comme acceptables.

Les teneurs maximales en monoxyde de carbone, particules PM_{10} , cadmium, mercure et plomb se situent toutes en dessous de 2% des directives pour les deux endroits ce qui signifie qu'il n'y a pas de risque pour la santé humaine.

Sur la végétation

Les activités du site sont susceptibles d'affecter les écosystèmes terrestres que sont la faune, la flore et leurs habitats. Comme cela a été précisé précédemment dans le chapitre II.1.3.b. la flore néo-calédonienne est caractérisée par une biodiversité exceptionnelle avec des espèces rares, endémiques

et pour certaines menacées d'extinction. Le voisinage du projet est constitué par trois réserves botaniques spéciales que sont la Forêt Nord, le Pic du Grand Kaori et le Cap N'Dua. Afin de caractériser l'état initial, des études ont été réalisées et ont permis de mettre en évidence l'existence de formations végétales spécifiques, devant faire l'objet de mesures de conservation, de protection et de restauration. Dans cette synthèse, le cas du Chêne Gomme (*Arillastrum gummiferum*) appartenant aussi bien à la catégorie des forêts denses et humides qu'aux formations paraforestières, sera traité précisément car les individus (et quelques autres espèces végétales associées) ont montré des signes de dégradations depuis 2010.

La modélisation CALPUFF de 2007, réalisée pour évaluer les conséquences sur l'air ambiant des émissions maximum du projet de Vale NC, fait le constat que parmi les polluants atmosphériques étudiés seul le dioxyde de soufre est sujet à des dépassements de la valeur limite moyenne. Les modélisations ont été réalisées pour les teneurs moyennes mesurées au sol pour 1 heure, pour 24 heures et pour une année. (Annexe II)

Les plus fortes teneurs à court terme en dioxyde de soufre pour une heure devraient se produire au Nord du site industriel, au sein de la Réserve botanique de la Forêt Nord (1 à 2 dépassements de la limite) et au Sud du site (jusqu'à 7 dépassements prévus) le long de la corniche. Pour 24 heures, la teneur maximum prévue est de $262 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et deux dépassements de la limite pour la végétation sont relevés en 2002 pour Forêt Nord. Pour les valeurs annuelles enfin, les concentrations prévues au sommet de la colline, au nord du site et aux emplacements élevés sont inférieures à la moitié de celles mentionnées dans les directives sur la végétation (IV.1.2.). Le dioxyde d'azote quant à lui, ne devrait pas présenter de dépassement, ni de la limite pour la santé humaine, ni de celle pour la végétation, ni de la moyenne annuelle fixée par les directives (Katestone Environmental, 2007).

Les concentrations en polluants de l'air, à des endroits où la végétation est potentiellement sensible comme dans les réserves botaniques, devraient s'avérer inférieures aux directives pour la végétation pour tous les polluants, à l'exception du dioxyde de soufre. Sur la station de la Forêt Nord, la limite préconisée par les directives ($590 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 1 heure) devrait être dépassée 1 seule fois selon les résultats de la modélisation (à $612 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 1 heure), ce qui est bien inférieur aux 9 dépassements autorisés par la réglementation (Katestone Environmental, 2007).

Chapitre IV - Présentation du contexte réglementaire

La présentation du cadre général de l'étude dans lequel est implanté le site industriel et minier de Vale NC et la présentation de la thématique centrale de cette étude amènent à explorer les aspects réglementaires qui régissent le fonctionnement du projet. Les règles imposées à l'industriel permettent de poser le socle, les fondements même, d'une juste surveillance des installations, de leur fonctionnement et des impacts environnementaux qui en résultent. Cependant, la Nouvelle-Calédonie n'est pas dotée de réglementation qui traite spécifiquement de la qualité de l'air.

La réglementation qui traite des rejets atmosphériques et qui fixe des valeurs limites a donc été recensée à trois niveaux :

- international : Europe, Organisation Mondiale de la Santé, Suisse, Allemagne, Australie ;
- national : France métropolitaine ;
- local : Nouvelle-Calédonie.

L'existence de nombreuses réglementations impose une lecture de ce chapitre et une approche du sujet qui soit transversale. On pourra le schématiser ainsi :

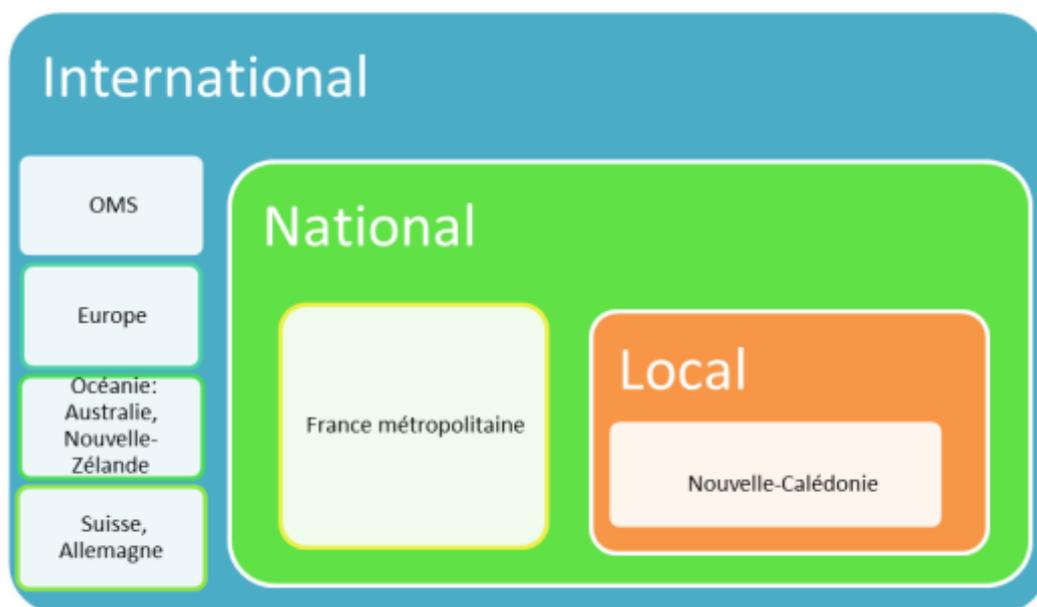


Figure 11: présentation schématique des différents niveaux de réglementation qui encadre la thématique de la pollution atmosphérique – (source : EMR).

Dans le cas de la réglementation, il y a des termes qu'il est important de définir afin de s'assurer de la bonne compréhension des textes.

Ainsi, il est possible de définir :

- la valeur limite : valeur numérique (concentration, flux, ...) dont l'application peut être imposée par voie réglementaire ;
- le Seuil de Recommandation et d'Information (SRI) : le SRI est qualifié de "*premier niveau*" de pollution, par opposition au seuil d'alerte (deuxième niveau). A constatation de dépassement de

ce premier niveau, les associations de surveillance de la qualité de l'air ont obligation réglementaire de communiquer les résultats et les conditions de dépassement de ce seuil ;

- la valeur guide : cible qui, si elle est atteinte, doit permettre de réduire de façon significative les risques sanitaires (notion développée par l'Organisation Mondiale de la Santé) ;
- le seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement, à partir duquel des mesures d'urgences doivent être prises.

IV.1.1. Références internationales

IV.1.1.a. Directives européennes

Dans le but d'abaisser les émissions et d'améliorer globalement la qualité de l'air en Europe, l'Union Européenne a pris des mesures et mis en chantier des directives dans divers domaines :

- les plafonds d'émissions nationaux pour certains polluants à l'origine des phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et de pollution photochimique (cf. la directive européenne NEC) ;
- les émissions des sources fixes (grandes installations de combustion, incinérateurs de déchets municipaux, dispositifs de transport et stockage des produits pétroliers...)
- les émissions de sources mobiles (voitures particulières, poids lourds, deux-roues...)
- la qualité des carburants (contenu en soufre, benzène, plomb...)
- les normes de qualité de l'air.

Les principales directives concernant le domaine de l'air au niveau de la prévention et de la réduction des émissions atmosphériques et de la surveillance de la qualité de l'air sont présentées brièvement ci-dessous :

1. Directive n° 1999/30/CE du 22 avril 1999

Valeurs réglementaires définies dans l'air ambiant pour :

- l'anhydride sulfureux (ou dioxyde de soufre) (SO₂) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) et les oxydes d'azote (NO_x) ;
- les particules (PM₁₀) et le plomb (Pb).

2. Directive n° 2002/3/CE du 12 février 2002

Valeurs réglementaires définies pour l'ozone (O₃)

3. Directive n° 2004/107/CE du 15 décembre 2004

Valeurs réglementaires définies dans l'air ambiant pour :

- L'arsenic (As) ;
- Le cadmium (Cd) ;
- Le mercure (Hg) ;
- Le nickel (Ni) ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

- Directive n° 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe : elle fusionne les directives filles adoptées entre 1999 et 2002. Elle fixe des exigences de surveillance des différents polluants notamment les particules. Elle révisé la législation européenne dans le but de réduire la pollution à des niveaux qui en minimisent les effets nocifs sur la santé humaine et sur l'environnement et d'améliorer l'information du public sur les risques encourus.

IV.1.1.b. Suisse et Allemagne

En suisse, la réglementation traitant de la protection de l'air est l'ordonnance nommée OPair (Ordonnance sur la Protection de l'air) en date du 16 décembre 1985 et découlant de la loi du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement. Cette ordonnance a pour but de protéger l'homme, les animaux, les plantes, leurs biotopes et biocénoses ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodes.

En Allemagne, une réglementation environnementale régit les émissions de gaz nocifs, elle s'appelle TA-Luft.

Les valeurs de concentrations seuils pour la Suisse (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont synthétisées dans le Tableau 12.

Tableau 12: valeurs de concentrations seuils pour la Suisse.

Polluant	Valeur S (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Poussières PM ₁₀	50
Acide Chlorhydrique	100
Chlore	150
Monoxyde de carbone	8000
Dioxyde de soufre	100
Zinc	400

PM₁₀ : Particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres.

Le Tableau 13 présente les obligations allemandes applicables au suivi de la concentration des métaux contenus dans les poussières.

Tableau 13: obligations applicables au suivi de la qualité de l'air-métaux contenus dans les retombées de poussières pour l'Allemagne.

		Valeur de la TA LUFT (à titre indicatif) 24/07/2002	Valeur suisses (à titre indicatif)
Moyenne annuelle			
Poussières sédimentables	mg/m ² /jour	350	Aucune
Arsenic	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$	4	Aucune
Cadmium		2	Aucune
Nickel		15	Aucune
Plomb		100	Aucune
Mercurure		1	
Thallium		2	

IV.1.1.c. Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

L'OMS recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effet nuisible sur la santé humaine ou sur la végétation (Tableau 14).

Elle a défini des valeurs guides de la qualité de l'air (en 2000) et pour les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre (en 2006). Ces valeurs guides sont en réalité des cibles à atteindre en matière de qualité de l'air.

Ces valeurs guides s'adressent aux professionnels de la santé publique chargés de prévenir les risques sanitaires liés aux expositions environnementales, ainsi qu'aux spécialistes et aux autorités chargés de la conception et de l'utilisation des bâtiments et des matériaux et produits destinés aux espaces intérieurs. Elles servent de fondement scientifique aux normes légales.

Cette organisation a développé la notion de « ligne directrice » qui a pour objectif de conseiller et d'informer les responsables de l'élaboration des politiques sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air.

Tableau 14: valeurs guides recommandées par l'OMS - (source : Organisation Mondiale de la Santé).

Valeurs recommandées par l'OMS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
PM₁₀	moyenne annuelle	20
	moyenne sur 24h	50
NO₂	moyenne annuelle	40
	moyenne horaire	200
SO₂	moyenne sur 24h	20
	moyenne sur 10 minutes	500
Monoxyde de carbone	1h	30000
	8h	10000
Cadmium et ses composés	Année (limite)	0,005
Mercure et ses composés	Année (limite)	1
Plomb et ses composés	Année (limite)	0,5

NO₂ : dioxyde d'azote ; NO_x : Oxyde d'azote ; SO₂ : dioxyde de soufre et PM₁₀/ particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres ; O₃ : Ozone.

IV.1.1.d. Océanie

En Océanie, l'Australie et la Nouvelle-Zélande semblent être les pays les plus avancés en matière de réglementation de la qualité de l'air, avec l'existence des valeurs limites de concentration dans l'air à respecter. La Nouvelle-Zélande a adopté ses standards en 2004, pour 14 polluants, dans l'objectif de les respecter avant 2013. Ils sont en cours de révision.

L'Australie, quant à elle, dispose de standards nationaux de qualité de l'air depuis 1998, définis dans le cadre des mesures nationales de protection de l'environnement.

A titre d'information, cette dernière est plus stricte que l'OMS sur certaines valeurs seuils comme les $PM_{2.5}$ ¹² (particules de taille inférieure à 2,5 micromètres) avec une valeur annuelle de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'OMS.

Les standards australiens en termes de qualité de l'air sont synthétisés dans le Tableau 15 (les concentrations peuvent être exprimées en ppm ¹³).

Tableau 15 : standards australiens de la qualité de l'air- (source : www.environment.gov.au).

Polluant	Concentration	
Poussière PM_{10}	moyenne sur 24h	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Dioxyde d'azote (NO_2)	moyenne annuelle	0.03 ppm
	moyenne horaire	0.12 ppm
Dioxyde de soufre (SO_2)	moyenne sur 24h	0.08 ppm
	moyenne horaire	0.2 ppm
Monoxyde de carbone	8h	9.0 ppm
Plomb et ses composés	Année (limite)	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

IV.1.2. Références nationales

Il apparaît clairement dans les documents mis à disposition que, la plupart du temps, la réglementation qui est citée en référence est la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 (n°96-1236) qui est le principal texte réglementaire encadrant la surveillance de la qualité de l'air en France.

Cette loi-cadre, édictée le 30 décembre 1996 vise à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à définir une politique publique intégrant l'air en matière de développement urbain. Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé est reconnu à chacun. Cette loi cadre est codifiée dans le code de l'environnement métropolitain.

La loi rend obligatoire :

- la surveillance de la qualité de l'air assurée par l'Etat ;
- la définition d'objectifs de qualité ;
- l'information du public.

La surveillance porte sur l'ensemble du territoire national depuis le 1er janvier 2000. Une information du public, dont l'Etat est le garant, doit être réalisée périodiquement et une alerte doit être déclenchée en cas de dépassement de seuil. L'Etat délègue ses missions de surveillance à des organismes agréés et « équilibrés » regroupant quatre collèges (Etat, collectivités territoriales, industriels et associations). L'Etat a mis en place le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (INERIS, LNE, Ecole des Mines de Douai) afin de garantir la qualité des mesures. Cette loi prescrit l'élaboration d'un Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA), de Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) et pour les agglomérations de plus de 100.000 habitants d'un Plan de Déplacement Urbain (PDU). Elle instaure aussi une procédure d'alerte, gérée par le Préfet. Celui-ci doit informer le public et prendre des mesures d'urgence en cas de dépassement de seuil (restriction des activités polluantes, notamment de la circulation automobile).

¹² Particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéroulque) inférieur à 2.5 micromètres

¹³ Partie par million : Quantité d'une substance, selon une unité donnée, contenue dans un million d'unités (la même unité) d'une autre substance

La loi intègre les principes de pollution et de nuisance dans le cadre de l'urbanisme et dans les études d'impact relatives aux projets d'équipement. Elle définit des mesures techniques nationales pour réduire la consommation d'énergie et limiter les sources d'émission et instaure des dispositions financières et fiscales (incitation à l'achat de véhicules électriques, GPL ou GNV, équipement de dispositifs de dépollution sur les flottes de bus).

Les critères nationaux de qualité de l'air résultent principalement :

- du décret, n°2002-213, du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites ;
- du décret, n°2003-1085, du 12 novembre 2003 portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limite ;
- du décret, n°2007-1479, du 12 octobre 2007 relatif à la qualité de l'air et modifiant le code de l'environnement (partie réglementaire). Ce décret porte transposition partielle des directives "ozone" (2002/3/CE) et "métaux lourds/HAP" (2004/107/CE) de la circulaire du 12 octobre 2007 relatif à l'information du public sur les particules en suspension dans l'air ambiant ;
- du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air. Par ce décret, les seuils d'information et d'alerte aux particules « PM₁₀ », auparavant préconisés par voie de circulaire, sont revus à la baisse.

Les principales valeurs mentionnées dans ces textes sont synthétisées ci-dessous (Tableau 16) pour les polluants concernés.

Tableau 16 : définition des valeurs limites, objectifs de qualité, seuils de recommandation/information et d'alerte extraits de la réglementation métropolitaine en vigueur pour différents polluants.

	Valeurs limites ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Objectifs de qualité ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Seuils de recommandation et d'information ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Seuils d'alerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Moyenne annuelle	Moyenne horaire		Moyenne annuelle	Moyenne horaire	Moyenne horaire
NO₂	en 2007 : 46 en 2010 : 40	jusqu'en 2009 : 200 (pas plus de 175 h/an)	40	200	400	
NO₂	30 (protection de la végétation)	/	/	/	/	/
SO₂	20	350 (décroissant linéairement tous les ans)	50	300	500 durant 3 heures consécutives	
PM₁₀	40 (décroissant linéairement)	50 (décroissant linéairement tous les ans)	30	50 (moyenne journalière)	80 (moyenne journalière)	
O₃	/	120	/	180	1 ^{er} seuil : 240 2 ^{ème} seuil : 300 3 ^{ème} seuil : 360	

NO₂ : dioxyde d'azote ; SO₂ : dioxyde de soufre et PM₁₀ : particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres ; O₃ : Ozone.

IV.1.3. Références locales

A l'heure actuelle il n'existe pas de réglementation applicable en Nouvelle-Calédonie pour la qualité de l'air ambiant.

Malgré l'absence d'une réglementation spécifique, il existe des seuils qui sont fixés par la législation sur les ICPE concernant certaines installations industrielles. Ces seuils sont définis dans les arrêtés d'exploitation et sont spécifiques à chaque situation. Ils concernent pour l'essentiel le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et les poussières.

Le cadre réglementaire dans lequel s'inscrit le projet industriel et minier de Vale NC est précisé ci-après.

Il existe trois arrêtés provinciaux publiés au Journal Officiel de Nouvelle-Calédonie (JONC) qui fixent les modalités de :

- l'autorisation d'exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt aux lieux-dits « Goro » et « Prony-Est », sur le territoire des communes de Yaté et Mont-Dore : arrêté n°1769-2004/PS du 15 octobre 2004 ;
- l'autorisation d'exploiter une aire de stockage à résidus et ses cellules de suivi : arrêté n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 ;
- l'autorisation d'exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt (« Baie Nord » – commune de Mont Dore) et d'une usine de préparation de minerai et d'un centre de maintenance de la mine (« Kué Nord » – commune de Yaté) : arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008.

Ces arrêtés précisent dans les articles qu'ils développent les conditions d'exploitation des ICPE auxquelles doit se conformer l'exploitant.

Les prescriptions techniques sont développées dans les annexes des présents arrêtés.

Pour les trois arrêtés, les prescriptions techniques traitent conjointement des items suivants :

- caractéristiques des installations ;
- eaux et effluents liquides ;
- bruit ;
- prévention des risques ;
- surveillance ;
- intégration paysagère et sauvegarde de la biodiversité.

Pour l'usine de traitement et de préparation du minerai, les chapitres concernant les rejets atmosphériques, les déchets, la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets ainsi que les mesures particulières par installation spécifique sont rajoutés.

L'article 4 des prescriptions techniques de l'arrêté n° 1467-2008/PS traite des rejets atmosphériques et plus précisément :

- de la prévention des envols de poussières et matières diverses (nettoyage des voies de circulation et arrosage des pistes, lavage des roues de véhicules, végétalisation de certaines surfaces, réduction de l'exposition aux vents, etc...) ;

- de la prévention des odeurs ;
- du stockage des produits pulvérulents (confinement) et des installations de manipulation, transvasement, transport (capotage et aspiration) ;
- des traitements et rejets (prescriptions générales, hauteurs des cheminées, préventions des indisponibilités, valeurs limites de rejets et conditions de rejets ; prévention des pollutions accidentelles.

L'annexe IV de cet arrêté ICPE pose les valeurs limites et la surveillance des émissions en sortie d'émissaires dans l'atmosphère. Pour chaque émissaire est fixée la valeur limite (en concentration et en flux) ainsi que la périodicité de l'auto-surveillance et ce pour chaque paramètre. Le Tableau 18 présente une synthèse des polluants émis par les émissaires de la raffinerie.

Tableau 17 : composition des rejets atmosphériques et liste des polluants principaux émis par les émissaires de la raffinerie - (source : Goro Nickel, 2007).

Unité	Emissaire N°	Description	Polluants principaux
220 – lixiviation sous pression	1-A/B/C	Epurateurs des autoclaves de lixiviation	H ₂ SO ₄ , PM ₁₀
250 – extraction primaire par solvant	4	Incinérateur des gaz d'événements	COV
270 – pyrohydrolyse du nickel	5	rejets issus du traitement des COV	COV, HCl
270 - pyrohydrolyse du nickel	7-A/B/C	rejets des trains de pyrohydrolyse	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , COV, HCl, Ni, métaux
270 – pyrohydrolyse du nickel	8	rejets après traitement des composés chlorés	PM ₁₀ , HCl, Ni, métaux
290 – conditionnement de l'oxyde de nickel	9	Rejets issus du conditionnement de l'oxyde de nickel	PM ₁₀ , Ni, métaux
275 – précipitation du carbonate de cobalt	10	Rejets issus de la précipitation du carbonate de cobalt	PM ₁₀ , HCl, métaux
310 – usine de calcaire	12B	Dépoussiéreur du concasseur de calcaire	PM ₁₀
320 – usine de chaux	12A	Rejets de l'atelier de l'usine de chaux	PM ₁₀
320 – usine de chaux	13-A/B	Rejets des fours à chaux 1 et 2	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , COV, HAP, CO, métaux
330 – usine d'acide sulfurique	14	Gaz résiduels du procédé	SO ₂ , H ₂ SO ₄ , NO _x
350 – centrale thermique au fioul	15	Emissions des chaudières au fioul	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , COV, HAP, CO, métaux
355 – central électrique au charbon (Prony Energies)	16	Emissions des chaudières au charbon	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , COV, HAP, CO, métaux
285 – traitement des effluents	17	Emissions résultant du polissage de l'effluent	SO ₂

CO : monoxyde de carbone ; COV : composés organiques volatils ; H₂SO₄ : acide sulfurique ; HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques ; HCl : chlorure d'hydrogène ; Ni : nickel ; NO₂ : dioxyde d'azote ; PM₁₀ : particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres ; SO₂ : dioxyde de soufre.

Le détail des valeurs limites pour chaque polluant et pour chaque émissaire est consultable dans l'annexe IV de l'arrêté ICPE.

L'annexe X de l'arrêté précise la surveillance des milieux et les suivis devant être mis en place et précise les listes des paramètres analytiques pour chacun des suivis (liste 6 pour le suivi de l'air).

Enfin, l'annexe XI de ce même arrêté fixe les objectifs de qualité, les seuils d'alerte et les seuils de recommandation et d'information ainsi que les valeurs limite de concentration dans l'air pour les principaux polluants. Le Tableau 18 synthétise ces informations.

Tableau 18: obligations applicables a Vale NC pour le suivi de la qualité de l'air - gaz et poussières en suspension - (source : arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008).

Polluant	Type	Période	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mode de calcul et remarques
NO ₂	Objectif de qualité	Année civile	40	Moyenne
	Seuils de recommandation et d'information	Horaire	200	Moyenne
		Horaire	400	Moyenne
	Seuils d'alerte	Horaire	200	Si la procédure d'information à été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un dépassement le lendemain
		Horaire	200	
	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Année civile	200	2% des moyennes horaires soit 175h de dépassement autorisées par année civile
		Année civile	220	0,2% des moyennes horaires soit 18h de dépassement autorisées par année civile
		Année civile	40	Moyenne
Valeur limite pour la protection de la santé des écosystèmes	Horaire	400	Moyenne	
	Année civile	30	Moyenne (pour les NO ₂)	
SO ₂	Objectif de qualité	Année civile	50	Moyenne
	Seuils de recommandation et d'information	Horaire	300	Moyenne
	Seuil d'alerte	Horaire	500	Moyenne horaire, dépassé pendant 3 heures consécutives
	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Année civile	350	0,3% des moyennes horaires, soit 24 heures de dépassement autorisées
		Année civile	125	0,8% des moyennes journalières, soit 3 jours de dépassement autorisés
	Valeur limite pour la protection de la santé des écosystèmes	Année	570 (9h)	centile 99,9 des concentrations horaires soit 9h de dépassement autorisées par année civile de 365 jours
		24h	230	Moyenne
		Année	20	Moyenne
PM ₁₀	Objectif de qualité	Année civile	30	Moyenne
	Seuil de recommandation et d'information	Horaire	80	en moyenne sur 24h
	Seuil d'alerte	Horaire	125	en moyenne sur 24h
	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Année civile	50 (35j)	Centile 90,4 des moyennes journalières soit 35 jours de dépassement autorisés par année civile
		Année civile	40	Moyenne

NO₂ : dioxyde d'azote ; SO₂ : dioxyde de soufre et PM₁₀ : particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres.

Pour les métaux contenus dans les suspensions de PM₁₀, en l'absence de valeurs de références locales, les valeurs de référence prises pour le suivi de Vale NC sont synthétisées dans le Tableau 19 :

Tableau 19 : obligations applicables au suivi de la qualité de l'air – concentrations moyennes annuelles des métaux contenus dans les PM₁₀ en suspension - (source : Vale NC, 2009).

	Décret n°2002-2013		Directive n°2003-0164 du parlement européen	Guideline for Air Quality, OMS, 2000
	Valeur limite µg/m ³	Objectif qualité µg/m ³	Valeur cible ng/m ³	Valeur seuil recommandée par l'OMS ng/m ³
As	aucune	aucune	6	aucune
Cd	aucune	aucune	5	aucune
Ni	aucune	aucune	20	aucune
Pb	0.5	0.25	aucune	aucune
Mn	aucune	aucune	aucune	150

Il n'existe pas de valeur de référence pour les autres métaux analysés : Co, Cr, Cu, Hg, Sb, Sn, V, Zn.

En complément de ces arrêtés provinciaux, il existe un arrêté du territoire (DIMENC Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie) n° 1946-2012/ARR/DIMEN publié en date du 5 septembre 2012. Cet arrêté fixe les mesures complémentaires relatives au suivi par la société Vale NC de la qualité de l'air et de la végétation au droit de l'usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt, lieu-dit de Goro, commune du Mont-Dore. Cet arrêté définit les obligations suivantes imposées à l'exploitant :

- transmission d'un inventaire détaillé des installations industrielles susceptibles d'émettre du dioxyde de soufre de manière diffuse et directe ou indirecte ;
- réalisation d'un audit Environnement-Sécurité du parc de stockage de soufre ;
- mise en œuvre d'un programme spécifique de suivi de la qualité de l'air par la mise en place au droit de l'usine de traitement :
 - d'un réseau de tubes passifs installés au sein des formations végétales exposées aux émissions atmosphériques du site industriel ;
 - d'analyseurs automatiques des concentrations en dioxyde de soufre en continu, placés à proximité des formations végétales exposées aux émissions atmosphériques du site industriel ;
 - d'un réseau de plaquettes de dépôt localisé en bordure ouest de l'unité de stockage de soufre.
- mise en œuvre d'un programme spécifique de suivi écologique ciblant la faune et la flore des habitats impactés par le phénomène de dépérissement de la flore.

Enfin, il existe une convention, dite « Convention pour la biodiversité » C238-09, signée entre la province Sud et Vale NC en date du 19 août 2009, fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité.

Cette convention expose les motifs suivants :

- prévenir l'extinction de toute espèce animale et végétale du fait de ses activités ;

- ne pas compromettre par ses activités l'état de conservation favorable des espèces et des habitats naturels présents ;
- prévenir, minimiser et compenser les impacts directs, indirects et dérivés de ses activités, en particulier sur les écosystèmes.

Cette convention impose à l'industriel de se doter de tous les moyens appropriés afin d'atteindre les objectifs fixés en complément des obligations légales et réglementaires imposées dans le cadre des arrêtés provinciaux présentés ci-avant.

C'est ainsi que la société Vale NC doit doter un budget spécifique pour la mise en œuvre de la démarche et la réalisation des plans d'action, mettre en œuvre les plans de suivi, prendre les mesures visant à réduire son empreinte écologique globale en province Sud, adopter une démarche d'amélioration continue, assumer le partenariat défini avec la province Sud en menant toutes les actions communes jugées nécessaires.

La mise en œuvre du partenariat est confiée à un Comité de Pilotage (COFIL) composé du président de la province Sud et du Directeur Général de Vale NC (ou leurs représentants).

Une programmation annuelle est définie et adoptée chaque année par le COFIL ainsi que son budget associé.

Elle est composée de 8 annexes.

L'annexe 5 précise la composition des groupes de travail par domaine d'expertise, dont le groupe « Air et biodiversité » composé comme suit :

- IRD dont Laboratoire de Botanique ;
- IAC ;
- DENV/SMT et SPPR ;
- Association SCALAIR ;
- Vale Inco NC ;
- Prony Energies ;
- DIMENC ;
- Observatoire de l'environnement (OEIL).

L'annexe 6 quant à elle précise les plans de suivi des milieux vivants avec leurs protocoles associés, indicateurs et programmes de travail. L'annexe 6.1 détaille le suivi des effets des émissions atmosphériques sur la diversité biologique.

Cette convention reste valide pendant toute la durée des activités du complexe industriel et minier.

Chapitre V - Synthèse des informations disponibles

V.1. Bibliographie disponible

Une liste de 44 documents existants (rapports d'études, arrêtés réglementaires, notes de calculs, etc...) a été fournie par l'OEIL pour le travail de synthèse bibliographique nécessaire à la réalisation de cette étude.

Sur ces 44 documents, 42 ont été mis à disposition d'EMR. Ces 44 documents ont été listés, regroupés par thèmes et détaillés dans le Tableau 20. Les 2 documents manquants apparaissent en grisé.

Tableau 20 : liste et détails de tous les documents disponibles pour la réalisation de l'étude. Les lignes grisées correspondent aux documents qui n'ont pas été fournis à EMR pour la réalisation de la présente étude – (source : OEIL 2012).

Type de document	Titre	Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Année	Pages	Etat	Numéro de référence pour l'étude	
Rapports de suivis	Suivi environnemental Rapport annuel 2008: Suivi de la qualité de l'air ambiant	Val Inco	Vale Inco	mars-09	37	Consultable	1	
	Suivi environnemental Rapport annuel 2009: Suivi de la qualité de l'air ambiant	Val Inco	Vale Inco	2010	71	Consultable	2	
	Suivi environnemental Rapport annuel 2010: Suivi de la qualité de l'air ambiant	Val Inco	Vale Inco	2011	33	Consultable	3	
	Suivi environnemental premier semestre 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	Val Inco	Vale Inco	2011	21	Consultable	4	
	Suivi environnemental Rapport annuel 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	Val Inco	Vale Inco	2011	23	Consultable	5	
	Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie bilan 2006-2009	Vale NC	Vale NC	2011	87	Consultable	6	
	Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales - période 2011	Vale NC	Vale NC	2011	36	Consultable	7	
	Qualité de l'air en Nouvelle-Calédonie	DENV		juil-03		Non transmis		
Rapports d'études	Evaluation des causes du dépérissement des populations de Chêne gomme en aval de l'usine de Vale NC	Vale NC	Vale NC	juil-12	2	Consultable	8	
	Guide des symptômes sévères associés au dioxyde de soufre sur la flore indigène du grand sud	Vale nc	Vale Nc	2011	7	Consultable	9	
	Investigations sur les facteurs en cause du dépérissement de la végétation dans la zone d'emprise de l'activité industrielle de Vale Nouvelle-Calédonie	Vale NC	Frank Murray	janv-12	36	Consultable	10	
	Investigations sur la cause du dépérissement d'une formation végétale dominée par le chêne gomme en aval du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie - rapport d'étape.	Vale NC	Jean Michel N'Guyen	oct-11	90	Consultable	11	
	Présentation PPT faite au CA de l'CEIL	Vale nc	Vale Nc	2012	18	Consultable	12	
	Présentation de Vale au forum milieux terrestre 2012	Vale nc	Vale Nc		18	Consultable	13	
		Etude de validation de la position des stations de surveillance de la qualité de l'air		C. RANTY, P. LE LOUER, F. BERHO	2005		Non transmis	
Rapports des états de référence	Rapport Etat de références de la qualité de l'air	Goro Nickel	Goro Nickel	sept-05	10	Consultable	14	
	Rapport Etat de références des eaux de pluie	Goro Nickel	Goro Nickel	juin-05	10	Consultable	15	
	Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison sèche	Goro Nickel	LBTP / Ginger	2005	46	Consultable	16	
	Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison humide	Goro Nickel	LBTP / Ginger	2005	49	Consultable	17	
	Effets environnementaux du projet - Chapitre 2: Qualité de l'air et bruits - Etude d'impacts- tome3 - Effets environnementaux du projet- volume 3	Goro Nickel	Goro Nickel	2004	45	Consultable	18	
	Origine, nature et gravité de la pollution - Chapitre 1: émissions atmosphériques - Etude d'impacts-Tome 3 - Origine, nature et gravité de la pollution- Volume2	Goro Nickel	Goro Nickel	2004	24	Consultable	19	
	Volume III - Etude d'impact. SECTION B: Caractérisation des pollutions et consommation des ressources	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	112	Consultable	20	
	Détail des calculs des émissions diffuses de la raffinerie. AnnexeIII-B-5	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	16	Consultable	21	
	Caractéristiques des principaux générateurs électriques utilisés en phase de construction. Annexe III-B-2	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	3	Consultable	22	
	Détail du calcul des émissions de gaz à effet de serre. Annexe III-B-4	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	4	Consultable	23	
	Diagramme des émissaires atmosphériques. Annexe III-B-3	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	3	Consultable	24	
	Annexe A: Projet Goro Nickel - Emissions maximum des principaux polluants: SO2, NO _x , PM10, CO, Cd, Hg et Pb et comparaison avec les directives 1997 -2002	Goro Nickel	Katestone Environmental	2007	75	Consultable	25	
	Etude d'impact - Section A - Caractérisation de l'environnement - Chapitre 2: Environnement atmosphérique. Volume III - Etude d'impact.	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	34	Consultable	26	
	Volume III - Etude d'impact. Section C: Evaluation des effets. Volume III - Etude d'impact	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	243	Consultable	27	
Demande autorisation et Etude d'impacts environnementaux : (notes méthodologiques, tout ou partie de rapports, annexes)	Annexe B: Projet Goro Nickel - émission maximum des polluants supplémentaires, COV, HAP, HCl, Ni, Cd, Hg, Tl, As, Se, Te, Pb et métaux 1997-2002	Goro Nickel	Katestone Environmental	2007	58	Consultable	28	
	Volume III - Etude d'impact. Section C: Méthode de collecte des données.	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	5	Consultable	29	
	Annexe D: Projet Goro Nickel - Méthodologie de modélisation	Goro Nickel	Katestone Environmental	2007	8	Consultable	30	
	Annexe III-C-2-1: Katestone Environmental, Modélisation révisée de la dispersion des émissions atmosphériques de projet Goro Nickel, mai 2007	Goro Nickel	Katestone Environmental	2007	40	Consultable	31	
	Annexe C: Projet Goro Nickel - Dépôt de particules 1997-2002	Goro Nickel	Katestone Environmental	2007	50	Consultable	32	
	Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées - parc à résidus miniers de la Kwé Ouest. Volume III - Etude d'impact. Section A - Partie 1	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	143	Consultable	33	
	Annexe III-C-1. URS, Méthodologie employée dans l'évaluation des effets environnementaux, novembre 2006	Goro Nickel	URS Australia	2007	38	Consultable	34	
	Annexe II-B-14. Détail du calcul des valeurs limites d'émission des fours à chaux	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	2	Consultable	35	
	Annexe III-A-2-4. Goro Nickel, Note sur l'amiante, C. Tessarolo, Mai 2007	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	5	Consultable	36	
	Annexe III-C-2-2. Goro Nickel, plan de surveillance de la qualité de l'air et des eaux de pluie, avril 2007	Goro Nickel	Goro Nickel	2007	8	Consultable	37	
	Réglementation (Arrêté d'exploitation, convention)	Convention n°C.238-09 Fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité entre la Province Sud et la société Vale Inco.	Province Sud	Province Sud	aout 2009	88	Consultable	38
		Arrêté n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant l'exploitation d'une aire de stockage à résidus et ses cellules de suivi par la société Goro Nickel SAS - site de la Kwé Ouest - commune de Yaté (p. 7306).	Province Sud	Province Sud	oct-08	54	Consultable	39
		Arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt sise "Baie Nord" - commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine sis "Kwé Nord" - commune de Yaté (p. 7347).	Province Sud	Province Sud	oct-08	170	Consultable	40
		Arrêté n°1946-2012/ARR/DIMENC du 5 septembre 2012 fixant des mesures complémentaires relatives au suivi par la société Vale Nouvelle-Calédonie SAS de la qualité de l'air et de la végétation au droit de l'usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt, lieu-dit Goro, commune du Mont-Dore	DIMENC		sept-12	1	Consultable	41
Arrêté n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004 autorisant la société Goro Nickel S.A. à exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt aux lieux-dits "Goro" et "Prony-Est", sur le territoire des communes de Yaté et du Mont-Dore.		Province Sud	Province Sud	2004		Consultable	42	

Un document jugé utile pour la réalisation de l'étude n'a pas été fourni mais EMR se l'est procuré sur le site www.juridoc.gouv.nc. Il s'agit de l'Arrêté provincial n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004 autorisant la société Goro Nickel S.A. à exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt aux lieux-dits "Goro" et "Prony-Est", sur le territoire des communes de Yaté et Mont-Dore.

La lecture de tous les documents s'est faite dans un premier temps afin de rédiger des fiches de synthèse bibliographiques qui ont permis de structurer les informations disponibles.

V.2. Synthèse des informations disponibles et utilisées

Après l'analyse qualitative brève, une analyse plus poussée des types d'informations qui ont été exploitées (textes ou données numériques) a été réalisée. Ces informations sont reprises dans l'annexe III.

Des tableaux synthétiques listant les documents qui ont fait l'objet d'une exploitation d'informations (qu'elles soient information textuelle ou donnée numérique) sur les thèmes « suivi de l'air », « suivi des pluies » et « suivi des effets des émissions atmosphériques sur la végétation » sont présentés dans la suite du document dans chaque partie concernée. La nature des résultats présentés est conditionnée par la nature et le format des données disponibles dans le fond documentaire. Ainsi, le détail des données disponibles est également présenté pour chaque suivi.

Chapitre VI - Suivi de l'air

Un réseau de surveillance des rejets atmosphériques a été mis en place afin de vérifier régulièrement si les seuils règlementaires sont respectés. Il est sensé s'appuyer sur des études préliminaires appelées « Etats de référence » ainsi que sur les 2 arrêtés ICPE parus au journal officiel de Nouvelle-Calédonie et la convention « Biodiversité » C238-09. Les deux arrêtés sont antérieurs à la mise en place des suivis environnementaux.

Les états de référence sont les études qui ont permis de caractériser l'état initial du site d'implantation du complexe industriel et minier et de son environnement.

La Figure 12 présente la chronologie des aspects règlementaires et des suivis effectués.

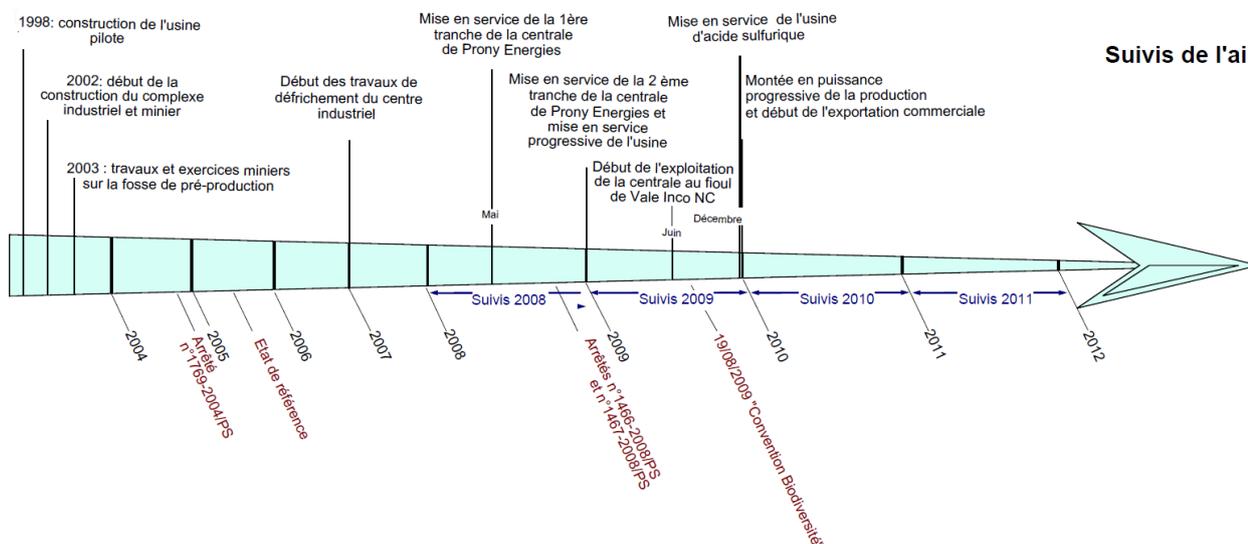


Figure 12: chronologie des réglementations et des suivis concernant la qualité de l'air pour le projet de Vale NC sur le site de Goro, de 2004 à 2012 - (source : Vale NC).

Les méthodes employées pour la réalisation des analyses de l'air, l'instrumentation utilisée ainsi que les résultats obtenus seront analysés afin de faire émerger si possible une critique objective de la mise en œuvre de ces suivis.

VI.1. Documents et informations exploités

Le Tableau 21 ci-après liste toute la bibliographie qui a été utilisée pour traiter la partie : « suivi de la qualité de l'air ». Une information plus complète sur la nature des données exploitées est présentée dans les tableaux en Annexe III.

Tableau 21 : liste des documents disponibles exploités pour la thématique « air ».

Titre	N° de rapport source	Année	Auteur/Editeur	Information			Donnée numérique exploitée	
				Texte	Donnée numérique	Autres (ex : cartographie)	Brute	Traitée
Arrêté n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004 autorisant la société Goro Nickel S.A. à exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt aux lieux-dits "Goro" et "Prony-Est", sur le territoire des communes de Yaté et du Mont-Dore.	42	2004	province Sud	✓				
Convention n°C.238-09 Fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité entre la province Sud et la société Vale Inco.	38	2009	province Sud	✓				
Arrêté n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant l'exploitation d'une aire de stockage à résidus et ses cellules de suivi par la société Goro Nickel SAS - site de la Kwé Ouest - commune de Yaté (p. 7306).	39	2008	province Sud	✓				
Arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt sise "Baie Nord" - commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine sis "Kwé Nord" - commune de Yaté (p. 7347).	40	2008	province Sud	✓				
Arrêté n°1946-2012/ARR/DIMENC du 5 septembre 2012 fixant des mesures complémentaires relatives au suivi par la société Vale Nouvelle-Calédonie SAS de la qualité de l'air et de la végétation au droit de l'usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt, lieu dit Goro, commune du Mont-Dore	41	2012	Dimenc	✓	✓		✓	✓
Rapport Etat de références de la qualité de l'air (Version préliminaire)	14	sept.-05	Goro Nickel	✓	✓		✓	✓
Diagramme des émissaires atmosphériques. Annexe III-B-3-Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées	24	mai-07	Goro Nickel			✓		✓
Volume III - Etude d'impact. SECTION B: Caractérisation des pollutions et consommation des ressources	20	mai-06	Goro Nickel	✓	✓			
Annexe D: Projet Goro Nickel - Méthodologie de modélisation	30	mai-07	Katestone Environmental/Goro Nickel	✓				
Annexe A: Projet goro Nickel - Emissions maximum des principaux polluants: SO₂, NO₂, PM 10, CO, Cd, Hg et Pb et comparaison avec les directives 1997 - 2002	25	mai-07	Katestone Environmental/Goro Nickel		✓	✓		✓

Titre	N° de rapport source	Année	Auteur/Editeur	Information			Donnée numérique exploitée	
				Texte	Donnée numérique	Autres (ex : cartographie)	Brute	Traitée
Annexe B: Projet Goro Nickel - émission maximum des polluants supplémentaires, COV, HAP, HCl, Ni, Cd, Hg, Tl, As, Se, Te, Pb et métaux 1997-2002	28	juin-07	Katestone Environmental/Goro Nickel		✓	✓		✓
Annexe C: Projet Goro Nickel - Dépôt de particules 1997-2002	32	mai-07	Katestone Environmental/Goro Nickel		✓	✓		✓
Annexe III-C-2-1: Katestone Environmental, Modélisation révisée de la dispersion des émissions atmosphériques de projet Goro Nickel, mai 2007	31	mai-07	Katestone Environmental/Goro Nickel		✓	✓		✓
Annexe III-C-1. URS, Méthodologie employée dans l'évaluation des effets environnementaux, novembre 2006	34	mai-07	URS/Goro Nickel	✓				
Volume III - Etude d'impact. Section C: Evaluation des effets. Volume III - Etude d'impact	27	mai-07	Goro Nickel	✓				
Annexe III-A-2-4. Goro Nickel, Note sur l'amiante, C. Tessarolo, Mai 2007	36	mai-07	Goro Nickel					
Annexe II-B-14. Détail du calcul des valeurs limites d'émission des fours à chaux	35	mai-07	Goro Nickel	✓		✓		
Etude d'impact - Section A - Caractérisation de l'environnement - Chapitre 2: Environnement atmosphérique. Volume III - Etude d'impact.	26	mai-07	Goro Nickel	✓	✓		✓	✓
Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées - parc à résidus miniers de la Kwé Ouest. Volume III - Etude d'impact. Section A - Partie 1	33	sept-07	Goro Nickel	✓	✓		✓	✓
Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison humide	17	sept-05	LBTP & Ginger /Goro Nickel	✓	✓		✓	✓
Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison sèche	16	déc-2005	LBTP & Ginger /Goro Nickel	✓	✓		✓	✓
Annexe III-C-2-2. Goro Nickel, plan de surveillance de la qualité de l'air et des eaux de pluie, avril 2007	37	mai-07	Goro Nickel	✓				
Suivi environnemental. Rapport annuel 2008: Suivi de la qualité de l'air ambiant	1	mars-09	VALE NC	✓	✓			✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2009: Suivi de la qualité de l'air ambiant	2	févr-10	VALE NC	✓	✓			✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2010: Suivi de la qualité de l'air ambiant	3	févr-11	VALE NC	✓	✓		✓	✓
Suivi environnemental premier semestre 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	4	août-11	VALE NC	✓	✓		✓	✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	5	2012	VALE NC	✓	✓		✓	✓

A l'issue de cette analyse, et afin de présenter dans la suite du chapitre les résultats des états de référence et des suivis de la qualité de l'air, il apparaît que nous disposons dans la bibliographie des données numériques suivantes :

Tableau 22 : données numériques disponibles pour le suivi de la qualité de l'air pour les états de référence et les suivis annuels.

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
2005 (saison humide)	Village de Prony, Pic du Grand Kaori, Base vie, Forêt Nord, Port Boisé, Tribu de Goro	Données issues de la première campagne d'état de référence (du 4 avril au 18 juillet 2005)	PM₁₀: a) concentrations moyennes / filtre /jour (*) b) concentrations moyennes pour 3 jours	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	17
	Port Boisé, Forêt Nord		Métaux en suspension: concentrations moyennes / filtre /jour			
			Retombées de poussières: concentrations moyennes sur 1 mois			
	Village de Prony, Pic du Grand Kaori, Base vie, Forêt Nord, Port Boisé, Tribu de Goro		Métaux dans les retombées de poussières: a) fraction soluble : concentrations moyennes sur 1 mois b) fraction insoluble : concentrations moyennes sur 1 mois			
			Polluants gazeux: concentrations moyennes sur 15 jours			
2005 (saison sèche)	Village de Prony, Pic du Grand Kaori, Base vie, Forêt Nord, Port Boisé, Tribu de Goro	Données issues de la deuxième campagne d'état de référence (du 18 août au 21 octobre 2005)	PM₁₀: a) concentrations moyennes / filtre /jour b) concentrations moyennes pour 3 jours	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	16
	Port Boisé, Forêt Nord		Métaux en suspension: concentrations moyennes / filtre /jour			
			Retombées de poussières: concentrations moyennes sur 1 mois			
			Métaux dans les retombées de poussières: a) fraction soluble : concentrations moyennes sur 1 mois b) fraction insoluble : concentrations moyennes sur 1 mois			

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
	Village de Prony, Pic du Grand Kaori, Base vie, Forêt Nord, Port Boisé, Tribu de Goro		Polluants gazeux: concentrations moyennes sur 15 jours			
2008	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie	données issues du suivi de l'année 2008 (pas de période plus précise)	Mesures continues: SO₂, NO₂, PM₁₀ a) pourcentage de données exploitables: moyennes horaires et journalières par station b) concentrations moyennes horaires et journalières (présentées sous forme de graphiques, aucune donnée numérique disponible) par station (*) c) concentrations moyennes annuelles (présentées sous forme de tableau, aucun détail de calcul) par station d) concentrations moyennes horaires et journalières (utilisées pour les PM ₁₀) maximales par station et calculées sur l'année 2008. Présentées sous forme de tableau.	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	1
	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie, Pic du Grand Kaori		Mesures de métaux: mesures ponctuelles lors de campagnes de prélèvement a) Métaux contenus dans les PM ₁₀ : pas de campagne de mesure			
	Forêt Nord, Port Boisé		b) Métaux contenus dans les retombées de poussières : pas de campagne de mesure			
2009	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie	données issues du suivi de l'année 2009 (pas de période plus précise)	Mesures continues: SO₂, NO₂, PM₁₀ a) pourcentage de données exploitables: moyennes horaires et journalières par station b) concentrations moyennes horaires et journalières (présentées sous forme de graphiques, aucune donnée numérique disponible) par station (*) c) concentrations moyennes annuelles (présentées sous forme de tableau, aucun détail de calcul) par station d) concentrations moyennes horaires et journalières (utilisées pour les PM ₁₀) maximales par station et calculées sur l'année 2009. Présentées sous forme de tableau.	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	2

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie, Pic du Grand Kaori		Mesures de métaux: mesures ponctuelles lors de campagnes de prélèvement a) Métaux contenus dans les PM ₁₀ : concentrations moyennes / filtre /jour/station	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	
	Forêt Nord, Port Boisé		b) Métaux contenus dans les retombées de poussières : fractions soluble et insoluble : concentrations moyennes sur 1 mois par station			
2010	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie	données issues du suivi de l'année 2010 (pas de période plus précise)	Mesures continues: SO₂, NO₂, PM₁₀ a) pourcentage de données exploitables: moyennes horaires et journalières par station b) concentrations moyennes horaires et journalières (présentées sous forme de graphiques, aucune donnée numérique disponible) par station c) concentrations moyennes annuelles (présentées sous forme de tableau, aucun détail de calcul) par station d) concentrations moyennes horaires et journalières (utilisées pour les PM ₁₀) maximales par station et calculées sur l'année 2010. Présentées sous forme de tableau.	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	3
	Forêt Nord, Prony, Port Boisé, Base vie, Pic du Grand Kaori		Mesures de métaux: mesures ponctuelles lors de campagnes de prélèvement a) Métaux contenus dans les PM ₁₀ : pas de campagne de mesure			
	Forêt Nord, Port Boisé		b) Métaux contenus dans les retombées de poussières : pas de campagne de mesure			

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
2011	Forêt Nord, Base vie	données issues du suivi de l'année 2011 (pas de période plus précise)	<p>Mesures continues: SO₂, NO₂, PM₁₀ a) pourcentage de données exploitables: moyennes horaires et journalières b) concentrations moyennes horaires et journalières (présentées sous forme de graphiques, aucune donnée numérique disponible) c) concentrations moyennes semestrielles (présentées sous forme de tableau, aucun détail de calcul)</p> <p>Mesures de métaux: mesures ponctuelles lors de campagnes de prélèvement a) Métaux contenus dans les PM₁₀: pas de campagne de mesure b) Métaux contenus dans les retombées de poussières : pas de campagne de mesure</p>	traitée	calcul des moyennes (sans écart-type). Aucun détail de calcul	5

(*) : données non utilisées dans l'analyse des résultats car n'apportant pas un éclairage supplémentaire à la compréhension.

VI.2. Règlementation

VI.2.1. Les arrêtés et la convention Biodiversité

Un nombre de cinq stations a été préconisé par la province Sud afin d'opérer les suivis de la qualité de l'air dans la région du plateau de Goro. Deux arrêtés ont été publiés, l'un en 2004, l'autre en 2008. Une convention passée en 2009 entre la province Sud et Vale affine certaines préconisations des arrêtés. Les caractéristiques et les coordonnées géographiques des stations de suivi de l'air préconisées dans ces documents sont répertoriées dans le Tableau 23 ci-dessous.

Tableau 23: positionnement et caractéristiques des stations proposées par les Arrêtés n° 1769-2004/PS n°1466-2008/PS et la convention Biodiversité (source : Goro Nickel, 2008).

Emplacement	Type	Fréquence	Arrêté 1769-2004/PS		Arrêté n°1466-2008/PS		Convention Biodiversité	
			X_IGN72	Y_IGN72	X_IGN72	Y_IGN72	X_IGN72	Y_IGN72
Forêt Nord - Plateforme du relais de télévision	Fixe	Continue	697500	7530400	697036	7530447	697614	7530560
Village de Prony	Fixe	Continue	687270	7530276	686360	7530157	686862	7530460
Port Boisé	Fixe	Continue	701886	7527006	702009	7528375	702826	7529080
Base vie	Fixe	Continue	695871	7530747	695677	7530776	696271	7531222
Pic du Grand Kaori	Mobile	Continue	aux abords du parc du Grand Kaori		694703	7534116	694919	7534950
Tribu de Goro	/	/	/	/	/	/	707683	7534140

Ces stations sont fixes à l'exception de celle du Grand Kaori qui peut être mobile afin d'être déplacée en cas de pollution avérée et ainsi effectuer des prélèvements d'air au plus près de la source de pollution identifiée. Ces emplacements sont des propositions initiales et peuvent être soumises à des ajustements, ce qui leur adjoint un caractère non définitif. Ces emplacements servent de point de départ, de base, pour aiguiller les emplacements des prochains suivis.

Selon les arrêtés, chaque station doit comporter les instruments de mesure suivants :

- un analyseur de SO₂ ;
- un analyseur de NO₂ ;
- un préleveur atmosphérique en continu pour l'analyse séquentielle des PM₁₀, utilisable pour les métaux ;
- un appareil de mesure de la direction et de la vitesse du vent au minimum aux stations Base vie et Forêt Nord.

L'annexe III de l'arrêté 1467-2008/PS définit quant à elle les paramètres à suivre pour la qualité de l'air ambiant ainsi que les méthodes de référence. Le Tableau 24 reprend ces informations.

Tableau 24 : paramètres mesurés pour la définition de la qualité de l'air ambiant et méthodes de références associées.

Paramètres	Méthodes de référence
Oxydes de soufre (équivalent SO₂)	NF X 43019 et NF X 43013
Oxydes d'azote (NO₂)	NF X 43018 et NF X 43009
Particules en suspension PM₁₀	NF X 43021, 43023 et 43017
(Cd+Hg), (As+Se+Te), (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+Pb+V+Zn) dans les poussières	Etude de définition

Les arrêtés fixent aussi les valeurs seuils qui sont présentées dans la partie IV.1.3. Références locales. IV.1.3.

VI.3. Etat de référence

Les états de référence sont des études qui permettent d'obtenir des données de référence avant la mise en place du projet et ses éventuels impacts. Dans le contexte du projet industriel et minier de Vale NC, les études pour les états de référence ont été lancées afin de valider les sites d'implantation proposés dans l'arrêté de 2004.

C'est ainsi qu'en novembre 2004, les bureaux d'études Séchaud Environnement et le LBTP ont été mandatés pour valider les sites d'implantation des stations de surveillance de qualité de l'air. Six sites de mesures ont été retenus dont deux sont dits « industriels » car proches du site et des émissions (Base vie et Forêt Nord). L'emplacement de ces sites ne correspond pas aux coordonnées préconisées dans l'arrêté de 2004, mais ils se situent aux alentours. Le site du Grand Kaori est le seul pour lequel aucune proposition de coordonnées géographiques n'a été formulée dans l'arrêté de 2004, étant une station mobile.

Le Tableau 25 ci-après présente les coordonnées qui ont été préconisées et validées par le groupement Séchaud Environnement/Leces - LBTP. Il situe les stations par rapport au site industriel et montre à quel type de mesures chaque station participe. Le but de ces suivis est de mesurer la concentration dans l'air des polluants agissant sur la qualité de l'air ambiant (conformément à l'arrêté n° 1769-2004/PS). Sur une durée d'un an, deux campagnes de mesures ont été réalisées : une en saison humide (du 4 avril au 18 juillet 2005) et l'autre en saison sèche (du 18 août au 21 octobre 2005).

Tableau 25 : coordonnées des stations de suivis préconisées lors de l'état de référence-AIR et leur situation par rapport au site industriel de Vale NC, ainsi que les types de mesures effectuées par station (particules en suspension et gaz dans un premier cas et les retombées de poussières et de métaux dans le second cas) - (source : Séchaud Leces 2005).

Stations	Emplacement	Coordonnées IGN 72			Position au site industriel	Distance au site industriel (km)	Mesures	
		X	Y	Z (m)			Suspension /gaz	Retombées
1	Forêt Nord	697274	7530225	334	nord-nord-est	1,6	X	X
2	Base vie	695931	7530887	181	nord-nord-ouest	2,4	X	
3	Port Boisé	702486	7528745	43	est	6,4	X	X
4	Pic du Grand Kaori	694579	7534615	230	nord-nord-ouest	6	X	
5	Tribu de Goro	707343	7533805	16	nord-est	11,75	X	
6	Village de Prony	686522	7530125	153	ouest	9,35	X	

Les polluants SO₂ et NO₂ sont mesurés sur une durée égale à 15 jours de prélèvement par tube passif : Les particules en suspension PM₁₀ sont mesurées quant à elles sur les stations de prélèvement (trois jours de mesure par site).

D'autres polluants sont mesurés sur une durée d'environ un mois (plus ou moins trois jours) par collecteur de type Jauge Hibernia:

- les métaux contenus dans les poussières totales ;

- les retombées de poussières.

Ces sites ont donné lieu à l'élaboration d'un état de référence qui a ensuite servi de base pour les suivis ultérieurs. Les stations de Base vie et de Forêt Nord (les plus proches du site industriel) ont pour but de donner une bonne quantification des mesures en période de pleine exploitation et ainsi avoir une meilleure approche des impacts qu'auront les rejets atmosphériques de l'usine. Les stations de Prony et de Port Boisé, quant à elles, permettent d'avoir des informations sur les émissions auxquelles seront soumises les populations les plus proches du site. Cependant, leur alimentation en énergie est assurée par l'installation d'un groupe électrogène qui peut engendrer des biais dans les valeurs observées (NO₂, SO₂ et PM₁₀). En cas de défaillance des stations les plus éloignées, cela n'empêchera pas l'industriel de contrôler la dispersion de ses émissions et notamment le SO₂ sur les stations les plus proches qui sont alimentées électriquement depuis le site industriel.

La Figure 13 permet de mieux situer les stations préconisées dans le cadre des arrêtés de 2004 et 2008, de la Convention pour la conservation de la biodiversité mais aussi celles qui ont été retenues pour l'état de référence et durant les suivis.

Elle met en évidence les différences de positionnement entre les états de référence et les suivis.

VI.4. Les suivis de 2008-2011

Le but de ces suivis est de mesurer les concentrations des polluants agissant sur la qualité de l'air ambiant (conformément à l'arrêté n°1467-2008/PS du 9 octobre 2008). Pour cela sont analysées :

- les concentrations de polluants gazeux (NO₂ et SO₂) de manière continue ;
- les particules en suspension :
 - les concentrations en poussières PM₁₀ en suspension, elles aussi de manière continue ;
 - les treize métaux contenus dans les poussières à raison de deux campagnes par an, l'une en saison sèche, l'autre en saison humide ;
- les retombées de poussières mesurées lors de campagnes de prélèvements effectuées tous les mois, incluant la mesure des mêmes métaux cités ci-dessus.

VI.4.1. Emplacement des stations de suivis

Cinq stations ont été implantées dès 2008 et ce jusqu'à 2011. Selon l'arrêté de 2004, ce nombre de station est le nombre minimum à suivre. Après projection des coordonnées sur une carte, aucun emplacement de station ne correspond à ceux définis dans les articles réglementaires (que ce soit l'arrêté de 2004 ou celui de 2008) et encore moins à l'état de référence.

La Figure 13 permet de constater les différences entre les positionnements des stations pour les années 2008, 2010 et 2011 avec ceux de l'année 2009 qui sont différents. Pourtant la bibliographie exploitée pour ces suivis indique que les altitudes, les distances au site industriel dans les tableaux fournis sont les mêmes pour toutes les stations et quelles que soient les années et que les cartes fournies par cette même bibliographie montrent que les stations ne bougent pas. Cette erreur est vraisemblablement liée à une mauvaise projection des coordonnées qui sont exprimées dans le système RGNC 91 pour le rapport de suivi 2009. Pour les autres rapports 2008, 2010 et 2011, les coordonnées sont exprimées dans le système IGN 72.

Tableau 26 : tableau de suivis de l'air de 2008 à 2011 - (Source: Goro Nickel).

Site	Abréviation	Coordonnées en IGN 72				Altitude (m)	Type de station	Distance au site industriel (km)	Mesures	
		2008-2010 et 2011		2009					Poussières PM ₁₀ en suspension gaz SO ₂ et NO ₂	Retombées de poussières
		X	Y	X	Y	Z				
Forêt Nord	FN	697614	7530560	697384	7530750	334	Fixe	1,6	X	X
Village de Prony (Belvédère)	PR	686862	7530460	686708	7530460	153	Fixe	9,35	X	
Port Boisé	PB	702826	7529080	702358	7528678	43	Fixe	6,4	X	X
Base vie	BV	696271	7531222	696025	7531079	181	Fixe	2,4	X	
Pic du Grand Kaori	PGK	694919	7534950	695051	7534419	230	Mobile	6	X	

NO₂ : dioxyde d'azote ; SO₂ : dioxyde de soufre et PM₁₀/particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres.

Notons que la Convention pour la conservation de la biodiversité (2009) postérieure à la mise en place du suivi prévoit également la surveillance de la station de la Tribu de Goro prise en compte dans les états de références. Aucune information justifiant l'absence de cette station pour les suivis de 2008 à 2011 n'a été trouvée dans les documents à disposition.

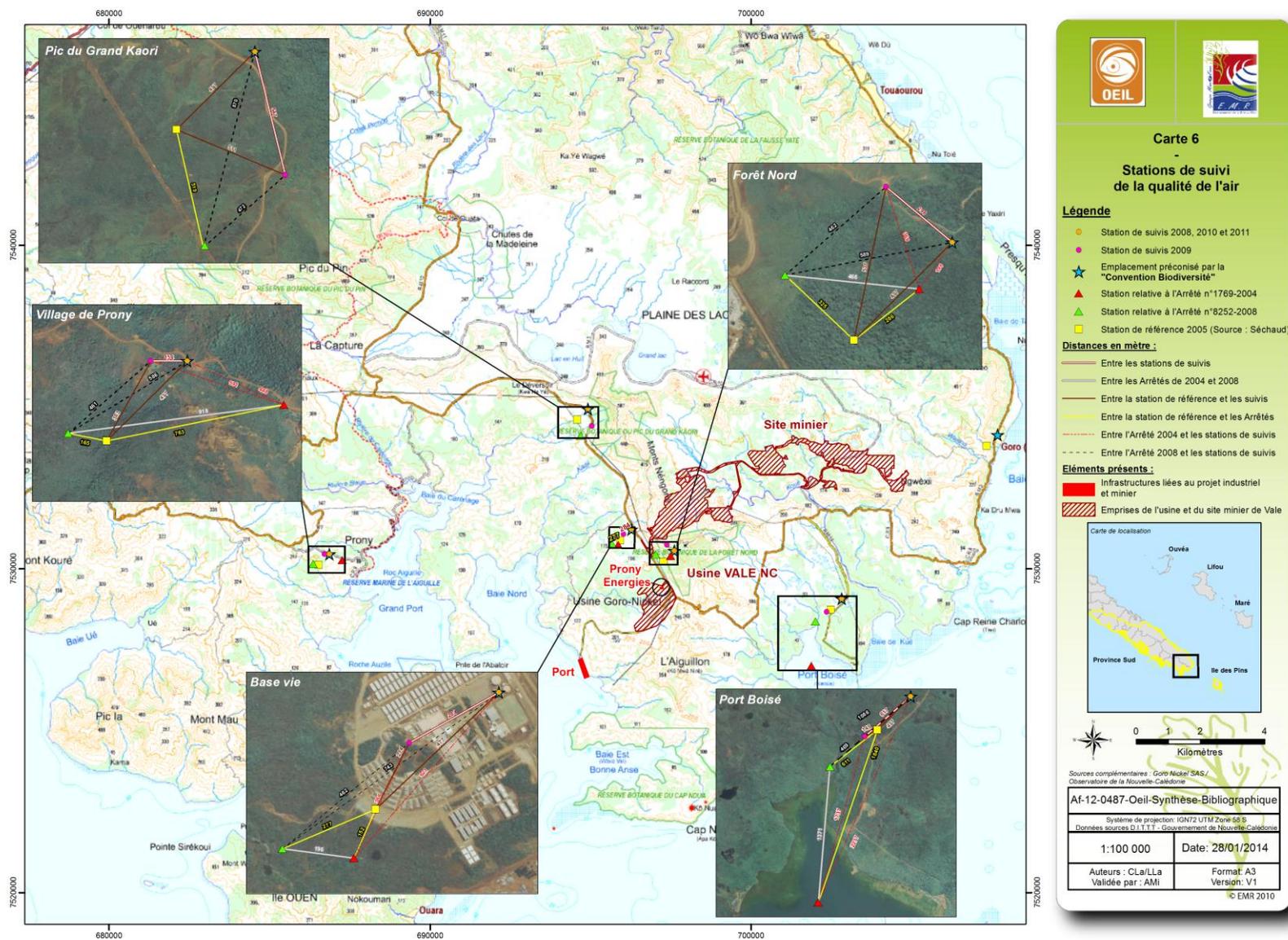


Figure 13: Emplacement des stations préconisées par la réglementation (arrêtés de 2004 et de 2008) et les stations de suivis de l'air de 2005 et entre 2008 et 2011.

VI.5. Les méthodes de référence et instrumentation

Le Tableau 27 est une synthèse des méthodes utilisées pour effectuer les relevés de l'état de référence et des suivis. On remarquera que les principaux changements sont relevés pour les mesures des métaux dans les poussières en suspension et les retombées de poussières ainsi que pour les mesures de gaz en continu. Ces modifications portent sur le matériel de mesure utilisé (figurés en gras dans le tableau).

Tableau 27: Etat de référence et suivis de 2008 à 2011 : récapitulatif de l'instrumentation, des méthodes employées, des normes utilisées et des fréquences - (Source : Vale NC, Suivis de 2005 à 2011).

Polluant recherché		Instruments de mesure Etat de référence	Instruments de mesure en 2008-2011	Méthode d'analyse utilisée	Type de mesure	Normes de l'état de référence	Normes-Suivis	Commentaire	Durée des mesures
Mesure continue de l'air ambiant									
Gaz	SO ₂	Tubes passifs	Analyseur AF22 d'environnement SA.	Selon normes	Quantité de fluorescence	Non précisé	NF X 43019 NF X 43013.	Système d'acquisition des données SAMEX pour les stations de suivis de gaz et de poussières : envoi des données via un modem GSM sur un serveur avec logiciel de validation XR5.5	En continu, débit de 20 à 30 L/h
	NO ₂		Analyseur AC32 d'Environnement SA.	Selon normes	Chimiluminescence.	Non précisé	NF X 43018 NF X 43 009.		
Poussières PM ₁₀		/	Analyseur MP101 d'Environnement SA. (1 par station)	Selon normes	Aspiration de 1 m ³ /h, au travers d'un filtre		NF X 43021 NF X 43023, NF X 43017.		En continu, débit de 1 m ³ /h
Mesure ponctuelle des métaux									
Métaux dans les poussières en suspension	PM ₁₀	Capteur automatique PM162 d'Environnement SA	Capteur automatique PM162 d'Environnement SA (2008/2010)	Selon normes	Prélèvement des poussières	NF X 43-023 NF X 43-021 EN 12341	NF X 43-021 NF X 43-023 EN 12341	Traitement et analyse par le groupe MicroPolluants Technologie SA.	3 jours consécutifs d'aspiration à 1 m ³ /h
	Métaux		Le partisol Plus d'Ecomasure (préleveur automatique)(2011)	ICP-MS sur les poussières PM ₁₀ recueillies sur le filtre selon les normes	Analyse des métaux et leur dosage pour les fractions solubles et insolubles				
Métaux dans les retombées de poussières	PM ₁₀	Collecteur de type Jauge Hibernia	Collecteur de type Jauge Hibernia (2008/2010) Collecteur de type Jauge Owen (2011)	Selon normes	Collecteur de précipitations et de retombées atmosphériques totales	NF X43-014	NF X43-014	Traitement et analyse des métaux par fraction soluble et insoluble ainsi que leur dosage par le groupe MicroPolluants Technologie SA.	30 jours (+/-3 jours)
	Métaux	/	/	ICP-MS sur les poussières PM ₁₀ recueillies sur le filtre	Analyse des métaux et leur dosage pour les fractions solubles et insolubles	Non précisé	NF EN 14902.		

VI.6. Résultats des états de référence

Les états de référence de la qualité de l'air se sont déroulés durant la saison humide et sèche de l'année 2005 sur 6 stations : Base vie, Port Boisé, Pic du Grand Kaori, Forêt Nord, Tribu de Goro, Village de Prony.

VI.6.1. Saison humide

La période de mesure s'étend du 4 avril au 18 juillet 2005. Pour cette période, nous disposons de données météorologiques uniquement pour la mesure des vents (roses des vents établies pour les périodes de mesure). Aucune donnée sur la pluviométrie n'est disponible dans la documentation.

La concentration moyenne en poussières en suspension PM_{10} est obtenue à partir de la masse de poussières prélevée ramenée à l'unité de volume (environ 55 m^3 pour 1 échantillon, soit un prélèvement sur 24h). Au total, 3 filtres par station sont prélevés sur la période. Cette concentration mesurée sur la station Base vie est la plus élevée ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pic du Grand Kaori et Port boisé présentent les valeurs les plus basses à $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sur Forêt Nord, village de Prony et Tribu de Goro les concentrations moyennes sont équivalentes, respectivement égales à 12, 14 et $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur mesurée sur la station Base vie peut s'expliquer par des conditions de vents affichant une dominance de direction est-nord-est à est, ce qui met cette station sous le vent de la zone d'activité de la mine et sous influence du trafic routier.

Les concentrations moyennes en poussières en suspension PM_{10} mesurées sur l'ensemble des sites sont inférieures à la valeur limite et objectif de qualité de l'air (moyenne annuelle), respectivement égaux à 40 et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les analyses de métaux dans les poussières en suspension montrent que :

- les concentrations moyennes journalières en Cd, Sn, Sb, Hg, sont faibles, et d'après Séchaud souvent équivalentes aux teneurs mesurées dans le blanc d'analyse ou inférieures à la limite de quantification ;
- les concentrations en V, Co, Cu et Pb sont faibles également avec des valeurs ne dépassant jamais $3.3 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Cu pour la station Village de Prony) ;
- les métaux majoritaires sont Cr, Mn, Zn et Ni, les concentrations maximales étant mesurées, sur la station Base vie pour le Cr ($76 \text{ ng}/\text{m}^3$), Mn ($20.5 \text{ ng}/\text{m}^3$) et Ni ($24.5 \text{ ng}/\text{m}^3$), à l'exception du Zn où le maximum ($35.1 \text{ ng}/\text{m}^3$) est mesuré sur la station Village de Prony. Pour le Cr, une concentration moyenne intermédiaire ($45.2 \text{ ng}/\text{m}^3$) est mesurée sur la station Village de Prony.

La concentration moyenne en Ni contenu dans les PM_{10} est supérieure à la valeur cible (moyenne annuelle) sur la station Base vie ($24.1 \text{ ng}/\text{m}^3$ au lieu de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$). De la même façon que pour les PM_{10} , cette concentration peut être expliquée par les conditions de vents dominants en provenance du secteur de la mine et en lien avec le trafic routier.

Les retombées de poussières ont été mesurées sur la période du 4 avril au 3 mai 2005.

Les retombées de poussières mesurées sur les 2 stations de Port Boisé et Forêt Nord sont significativement différentes, d'un facteur 2 (109 et 205 mg/m²/jour respectivement).

Les concentrations de métaux dans les retombées de poussières sont :

- équivalentes et faibles (0.93 µg/m²/j en Cd sur la station Forêt Nord) sur les 2 stations de mesures pour V, As, Cd, Sn, Sb et Hg et souvent en deçà des limites de quantification ;
- significatives pour Mn (25.6 µg/m²/j sur Forêt Nord), Ni (19.4 µg/m²/j sur Forêt Nord) et Zn (309.4 µg/m²/j sur Forêt Nord).

Seules les concentrations en Ni dépassent la valeur de référence du TA Luft (15 µg/m²/j) mais sont seulement représentatives d'un mois de mesure.

En l'absence de donnée sur la pluviométrie du secteur pendant la période de mesure, il est difficile de conclure à une quelconque influence de la pluie sur les valeurs mesurées des retombées de poussières.

Les mesures de SO₂ et NO₂ ont été réalisées entre le 30 mai et le 18 juillet 2005.

Dans l'ensemble, les concentrations sont très faibles (inférieures à 1.8 µg/m³ de SO₂ mesurée sur la station de Base vie et 0.9 µg/m³ de NO₂ mesuré à la station Port Boisé) et souvent inférieures à la limite de quantification. Elles sont toutes largement inférieures à la valeur limite (40 µg/m³ de NO₂) et à l'objectif de qualité (40 µg/m³ de NO₂ et 50 µg/m³ de SO₂).

VI.6.2. Saison sèche

La période de mesure s'étend du 18 août au 21 octobre 2005. Pour cette période, nous disposons de données météorologiques uniquement pour la mesure des vents (roses des vents établies pour les périodes de mesure). Aucune donnée sur la pluviométrie n'est disponible dans la documentation.

Les concentrations moyennes en poussières en suspension PM₁₀ (calculées sur 3 jours de prélèvements) mesurées sur l'ensemble des sites sont inférieures à la valeur limite et objectif de qualité de l'air (respectivement 40 et 30 µg/m³, exprimées en moyenne annuelle).

La concentration moyenne en poussières la plus élevée est mesurée sur la station Village de Prony à 22 µg/m³. Les autres stations affichent des valeurs équivalentes, mesurées entre 7 et 11 µg/m³, respectivement pour les stations Port Boisé et Forêt Nord. La bibliographie ne fournit pas les données de conditions météorologiques anémométriques observées pendant les mesures de ce paramètre.

Les analyses de métaux dans les poussières en suspension montrent que :

- les concentrations moyennes en Co, Cd, Sn, Sb, Pb, Hg, V et Zn sont faibles, et d'après Séchaud souvent équivalentes aux teneurs mesurées dans le blanc d'analyse ou inférieures à la limite de quantification ;

- les concentrations moyennes en Cu et As sont faibles également avec des valeurs ne dépassant jamais 0.6 ng/m^3 excepté pour la station du Village de Prony pour laquelle on enregistre des concentrations égales à 8.2 ng/m^3 pour Cu et 5.6 ng/m^3 pour As ;
- les métaux majoritaires sont Cr, Mn, et Ni, les concentrations moyennes maximales étant mesurées, sur la station Village de Prony pour le Cr (22.5 ng/m^3), Mn (5.3 ng/m^3) et Tribu de Goro pour Ni (40.6 ng/m^3).

La concentration moyenne en Ni contenu dans les PM_{10} est supérieure à la valeur cible (moyenne annuelle) sur la station Tribu de Goro (40.6 ng/m^3 au lieu de 20 ng/m^3).

Les retombées de poussières mesurées sur les 2 stations pendant la période de mesure sont équivalentes (112 et $104 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$ respectivement pour Forêt Nord et Port Boisé). Ces valeurs sont inférieures à la valeur limite de référence du TA Luft qui est de $350 \text{ mg/m}^2/\text{j}$.

Les concentrations de métaux dans les retombées de poussières sont :

- équivalentes et faibles sur les 2 stations de mesures pour V, As, Sn, Sb et Hg (valeur maximale de $2.2 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ pour V sur Port Boisé) et souvent équivalentes à 0 ou à la limite de quantification ;
- relativement faibles, comprises entre $4.7 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ (pour le Co sur la station Forêt Nord) et $8.7 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ (pour le Pb sur la station Port Boisé) ;
- significatives pour Mn ($45.1 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ sur Port Boisé), Ni ($57.5 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ sur Port Boisé) et Zn ($891.1 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$ sur Port Boisé).

Les retombées de Ni sont supérieures à la valeur de référence du TA LUFT ($15 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$) sur les 2 stations de mesure (environ 3 à 4 fois la concentration limite), mais sont seulement représentatives d'un mois de mesure.

Les retombées de Zn sont supérieures à la valeur de référence suisse sur les 2 stations de mesure, plus particulièrement sur Port Boisé où la valeur est 2 fois supérieure à la limite de référence qui est de $400 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{j}$

Les mesures de SO_2 et NO_2 ont été réalisées entre le 18 août et le 21 octobre 2005.

Dans l'ensemble, les concentrations sont très faibles (inférieures à $3.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, valeur maximale de SO_2 mesurée sur la station Port Boisé et $2.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, valeur maximale de NO_2 mesurée sur la station Base vie) et souvent inférieures à la limite de quantification. Elles sont toutes largement inférieures à la valeur limite ($40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de NO_2) et à l'objectif de qualité ($40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de NO_2 et $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de SO_2).

VI.6.3. Variations saisonnières

Pour les PM_{10} , il apparaît que pour 3 stations sur 6 (Base vie, Forêt Nord et Tribu de Goro), les concentrations moyennes mesurées en saison sèche sont inférieures à celles mesurées en saison humide (respectivement 9 contre $21 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à Base vie, 11 contre $12 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à Forêt Nord et 9 contre $16 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à tribu de Goro). Pour les stations de village de Prony et Pic du Grand Kaori, c'est l'inverse qui est constaté : les concentrations moyennes sont supérieures en saison sèche (respectivement 22 contre $14 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à village de Prony et 9 contre $7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à Pic du Grand Kaori). Pour la station de Port Boisé, les deux saisons sont équivalentes ($7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

Il apparaît qu'aucune tendance ne peut être dégagée, particulièrement en l'absence de données de pluviométrie sur les périodes de mesures.

Une analyse logique serait qu'en période sèche, les poussières en suspension sont moins rabattues au sol par les événements pluvieux et donc en plus forte concentration dans l'air. Il se pourrait aussi qu'en période sèche, les dispositifs d'arrosage des pistes soient plus actifs afin de compenser l'absence de pluie permettant de rabattre ou maintenir les poussières au sol.

Ces deux points de vue devraient être confrontés à des données pluviométriques et des informations sur les consommations d'eau des arroseuses.

De même, des informations précises sur la direction et la force des vents dominants pendant les campagnes de mesures des PM₁₀ constitueraient un élément important dans l'analyse de ces résultats.

Pour les retombées de poussières, les résultats entre les 2 saisons semblent suivre une certaine logique, à savoir que l'on mesure moins de retombées en saison sèche qu'en saison humide. Sur Forêt Nord, les dépôts de poussière en saison humide sont quasiment équivalents au double que ceux mesurés en saison sèche (respectivement 205 contre 112 mg/m²/j). Cette différence saisonnière marquée sur cette station semble pouvoir être expliquée par le fait que Forêt Nord est fortement sous l'influence du site minier et qu'en saison humide les poussières issues de l'activité minière (décapage de sol, roulage, etc...) sont largement rabattues par les pluies. Sur Port Boisé, la différence est moins marquée, et les mesures sont presque équivalentes avec 109 mg/m²/j en saison humide et 104 mg/m²/j en saison sèche.

Pour les mesures des gaz, les variations saisonnières sont notables pour le NO₂ sur les stations de village de Prony où la concentration moyenne est légèrement plus élevée en saison humide (1.4 contre <1 µg/m³), Pic du Grand Kaori et Base vie sur lesquelles les concentrations moyennes sont plus élevées en saison sèche (jusqu'à 2 fois supérieures sur la station Base vie). L'élément météorologique qui pourrait nous permettre d'avancer une hypothèse sur l'analyse de ces résultats est l'orientation et la force des vents au moment des campagnes de mesures. Or, il s'avère qu'en saison humide, la station Base vie est plus soumise aux vents dominants en provenance du site industriel de l'usine, ce qui est contradictoire avec les résultats des concentrations en NO₂. Il en est de même pour la station Pic du Grand Kaori qui est soumise aux vents dominants en provenance du site industriel et minier en saison humide.

Par contre, le facteur « pluie » peut être un élément d'explication de ces résultats. En effet, la pluie va piéger les molécules de gaz et les rabattre au sol, ce qui implique que les concentrations mesurées dans l'air pourront être moins élevées en saison humide qu'en saison sèche.

Pour le SO₂, seules 2 stations montrent des variations saisonnières notables. En effet, les concentrations moyennes mesurées sur les stations de Base vie et Port Boisé montrent que c'est en saison sèche que les valeurs sont les plus élevées (2.6 contre 1.8 µg/m³ sur Base vie et 3.1 contre <1.3 µg/m³ sur Port Boisé). De la même façon qu'avec le NO₂, il semblerait que ce soit l'action de la pluie qui fasse baisser les concentrations moyennes mesurées pour ce paramètre.

Toutefois, sans donnée sur la pluviométrie, il est difficile d'avancer une analyse solide concernant la variation saisonnière des polluants gazeux.

VI.7. Résultats des suivis annuels

VI.7.1. Données exploitables pour les mesures de la qualité de l'air

Il est à noter qu'une série de données est considérée comme exploitable à partir du moment où 75 % des valeurs attendues sont acquises et valides. Cette valeur est prescrite dans le fascicule de documentation de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) : « Règles et recommandations en matière de validation des données – critères d'agrégation – paramètres statistiques ». (Goro Nickel, 2005-2011).

VI.7.1.a. Mesures continues des gaz et PM₁₀

Le Tableau 28 suivant présente la synthèse des données disponibles et valides, pour chaque année de suivi, pour les moyennes horaires et journalières des concentrations de SO₂, NO₂ et PM₁₀.

Tableau 28 : pourcentage des données disponibles pour les mesures continues (moyenne horaire et journalière) en SO₂ (dioxyde de soufre), NO₂ (dioxyde d'azote), PM₁₀ (particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 µm) pour toutes les années de suivis. En gras, les données pouvant être exploitées (>75%) et - = pas de donnée disponible -
(Source : suivis de Goro Nickel, 2008-2011).

Stations	Années	Moyenne horaire			Moyenne journalière		
		SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
Forêt Nord	2008	79	55	42	81	55	42
	2009	94	34	60	92	29	54
	2010	77	0	0	75	0	0
	2011	81.1	50.4	44.7	-	-	-
Village de Prony	2008	51	50	37	50	48	37
	2009	52	0	22	49	0	21
	2010	0	0	0	0	0	0
	2011	0	0	0	-	-	-
Port Boisé	2008	76	59	45	69	55	43
	2009	68	32	66	66	32	65
	2010	0	0	0	0	0	0
	2011	0	0	0	-	-	-
Base Vie	2008	80	47	75	78	46	74
	2009	89	66	59	87	64	57
	2010	12	1	2	13	3	2
	2011	80	43.1	47	-	-	-

Il apparait que l'on ne dispose :

- d'aucune donnée exploitable pour le NO₂, ni en moyenne horaire ni en moyenne journalière, sur aucune des 4 années du suivi ;
- d'aucune donnée exploitable pour les PM₁₀, ni en moyenne horaire ni en moyenne journalière, sur aucune des 4 années du suivi, excepté pour la station Base vie en 2008 pour la moyenne horaire ;
- d'aucune donnée exploitable pour la station village de Prony ;
- d'aucune donnée exploitable pour la station Port Boisé, excepté pour le SO₂ en 2008 pour la moyenne horaire.

L'année 2011 du suivi a la particularité de ne présenter les valeurs de moyennes journalières et horaires que sous forme de graphiques dans les rapports ne faisant référence à aucune donnée numérique.

La bibliographie disponible n'évoque pas la station du Pic du Grand Kaori pour ce qui est des données disponibles, nous ne disposons donc d'aucune valeur pour cette station. Il est juste évoqué que cette station a bien fonctionné.

VI.7.1.b. Mesure des métaux dans les poussières

De la même façon, l'exploitabilité des résultats intervient lorsque 75 % des données disponibles sont validées.

Le Tableau 29 suivant présente la synthèse des données disponibles et valides, pour chacune des années du suivi, concernant les concentrations de métaux dans les poussières en suspension et dans les retombées de poussières.

Tableau 29 : pourcentage des données disponibles sur les stations de suivis de la qualité de l'air, pour les métaux contenus dans les PM₁₀ en suspension ainsi que dans les retombées de poussières de 2008 à 2011. En gras, les données pouvant être exploitées (>75%) et - = pas de donnée disponible - (Source : Goro Nickel, 2008-2011).

Stations	Année	Métaux dans les poussières en suspension	Métaux dans les retombées	PM ₁₀ (cf métaux dans les poussières en suspension)
Pourcentage des données exploitables				
Forêt Nord	2008	0	0	0
	2009	40	50	40
	2010	-	-	-
	2011	-	-	-
Village de Prony	2008	0	-	0
	2009	50	-	50
	2010	-	-	-
	2011	-	-	-
Port Boisé	2008	0	0	0
	2009	50	50	50
	2010	-	-	-
	2011	-	-	-
Base Vie	2008	0	-	0
	2009	50	-	50
	2010	-	-	-
	2011	-	-	-
Pic du Grand Kaori	2008	0	-	0
	2009	40	-	40
	2010	-	-	-
	2011	-	-	-

Il apparaît que nous ne disposons d'aucune donnée exploitable pour les métaux contenus dans les PM₁₀ en suspension et dans les retombées de poussières pour aucune des 4 années du suivi.

En 2008, aucune donnée n'est exploitable car la campagne de mesure de métaux a été arrêtée. De trop nombreux problèmes techniques sur les préleveurs de particules en suspension (tarage, problèmes au niveau de la ligne d'échantillonnage) ont contraint à l'arrêt des mesures et ont donc invalidé le suivi des métaux dans les poussières pour l'année 2008. La bibliographie disponible n'indique pas si des mesures ont malgré tout pu être réalisées.

En 2009, les stations Forêt Nord et Pic du grand Kaori (2 stations sur 5) ont rencontré des problèmes techniques mineurs qui ont mené à un manque d'acquisition de données tant pour les métaux dans les poussières en suspension que dans les retombées.

En 2010, aucune campagne n'a été réalisée car la majorité des préleveurs de particules étaient en maintenance corrective pendant une grande partie de la période. Il en est de même pour l'année 2011 car la majorité des équipements étaient indisponibles pendant cette période. Il n'est pas précisé dans la bibliographie les raisons de cette indisponibilité du matériel de prélèvement. En revanche, il est dit que les campagnes de prélèvements reprendront en 2012.

VI.7.2. Résultats issus des mesures en continu

En préambule, il convient de rappeler que les résultats présentés dans ce chapitre sont issus de données traitées jugées en grande partie non exploitables (< à 75 % de disponibilité) et pour lesquelles la bibliographie n'expose que très peu le type de traitement qu'elles ont subi. La plupart du temps, ce sont des concentrations moyennes, présentées sans écart-type, qui sont utilisées (voir tableau 22). Ceci signifie que les résultats présentés ci-après doivent être consultés à titre indicatif mais ne sont probablement pas représentatifs des émissions atmosphériques. Ils doivent donc être interprétés avec prudence.

Les résultats présentés concernent l'évolution spatio-temporelle des trois paramètres principaux que sont, le NO₂, le SO₂ et les PM₁₀, mesurées en suspension dans l'air et dans les retombées de poussières. Ils sont basés sur des données mises à disposition dans les rapports des suivis de la qualité de l'air de Vale NC (Goro Nickel) de 2008 à 2011 et dont l'exploitabilité a été détaillée ci-avant.

VI.7.2.a. Dioxyde d'azote

Les données utilisées sont les valeurs des concentrations moyennes annuelles et horaires maximales calculées pour l'ensemble des stations entre 2008 et 2011, mises en regard des obligations réglementaires (objectif de qualité, seuil limite, seuil de recommandation et d'information).

Les données brutes de concentrations horaires ou journalières ne sont pas disponibles dans les rapports où elles ont seulement fait l'objet d'une représentation graphique qui n'est pas reprise ici.

Description des résultats

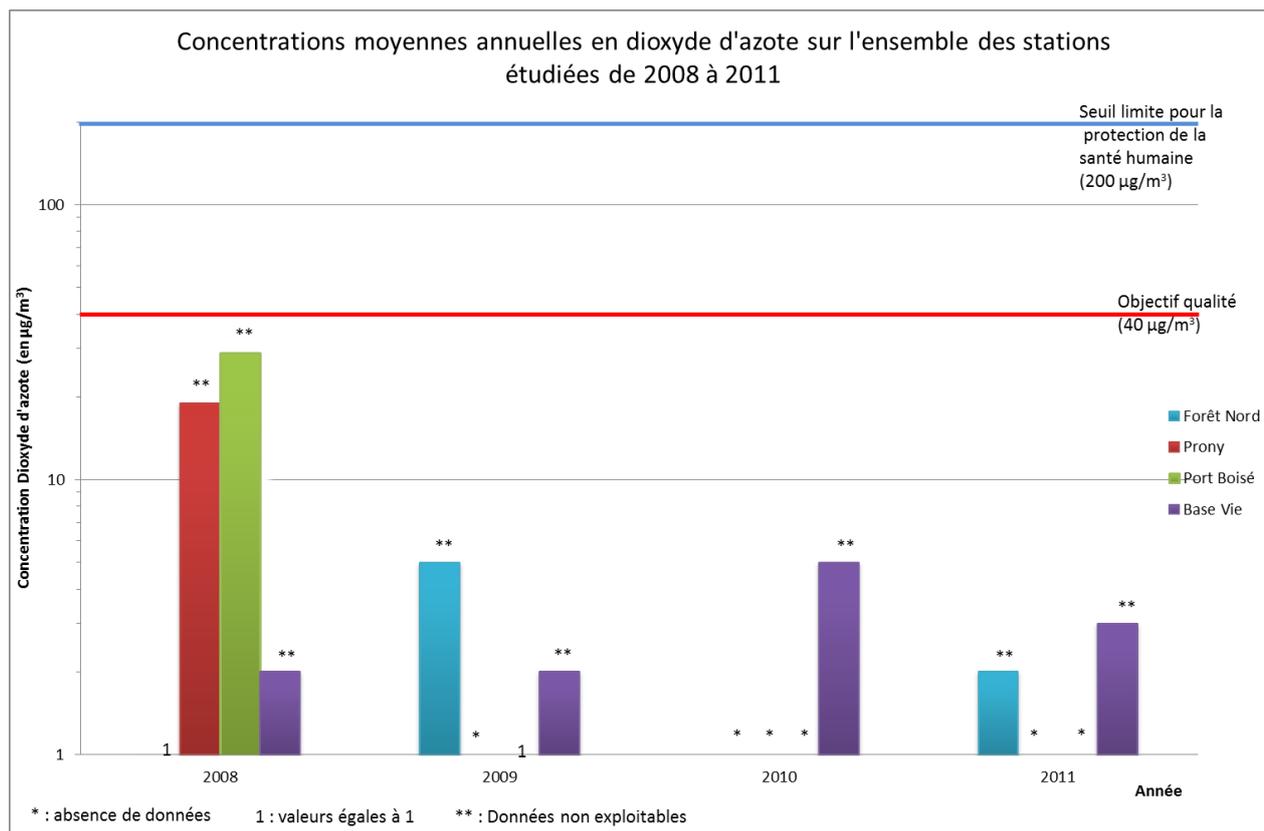


Figure 14: concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011. L'axe des ordonnées est une échelle logarithmique. Les résultats présentés sur ce graphique sont issus de données non exploitables (< 75 % de données disponibles) – (sources : Vale NC, 2008 à 2011).

La Figure 14 permet de visualiser les suivis qui ont été réalisés pour le dioxyde d'azote de 2008 à 2011. On constate que seule l'année 2008 comporte des valeurs pour toutes les stations de suivis.

Les stations de Forêt Nord et de Base vie en 2011 ont fait l'objet d'une remise en fonctionnement prioritaire. Les deux autres stations, Port Boisé et village de Prony, dites « de fond » sont contaminées depuis le début des suivis par les groupes électrogènes qui les alimentent c'est pourquoi elles ont été arrêtées durant le premier semestre 2011 et devraient être remises en fonctionnement après que les groupes électrogènes aient été déplacés.

Dans l'ensemble, toutes les concentrations moyennes annuelles se situent en dessous de la valeur fixée pour l'objectif de qualité ainsi qu'en dessous des valeurs limites pour la protection de la santé humaine et de l'écosystème. Ainsi, dans l'ensemble il semble que pour le dioxyde d'azote les concentrations dans l'air soient acceptables dans un cadre réglementaire.

En comparaison avec les résultats issus des états de référence pour lesquels les valeurs de concentration des gaz ne dépassaient pas $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et pouvaient se trouver en deçà de la limite de détection, il apparaît que les valeurs mesurées de NO_2 au cours de ces années de suivis (en moyennes annuelles) semblent être du même ordre de grandeur sur les stations Base vie et Forêt Nord. En revanche les concentrations semblent plus élevées sur les stations de Port boisé et village de Prony : jusqu'à 6 fois la valeur des états de référence (station de Port Boisé en 2008). Selon la bibliographie ces résultats sont probablement à mettre en rapport avec des problèmes de contamination sur ces 2 stations.

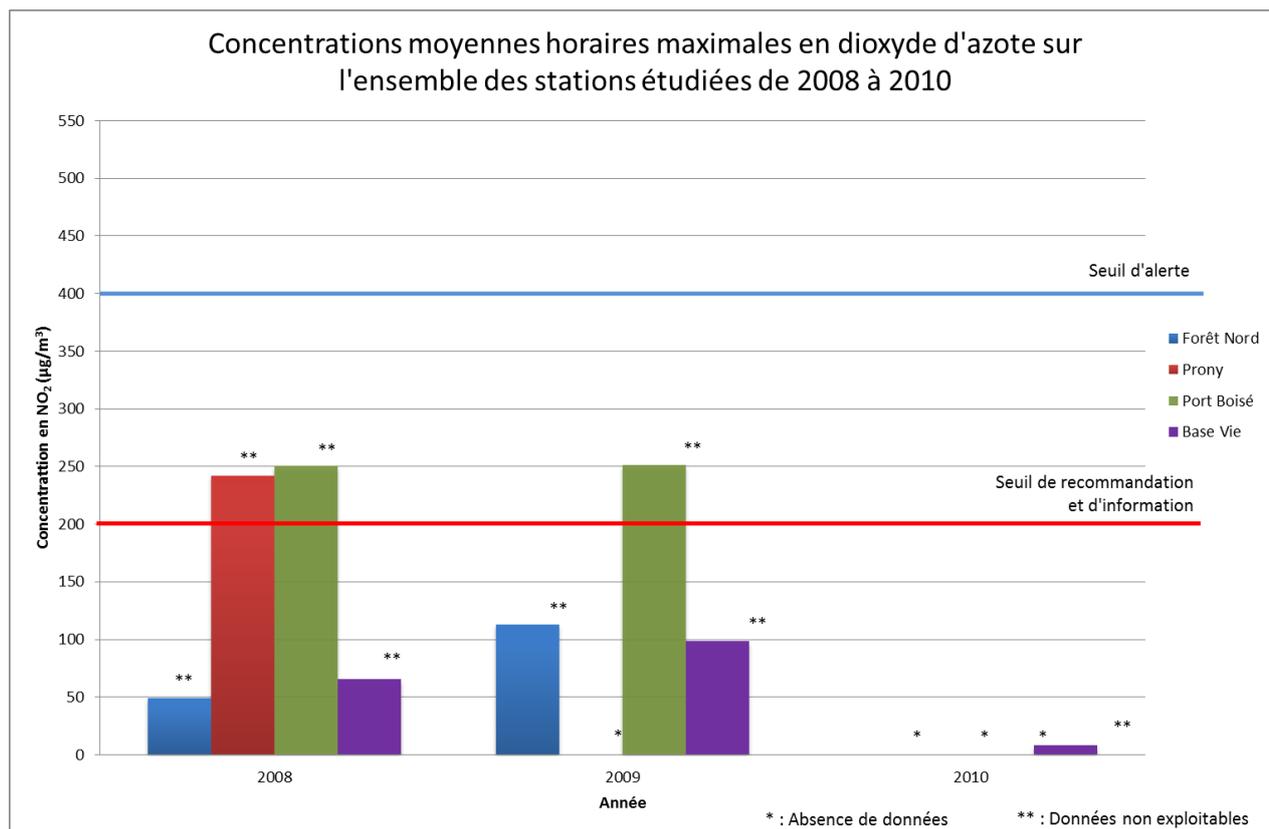


Figure 15 : concentrations moyennes horaires maximales en dioxyde d'azote sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011 (l'année 2011 ne fournit pas de donnée numérique). Les résultats présentés sur ce graphique sont issus de données non exploitables (< 75 % de données disponibles) – (sources : Vale NC, 2008 à 2011). FN : Forêt Nord ; PR : Prony ; PB : Port Boisé ; BV : Base vie.

La Figure 15 permet de visualiser les concentrations moyennes maximales enregistrées lors des suivis réalisés pour le dioxyde d'azote de 2008 à 2011 mais sans représentation des données de l'année 2011 car non disponibles dans le rapport annuel. La concentration moyenne horaire maximale est la moyenne des maximums horaires enregistrés (exemple : en 2008, la moyenne horaire maximale calculée sur la station de Forêt Nord est égale à 49 µg/m³ de NO₂).

Nous constatons que les concentrations moyennes horaires maximales peuvent parfois dépasser le seuil de recommandation et d'information (SRI, horaire), fixé à 200 µg/m³, pour la station de Prony en 2008 (concentration maximale égale à 242 µg/m³) et pour la station de Port Boisé en 2008 (concentration maximale égale à 250 µg/m³) et 2009 (concentration maximale égale à 251 µg/m³). Ces deux stations, semblent cependant avoir été contaminées par les gaz d'échappement des groupes électrogènes permettant leur alimentation électrique.

On constate que le seuil d'alerte n'est jamais atteint pendant les 4 années du suivi.

Analyse spatio-temporelle des concentrations moyennes annuelles

Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ en 2008 sont bien plus élevées pour les stations de Prony (19 µg/m³) et de Port Boisé (29 µg/m³) alors que les stations les plus proches de l'usine, Base vie et Forêt Nord, ont des valeurs entre 10 à 15 fois inférieures (1 et 2 µg/m³). Ces résultats sont

vraisemblablement expliqués par le fait que les stations de Forêt Nord et Base vie sont alimentées par le réseau EEC et donc non soumises à des risques de contamination de l'air ambiant par le fait d'utilisation de groupes électrogènes pour leur fonctionnement.

En 2009, une légère augmentation est enregistrée sur la Forêt Nord ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La station Base vie présente une concentration relativement basse et similaire à l'année 2008 ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sur la station de Port Boisé la concentration enregistrée est faible : $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'exploitabilité des données va être réduite en 2009 avec une augmentation des problèmes liée au vieillissement du matériel sur les stations de Port boisé, de la Forêt Nord et du village de Prony sur laquelle aucune donnée de concentration du NO_2 n'est disponible en 2009.

En 2010, seule la station Base vie a été capable de fournir des données. La concentration annuelle est légèrement plus haute que pour les deux années précédentes de suivi ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'année 2011 représente un nouveau pas dans les suivis avec la participation de l'association Scal'Air et l'externalisation des suivis à ce prestataire. Une remise à niveau des instruments sur les stations de la Base Vie et Forêt Nord a permis d'augmenter le pourcentage des données exploitables. Par contre les stations de Prony et de Port Boisé n'ont pas pu être réinstallées en même temps que les autres en raison notamment d'importants travaux de terrassement (travaux Vale NC) nécessaires à l'implantation des nouveaux groupes électrogènes. Les résultats montrent des concentrations relativement proches de celles enregistrées les années précédentes ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Forêt Nord et $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Base vie).

Durant les 4 années de suivi, la répartition spatiale des concentrations mesurées en NO_2 semble montrer que les stations de Port Boisé et village de Prony, les plus éloignées des installations du site industriel et minier avec celle du Pic du Grand Kaori, sont les plus impactées. La raison la plus plausible reste celle de la contamination atmosphérique causée par les gaz d'échappement des groupes électrogènes à proximité de ces stations.

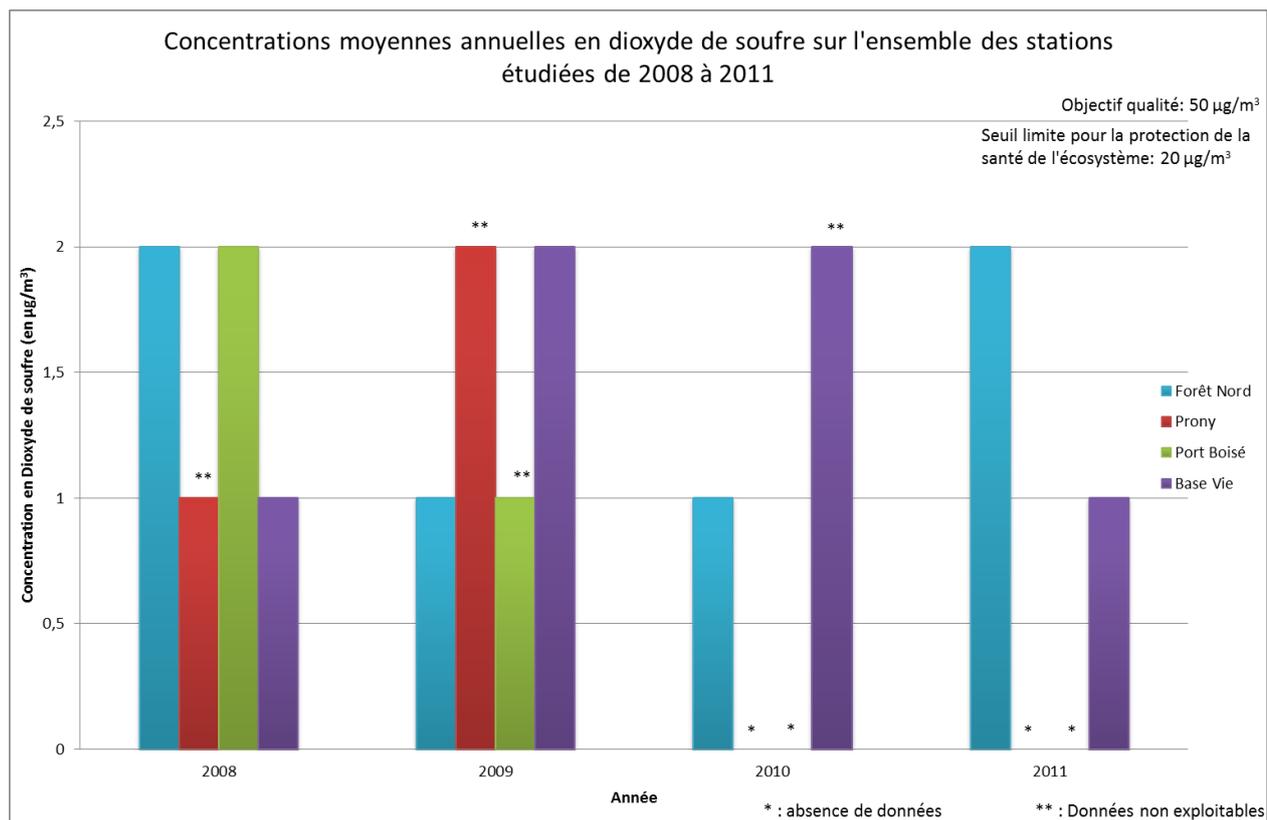
Pour ce qui est de l'évolution temporelle, le faible niveau d'exploitabilité des données récoltées sur les 4 années de suivi fait que l'analyse de ce paramètre reste particulièrement hasardeuse. On constate cependant que dans l'ensemble les concentrations moyennes annuelles restent largement en deçà des valeurs limites réglementaires

VI.7.2.b. Dioxyde de soufre

Description des résultats

Les données utilisées sont les valeurs des concentrations moyennes annuelles et moyennes horaires maximales calculées pour l'ensemble des stations entre 2008 et 2011, mises en regard des obligations réglementaires (objectif de qualité, seuil limite, seuil de recommandation et d'information).

Les données brutes de concentrations horaires ou journalières ne sont pas fournies dans les rapports, elles ont seulement fait l'objet d'une représentation graphique.



FN : Forêt Nord, PR : village de Prony, PB : Port Boisé, BV : Base vie

Figure 16: concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011 - (sources : Vale NC, 2008 à 2011).

Sur la Figure 16, qui représente les concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre sur les quatre années de suivi, seules 2008 et 2009 présentent des valeurs pour les quatre stations. Il faut noter aussi que seule la station de Forêt Nord a eu des données exploitables pour toutes les campagnes (disponibilité supérieure à 75 %), sur les quatre années de suivis. (cf VI.7.1. Données exploitables).

En 2010 et 2011, seules Forêt Nord et Base vie ont gardé les équipements de mesure, c'est pourquoi ce sont les seules stations à pouvoir fournir des données pour ces années.

Dans l'ensemble, il n'est constaté aucun dépassement de l'objectif de qualité (50 µg/m³) ni de la valeur limite pour la protection de la santé de l'écosystème (20 µg/m³). Ainsi, dans l'ensemble, il semble que pour le dioxyde de soufre les concentrations dans l'air soient acceptables dans un cadre réglementaire.

En comparaison avec les résultats issus des états de référence pour lesquels les valeurs de concentration du SO₂ ne dépassaient pas 3.1 µg/m³, valeur maximale de SO₂ mesurée sur la station Port Boisé, il apparaît que les valeurs de concentrations moyennes annuelles sont du même ordre de grandeur (entre 1 et 2 µg/m³ de SO₂ au maximum).

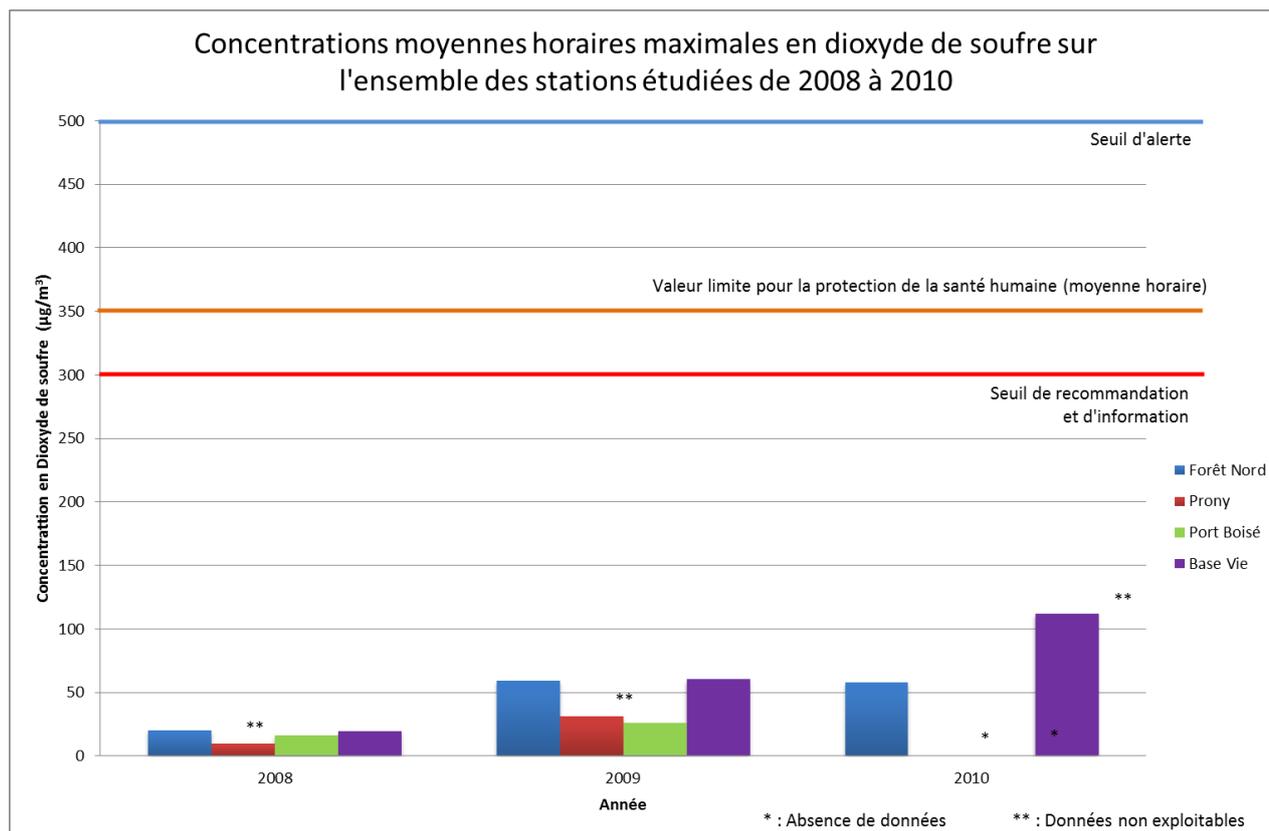


Figure 17 : représentation des concentrations moyennes horaires maximales en SO₂ sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011 (l'année 2011 ne fournit pas de donnée numérique) - (source : Vale NC, 2008 à 2011). FN : Forêt Nord ; PR : Prony ; PB : Port Boisé ; BV : Base Vie.

La Figure 17 permet de visualiser les suivis réalisés pour le dioxyde de soufre de 2008 à 2011 mais sans représentation des données de l'année 2011 car non disponibles dans le rapport annuel. La concentration moyenne horaire maximale est la moyenne des maximums horaires enregistrés (exemple : en 2009, la concentration horaire maximale enregistrée sur la station Forêt Nord est égale à 59 µg/m³ de SO₂).

On constate que la valeur limite pour la protection de la santé humaine ainsi les seuils d'alerte et de recommandation et d'information pour le SO₂ ne sont jamais atteints pendant les 4 années du suivi.

Toutefois, la station de Base vie montre une augmentation des concentrations de SO₂ en 2009 et 2010, si l'on se réfère aux valeurs des moyennes horaires maximales (Annexe IV) qui passent du simple au triple entre 2008 et 2009 et qui doublent entre 2009 et 2010 (Vale NC, suivis 2008, 2009, 2010).

Analyse spatio-temporelle des concentrations moyennes annuelles

En 2008, ce sont les stations de Forêt Nord et Port Boisé qui affichent les concentrations moyennes annuelles en SO₂ les plus élevées (2 µg/m³), deux fois supérieures à celles des stations de Prony et Base vie. Les valeurs enregistrées sur Forêt Nord peuvent éventuellement se justifier par le fait que cette station est sous l'influence des vents en provenance du site industriel. Par contre, les valeurs enregistrées à la station de Port Boisé, qui est hors influence du site industriel, peuvent être expliquées

par la présence d'un groupe électrogène pour assurer le fonctionnement de la station et qui peut entraîner sa contamination par les gaz d'échappement (malgré l'utilisation de gasoil à basse teneur en soufre).

En 2009, et pour des concentrations moyennes annuelles, la situation est strictement l'inverse de celle de l'année précédente. Les deux stations de Forêt Nord et Port Boisé présentent des valeurs plus faibles par rapport à village de Prony et Base vie. Village de Prony et Base vie sont deux stations situées sous les vents dominants de l'usine et les concentrations en SO₂ pourraient se justifier par la montée en puissance du fonctionnement du site industriel, dont fait partie l'usine d'acide sulfurique. Pour autant, si on regarde les concentrations moyennes horaires maximales, c'est sur les stations de Forêt Nord et Base vie (stations sous influence des vents de l'usine) que les valeurs les plus importantes sont mesurées (respectivement à 59 et 60 µg/m³). Ce qui peut justifier de pics de SO₂ à des périodes correspondantes au démarrage de la centrale au fioul (juin/juillet), au redémarrage de la centrale à charbon (août) et au démarrage de l'usine d'acide (fin novembre).

En 2010 et 2011, seules les stations de Forêt Nord et Base vie fournissent des données sur les concentrations en SO₂, dont certaines sont non exploitables (Base vie en 2010). Il semble que Base vie soit la station en 2010 qui a connu la plus forte moyenne horaire maximale () avoisinant les 112 µg/m³ (données non exploitables).

Vu le peu de données disponibles pour ce polluant, il est difficile de visualiser une quelconque tendance d'évolution malgré le fait que les valeurs augmentent sensiblement entre 2008 et 2010 sur les stations qui présentent des données. En effet, l'évolution spatiale des concentrations mesurées en SO₂ semble montrer que les stations de Forêt Nord et Base vie sont les plus impactées par les émissions en provenance du site industriel et minier. La raison la plus plausible reste celle du démarrage en 2009 de la centrale électrique à charbon de Prony Energie ainsi que de l'usine d'acide sulfurique en décembre 2009.

Pour ce qui est de l'évolution temporelle, le peu de fiabilité des données récoltées sur les 4 années de ce suivi fait que l'analyse de l'évolution temporelle de ce paramètre reste particulièrement hasardeuse même si on sait que dans l'ensemble les concentrations restent en deçà des valeurs limites réglementaires (50 µg/m³ pour l'objectif de qualité et 20 µg/m³ pour le seuil limite pour la protection de l'écosystème).

VI.7.2.c. PM₁₀

Description des résultats

Les données utilisées sont les valeurs des concentrations moyennes annuelles et journalières calculées pour l'ensemble des stations entre 2008 et 2011, mises en regard des obligations réglementaires (objectif de qualité, seuil limite, seuil de recommandation et d'information).

Les données brutes de concentrations horaires ou journalières ne sont pas fournies dans les rapports, elles ont seulement fait l'objet d'une représentation graphique.

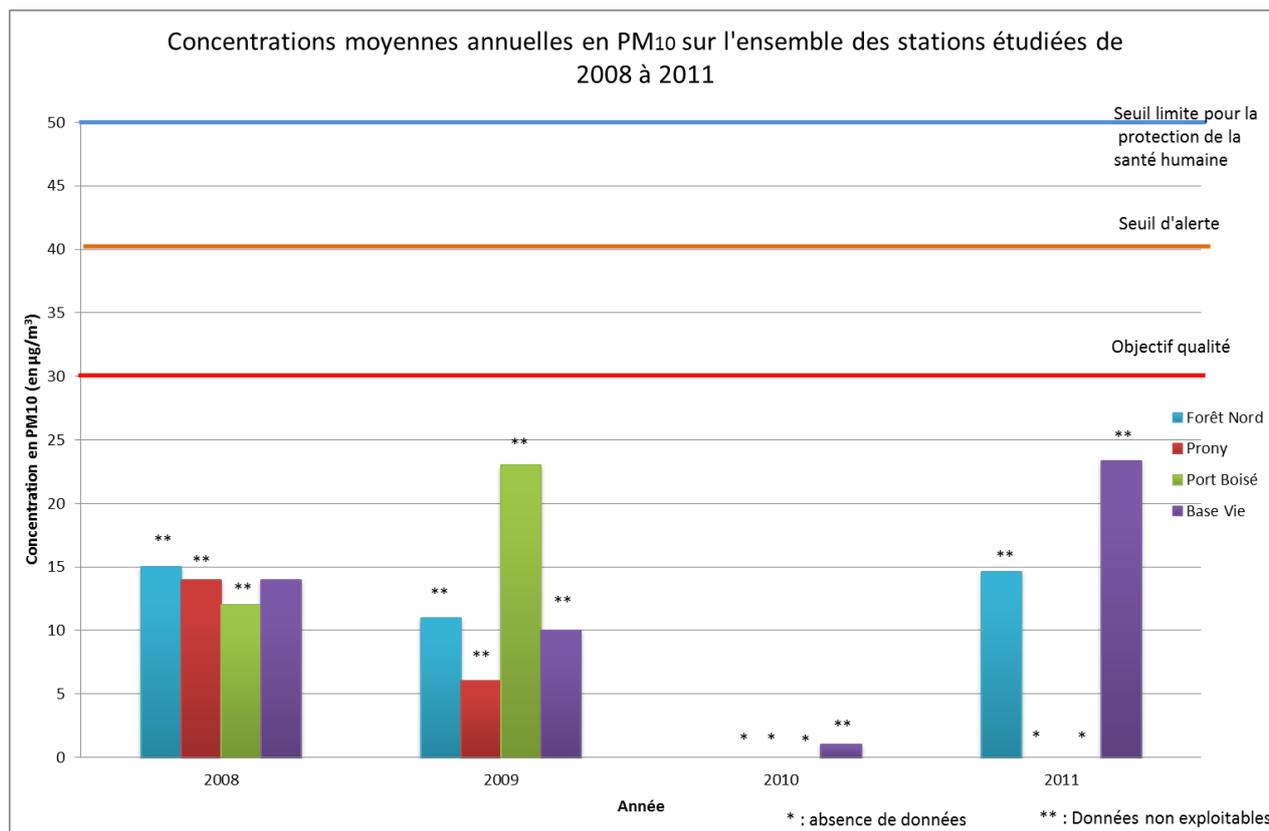


Figure 18 : concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ en suspension sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011 (source : Vale NC, 2008 à 2011).

La Figure 18 permet de visualiser les suivis qui ont été réalisés pour les poussières PM₁₀ de 2008 à 2011. Les années 2008 et 2009 comportent des résultats pour toutes les stations suivies, contrairement à 2010 et 2011 qui présentent des données pour les stations Base vie et Forêt Nord uniquement. Seule la station de Base vie en 2008 présente des données exploitables.

Au regard des concentrations moyennes annuelles disponibles, il s'avère que l'objectif de qualité (fixé à 30 µg/m³) ainsi que le seuil limite pour la protection de la santé humaine (fixé à 40 µg/m³) ne sont jamais atteints. Cependant, on constate pour les PM₁₀ que les moyennes annuelles en 2009 pour Port Boisé et 2011 pour Base vie (égales à 23 µg/m³) se sont rapprochées de l'objectif qualité sans pour autant ne jamais le dépasser (Figure 18)).

L'année 2010 est une année inexploitable en termes de données avec une seule station (Base vie) sur les quatre qui a généré des résultats et pour laquelle on ne dispose que de 2% de données disponibles.

En comparaison avec les résultats issus des états de référence pour lesquels les valeurs de concentration de PM₁₀ ne dépassaient pas 21 µg/m³, valeur maximale mesurée sur la station Base vie, il apparaît que les valeurs de concentrations moyennes annuelles sont du même ordre de grandeur et toujours inférieures à 23 µg/m³ (qui est la valeur moyenne maximale enregistrée à Base vie en 2011).

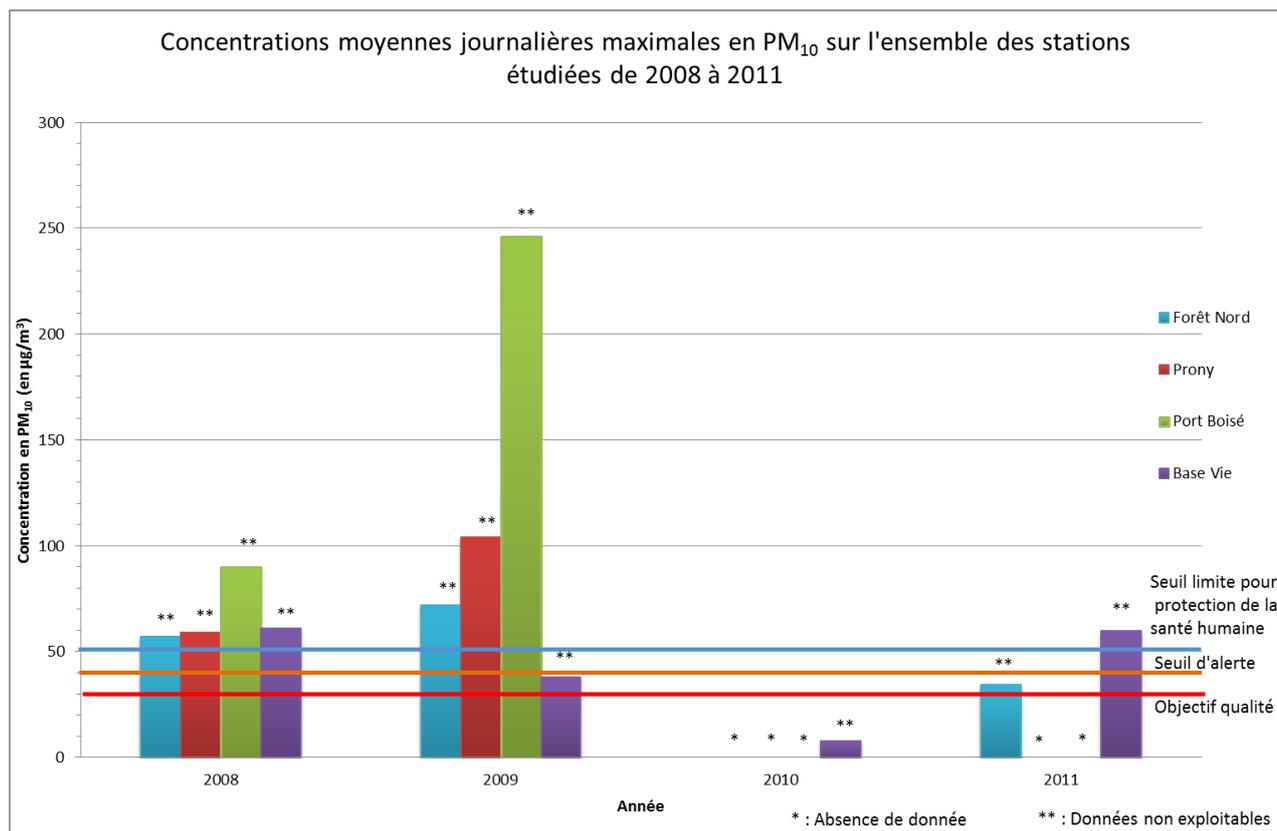


Figure 19 : concentrations moyennes journalières maximales en PM₁₀ sur l'ensemble des stations étudiées de 2008 à 2011. Les résultats présentés sur ce graphique sont issus de données non exploitables (< 75% de données disponibles) – (sources : Vale NC, 2008 à 2011). FN : Forêt Nord ; PR : Prony ; PB : Port Boisé ; BV : Base Vie.

La Figure 19 permet de visualiser les suivis réalisés pour les PM₁₀ de 2008 à 2011 et de comparer les résultats de concentrations moyennes journalières maximales (correspondant à la moyenne des maxima journaliers) aux valeurs réglementaires. On constate que les valeurs représentées montrent un dépassement systématique du seuil d'alerte (fixé à 40 µg/m³), excepté pour Base vie en 2009 (38 µg/m³) et 2010 (8 µg/m³) et Forêt Nord en 2011 (34.6 µg/m³).

Les résultats de l'année 2009 montrent des valeurs particulièrement élevées, avec un maximal atteint sur la station de Port Boisé (246 µg/m³ en septembre). Ces valeurs élevées peuvent être liées à la forte activité du chantier en 2009, générant beaucoup de poussières dans l'atmosphère. Par ailleurs, cette valeur élevée de 2009 (avec un pic enregistré le 25/09) semble être le reflet d'un événement climatique particulier en provenance d'Australie (vent de sable). La présence du groupe électrogène à proximité des stations de Port Boisé et de village de Prony peut aussi en partie expliquer ces résultats. De plus, les stations de Base vie et Forêt Nord sont soumises aux influences directes des activités de chantier avec notamment des activités de défrichage, de mobilisation de matériaux qui participent à la mise en suspension dans l'air de poussières.

L'année 2010 n'a produit quasiment aucune donnée concernant ce paramètre sauf pour la station Base vie (2% seulement de données disponibles) qui présente des valeurs en dessous de l'objectif de qualité fixé à 30 µg/m³.

Analyse spatio-temporelle des concentrations moyennes annuelles

Sur les années 2008 et 2009 (seules années pour lesquelles toutes les stations ont été suivies), il s'avère impossible de dégager une quelconque tendance en ne comparant que 2 années de données. Pour autant, il est malgré tout possible de constater une baisse pour les concentrations moyennes annuelles, excepté pour la station de Port Boisé qui a vu ses valeurs doubler entre 2008 et 2009 (de 12 à 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Malgré ces résultats, les maxima de concentrations moyennes journalières ont tous augmenté, dans des proportions allant du simple au triple (exemple de la station Port Boisé qui connaît un maxima à 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2008 et à 246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009), excepté pour la station Base vie pour laquelle la concentration journalière maximale a diminué de presque la moitié (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2008 contre 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009).

Par contre, la station Base vie voit ses concentrations moyennes annuelles en PM_{10} doubler entre 2009 et 2011 (respectivement 10 et 23.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette station, de par son positionnement, est soumise aux influences du site industriel ainsi qu'à celles du site minier en particulier en saison sèche (pendant laquelle un maxima de concentration journalière est enregistré en novembre 2011 et dépassant le seuil d'alerte ainsi que le seuil limite pour la protection de la santé humaine fixé à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ce qui pourrait expliquer une telle augmentation de la concentration des PM_{10} dans l'air est la montée en puissance de la production avec augmentation de l'activité minière sur site (décapages, extractions de matériaux, transports de matériaux pouvant générer plus de poussières dans l'air).

De la même façon, la station Forêt Nord sous influence du site industriel et du site minier voit ses concentrations moyennes annuelles en PM_{10} augmenter entre 2009 et 2011 (de 11 à 14.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette augmentation peut être liée aux mêmes causes que celles avancées pour la station Base vie.

Cependant, en raison du très faible taux de données disponibles (et encore moins exploitables), l'analyse de ce paramètre, tant d'un point de vue spatial que temporel, est particulièrement difficile. Aucune tendance ne peut être dégagée, en raison du fait que 2010 et 2011 sont des années quasi inexistantes pour la mesure des PM_{10} sauf pour les stations de Base vie et Forêt Nord qui ont été discuté ci-avant.

VI.7.3. Résultats des évolutions des concentrations en métaux contenus dans les particules de poussières PM_{10}

Les mesures présentées dans les graphiques ci-dessous sont celles de l'année 2009 uniquement, car aucune donnée n'est disponible pour les autres années (zéro échantillon valide ou pas d'échantillon du tout).

Les seuls jeux de données qui existent évoluent entre 40 et 50 % de données disponibles, et sont donc non exploitables. Pour autant, ce sont les seuls dont nous disposons et que Vale NC présente dans ses rapports de suivi annuels.

Les métaux contenus dans les PM_{10} en suspension.

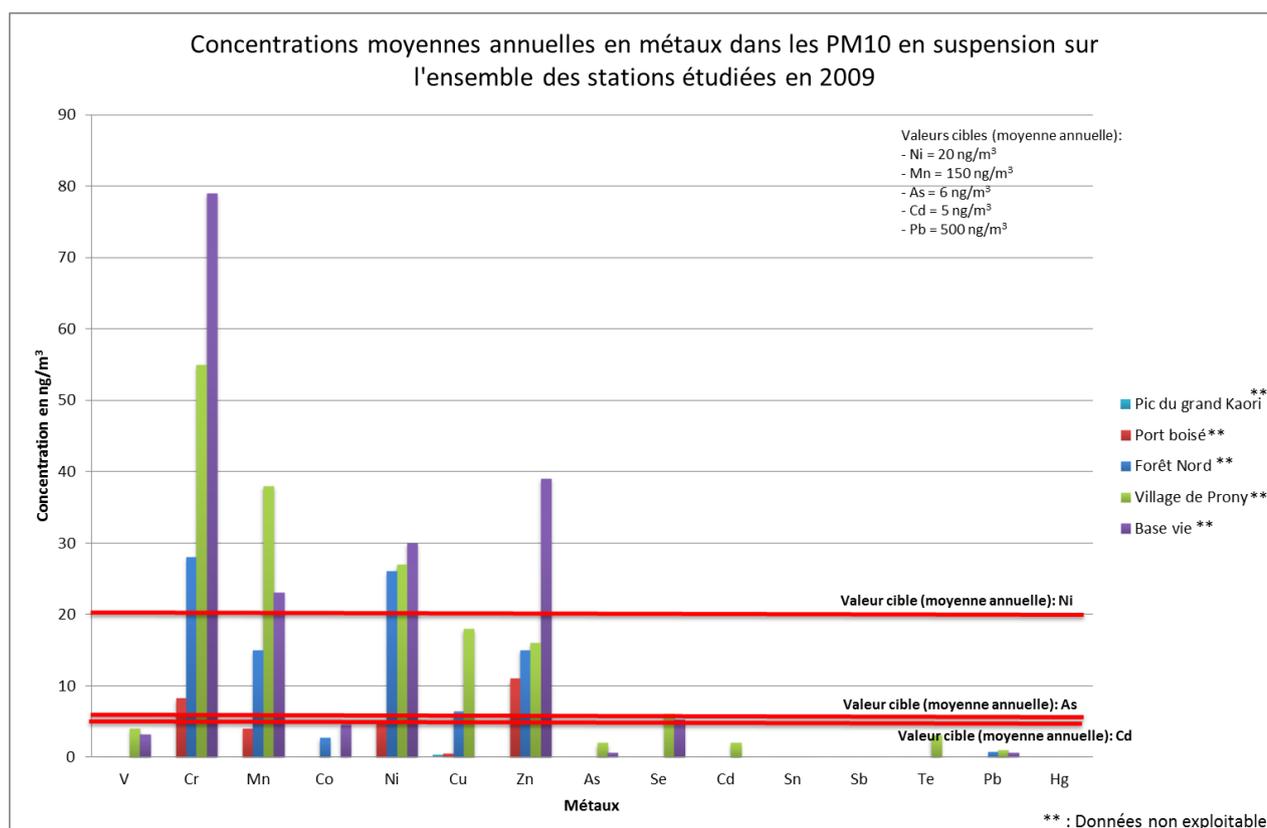
Description des résultats

La Figure 20 ci-dessous présente les concentrations en ng/m^3 des principaux métaux contenus dans les PM_{10} , mesurées au niveau des stations de suivis du Pic du Grand Kaori, de Port Boisé, de Forêt Nord, du village de Prony et de la Base vie. Une seule campagne de mesures a pu être réalisée en saison humide pour l'année 2009.

Les éléments dont les concentrations sont les plus importantes sont le Cr ($79 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour la station située à Base vie), le Mn ($38 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour la station située au village de Prony), le Ni ($30 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour la station située à la Base vie) et le Zn ($39 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour la station située à la Base vie). Pour le Ni, le seuil de la valeur cible ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) est dépassé sur 3 stations (Forêt Nord, village de Prony et Base vie). Pour les autres métaux pour lesquels il existe un seuil de valeur cible ($500 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour Pb, $150 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour Mn, $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour As, $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour Cd), les concentrations moyennes calculées ne dépassent jamais ces seuils au cours de l'année 2009.

Les autres concentrations de polluants sont faibles comme pour le plomb par exemple ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$), voire même inférieures aux limites de quantifications analytiques comme pour l'étain, l'antimoine et le mercure.

Les stations Base vie, village de Prony et Forêt Nord sont les plus sujettes aux pollutions par les éléments en suspension cités ci-avant, en raison peut-être de la dominance des vents au moment de la réalisation de la campagne de mesure en provenance de la mine et de l'usine.



V : vanadium, Cr : chrome ; Mn : manganèse, Co : cobalt, Ni : nickel, Cu : cuivre, Zn : zinc ; As : arsenic, Se : sélénium, Cd : Cadmium, Sn : étain, Sb : antimoine, Te : tellure, Pb : plomb, Hg : mercure

Figure 20 : concentration moyennes annuelles en métaux dans les PM_{10} (particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres) en suspension, sur l'ensemble des stations étudiées en 2009. (Source : Vale NC, 2008 à 2011).

En l'absence de données disponibles et exploitables pour les autres années du suivi, il est impossible de réaliser une analyse plus poussée des résultats mis à disposition pas Vale NC.

Les métaux contenus dans les retombées de PM₁₀

Description des résultats

Pour rappel, seules les stations Forêt Nord et Port Boisé ont été étudiées pour les retombées de poussières. La Figure 21 présente les flux moyens annuels des retombées de poussières pour l'année 2009 sur les stations étudiées que sont Forêt Nord et Port Boisé.

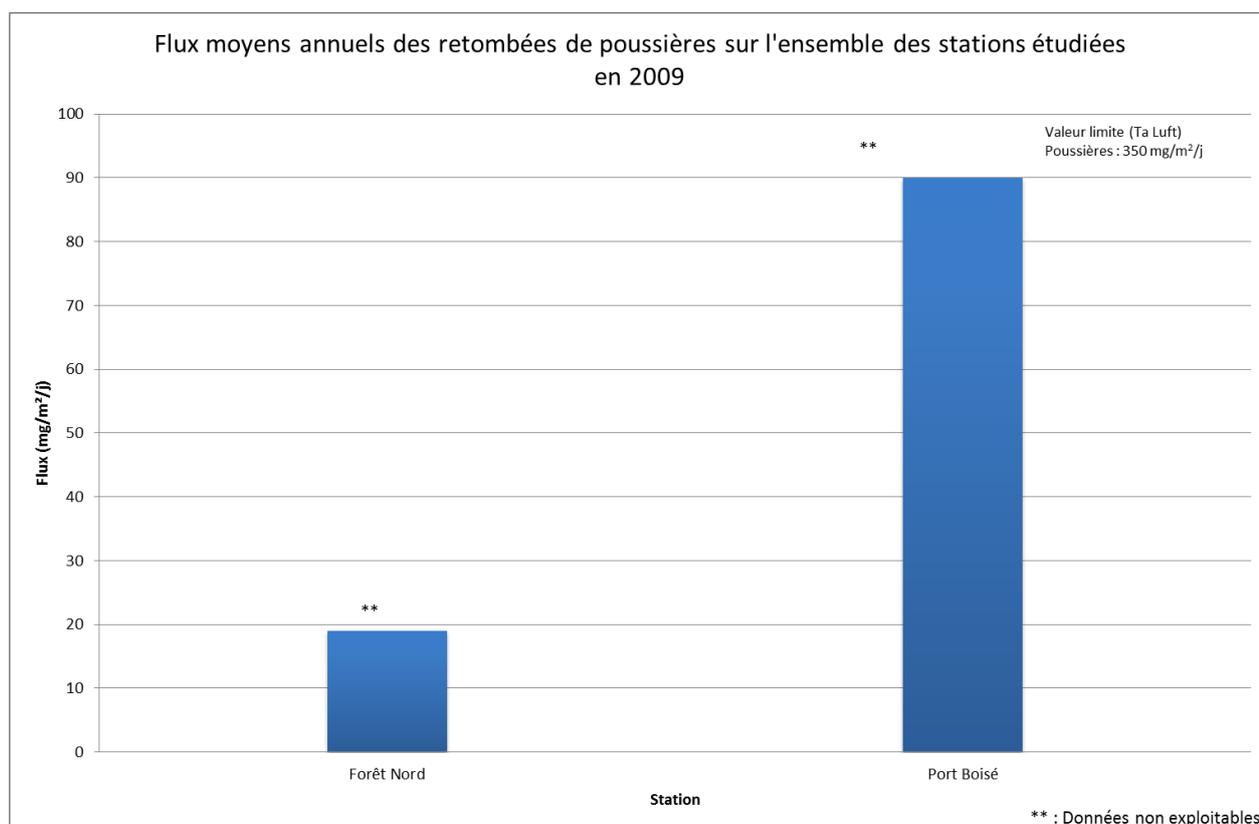


Figure 21: flux moyens annuels des retombées de poussières sur l'ensemble des stations étudiées en 2009 - (source : Vale NC, 2008 à 2011).

Les retombées de poussières sont très nettement supérieures à Port-Boisé par rapport à Forêt Nord mais elles restent tout de même largement inférieures à la valeur limite de 350 mg/m²/jour préconisée par la TA Luft. En l'absence de références métropolitaines ou européennes, les niveaux de retombées de poussières et de métaux sont comparés à titre d'information à la valeur recommandée par la TA Luft (exprimée en moyenne annuelle) (Vale NC, suivi 2009).

Ces deux stations ont exactement le même taux d'exposition aux vents de l'usine (Annexe V), ce qui soulève la question de la provenance des poussières qui impactent de façon nettement plus importante la station de Port Boisé.

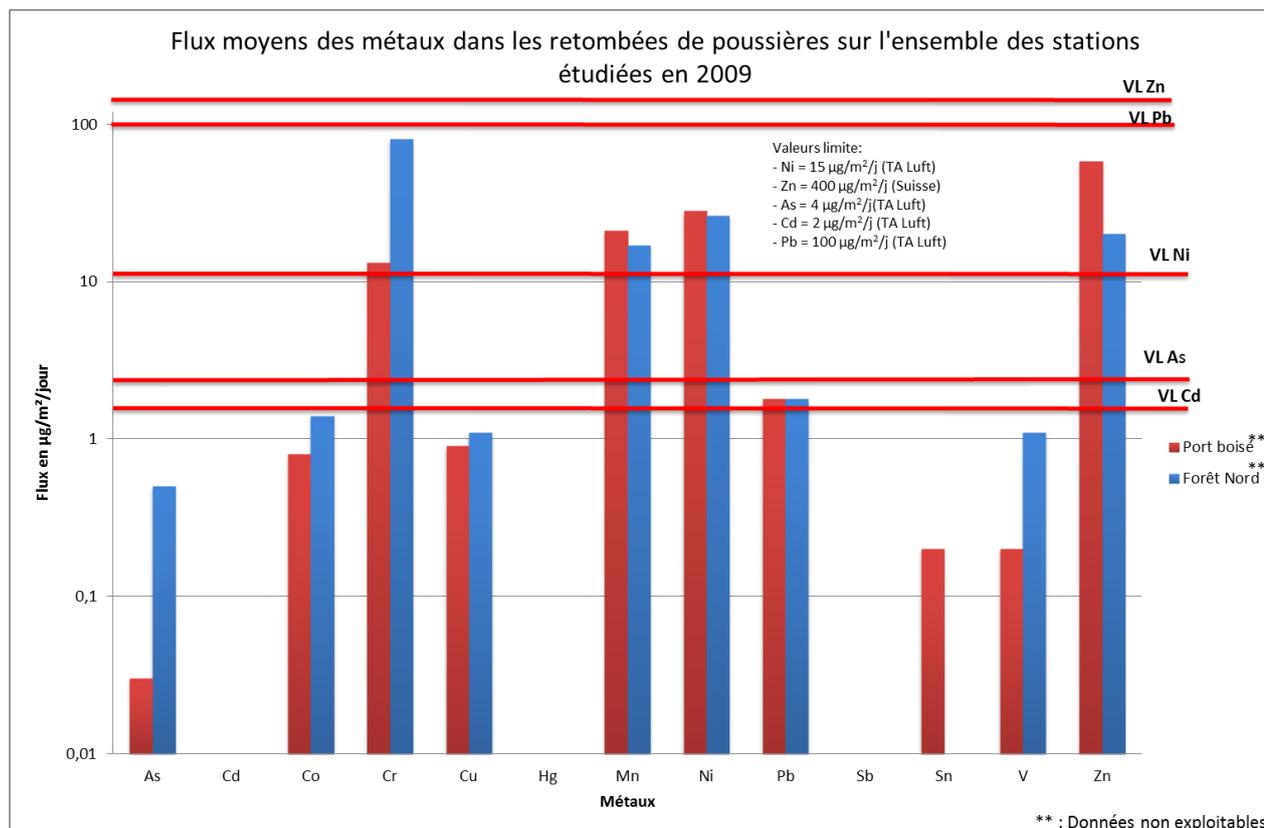
La proximité du CR10 (chemin rural) demeure une hypothèse pour la question du taux de poussières sur Port Boisé.

Par ailleurs, la présence d'un groupe électrogène peut expliquer en partie ces résultats. Pour autant, la proximité du chantier à la station Forêt Nord devrait impacter cette station de façon plus marquante du fait de son positionnement sous le vent des installations minières.

Une dernière piste de réflexion peut être liée à un phénomène climatique soulevé dans la bibliographie et qui est l'apparition d'un vent de poussières en provenance d'Australie en date du 25 septembre 2009. En effet, ce vent chargé venant du désert australien combiné à des conditions météorologiques propices à l'apport de poussières et défavorables à leur dispersion pourrait être à l'origine des fortes valeurs enregistrées sur Port Boisé, d'autant plus que seule cette station était en fonctionnement au moment de cet événement.

En comparaison avec les valeurs obtenues lors des campagnes des états de référence, la station Forêt Nord présente des résultats entre 5 (saison sèche) à 10 fois (saison humide) inférieurs, et ne dépassant pas les 20 mg/m²/j.

Pour la station Port Boisé, les valeurs de ce suivi 2009 se situent dans les mêmes gammes que celles mesurées lors des états de référence, à savoir 90 mg/m²/j contre 109 mg/m²/j en saison humide.



V : vanadium, Cr : chrome ; Mn : manganèse, Co: cobalt, Ni: nickel, Cu: cuivre, Zn: zinc; As: arsenic, Se: sélénium, Cd: Cadmium, Sn: étain, Sb : antimoine, Te :tellure, Pb : plomb, Hg : mercure

Figure 22 : flux moyens des métaux dans les retombées de poussières, représentés sur une échelle logarithmique base 10, sur l'ensemble des stations étudiées en 2009 - (source : Vale NC, 2008 à 2011).

Les concentrations des métaux contenus dans les retombées de poussières ne présentent pas de limite réglementaire. Les métaux prédominants sont le chrome (un maximum de concentration relevé à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour la station située à Forêt Nord), le manganèse (un maximum de concentration relevé à 21 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour la station située à Port Boisé), le nickel (un maximum de concentration relevé à 29 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour la station située à Port Boisé), le zinc (un maximum de concentration relevé à 58 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour la station située à Port Boisé) (Figure 22). Pour permettre une comparaison entre les différents polluants contenus dans les poussières, les valeurs limites des réglementations allemande (Ta Luft) et suisse sont utilisées. Les valeurs limites pour les polluants en possédant, sont présentées sur la Figure 22.

Le seul métal dont les concentrations dépassent la valeur cible pour la protection de la santé humaine préconisée par le TA Luft est le nickel sur les deux stations. En effet, la valeur limite est fixée à 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ alors que les concentrations relevées sont de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur la station Forêt Nord et 28 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur la station Port Boisé. Les ordres de grandeurs sont identiques sur les 2 stations.

Les valeurs les plus élevées sont mesurées pour le Cr sur la station Forêt Nord (à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) et le Zn sur la station Port Boisé (à 58 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$), sans pour autant que celle-ci ne dépasse notamment la valeur limite fixée à 400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ pour le Zn.

Les concentrations de l'As, du Cd dans les retombées de poussières sont inférieures aux valeurs du TA Luft. La concentration en Zn, quant à elle, est inférieure à la valeur limite suisse (400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$).

Les concentrations de tous les autres métaux dans les retombées de poussières, sont faibles ou inférieures aux limites de quantification analytique.

En comparaison des valeurs mesurées lors des campagnes des états de référence, les points suivants peuvent être notés :

- pour le Ni, les valeurs moyennes relevées pendant les états de référence sont, tout comme celle de l'année 2009, supérieures à la valeur limite de référence du Ta Luft (15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) avec 31 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (état de référence) et 26 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (suivi 2009) pour Forêt Nord, et 37 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (état de référence) et 28 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (suivi 2009) pour Port Boisé. Elles sont dans le même ordre de grandeur ;
- pour le Cr, les valeurs moyennes relevées pendant les états de référence sont inférieures aux valeurs mesurées en 2009 pour la station Forêt Nord (4.9 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ contre 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) et supérieures aux valeurs mesurées en 2009 pour la station Port Boisé (44 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ contre 13 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ à Port Boisé) ;
- pour le Zn, les valeurs moyennes relevées pendant les états de référence sont jusqu'à 15 fois supérieures aux valeurs du suivi 2009, soit 371 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (état de référence) contre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (suivi 2009) pour la station Forêt Nord et 563 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (état de référence) contre 58 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (suivi 2009) pour la station Port Boisé ;
- pour l'As, les valeurs moyennes relevées pendant les états de référence sont inférieures au suivi 2009 pour Forêt Nord (inférieure à la limite de quantification contre 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) et supérieures au suivi 2009 pour Port Boisé (0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ contre 0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) ;
- pour le Mn, les valeurs moyennes mesurées pendant les états de référence sont du même ordre de grandeur que celles mesurées pendant le suivi 2009 même si elles sont supérieures

(pour Port Boisé : $33 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ contre $23 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$; pour Forêt Nord : $23 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ contre $17 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) ;

- pour le Cu, les valeurs moyennes mesurées pendant les états de référence sont 8 à 10 fois supérieures à celles mesurées pendant le suivi 2009 ;
- pour le Pb, les valeurs moyennes mesurées pendant les états de référence sont 6 à 8 fois supérieures à celles mesurées pendant le suivi 2009 ;

La présence significative des métaux, dans les retombées de poussières ou dans les poussières en suspension, pourrait s'expliquer par une composition particulièrement riche du sol calédonien pour ces métaux, excepté pour le plomb qui n'est pas présent naturellement dans les sols calédoniens. Sa présence pourrait être plus logiquement liée au fonctionnement du site industriel et son usine de traitement au niveau de la pyrohydrolyse, de l'usine de chaux, la récupération du cobalt, la chaudière au fioul ainsi que la centrale électrique à charbon. Si l'on compare les valeurs obtenues pendant le suivi 2009 à celles obtenues pendant les états de référence, il apparaît difficile de mettre en avant une quelconque tendance car souvent les états de référence montrent des valeurs supérieures ou du même ordre de grandeur.

Chapitre VII - Suivi de l'eau de pluie

Comme il a été cité dans le chapitre précédent, un réseau de surveillance des polluants atmosphériques a été mis en place par Vale NC. Depuis 2004, les eaux de pluie sont aussi une thématique à surveiller. En effet, la qualité de ces dernières est étroitement liée à la qualité de l'air car elles se chargent des particules et polluants contenus dans l'air pour ensuite les précipiter au sol, impactant potentiellement de ce fait les sols, les cours d'eau, les populations et la végétation. Ce suivi de la qualité des eaux de pluie s'articule de la même manière que le suivi de la qualité de l'air. Il est sensé s'appuyer sur des études préliminaires appelées « Etats de référence », sur les arrêtés ICPE adoptés en 2004 et en 2008 ainsi que sur la Convention pour la conservation de la biodiversité C238-09 en 2009. Les deux arrêtés sont antérieurs aux suivis environnementaux. Les états de référence sont des études qui permettent de caractériser l'état initial du site d'implantation du complexe industriel et minier et de son environnement.

La Figure 23 présente la chronologie des aspects règlementaires et les suivis effectués.

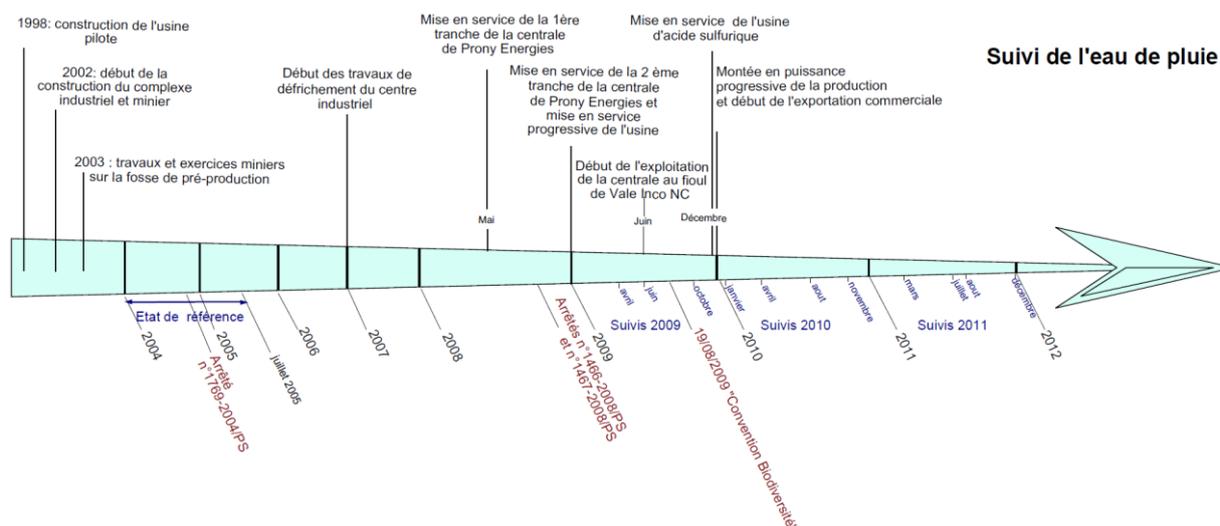


Figure 23 : chronologie des réglementations et des suivis concernant la qualité des eaux de pluie pour le projet de Vale NC sur le site de Goro, de 2004 à 2012 (Goro Nickel).

Les méthodes employées pour la réalisation des analyses de l'eau de pluie, l'instrumentation utilisée ainsi que les résultats obtenus seront analysés afin de faire émerger si possible une critique objective de la mise en œuvre de ces suivis.

VII.1. Documents et informations exploités

Le Tableau 30 ci-après liste toute la bibliographie qui a été utilisée pour traiter cette partie : « suivi de la qualité des eaux de pluie ». Une information plus complète sur la nature des données exploitées est présentée dans les tableaux dans l'Annexe III.

Tableau 30 : liste des documents disponibles exploités pour la thématique « eaux de pluie »

Titre	N°	Année	Auteur/Editeur	Information		Donnée numérique exploitée	
				Texte	Donnée numérique	Brute	Traitée
Rapport Etat de références des eaux de pluie	15	sept-05	Goro Nickel	✓	✓	✓	✓
Etude d'impact - Section A - Caractérisation de l'environnement - Chapitre 2: Environnement atmosphérique. Volume III - Etude d'impact.	26		Goro Nickel	✓	✓	✓	✓
Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées - parc à résidus miniers de la Kwé Ouest. Volume III - Etude d'impact. Section A - Partie 1	33		Goro Nickel	✓	✓	✓	✓
Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison humide	17		LBTP / Ginger/ Goro Nickel	✓	✓	✓	✓
Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie - campagne de mesures saison sèche	16		LBTP / Ginger/ Goro Nickel	✓	✓	✓	✓
Annexe III-C-2-2. Goro Nickel, plan de surveillance de la qualité de l'air et des eaux de pluie, avril 2007	37		Goro Nickel	✓			
Suivi environnemental. Rapport annuel 2008: Suivi de la qualité de l'air ambiant	1	mars-09	VALE NC	✓	✓		✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2009: Suivi de la qualité de l'air ambiant	2	févr-10	VALE NC	✓	✓	✓	✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2010: Suivi de la qualité de l'air ambiant	3	févr-11	VALE NC	✓	✓	✓	✓
Suivi environnemental premier semestre 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	4	août-11	VALE NC	✓	✓	✓	✓
Suivi environnemental Rapport annuel 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant	5	févr-11	VALE NC	✓	✓	✓	✓

A l'issue de cette analyse, et afin de présenter dans la suite du chapitre les résultats des états de référence et des suivis de la qualité des eaux de pluie, il apparaît que nous disposons dans la bibliographie des données suivantes :

Tableau 31 : description des données numériques utilisées dans la bibliographie pour les suivis de la qualité des eaux de pluie.

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
2005	Usine, Déversoir, Capture, Pépinière	données issues du suivi "état de référence" depuis 2002, sur les 4 stations, de façon plus ou moins continue	Sulfates, nitrates, chlorures, pH	traitée	a) moyennes mensuelles (sans écart-type) b) moyennes annuelles établies sur 18 valeurs (sans écart-type)	15
2008	Usine, Forêt Nord, village de Prony, Port Boisé, Base vie, Chutes de la Madeleine, Parc provincial de la Rivière Bleue	aucune campagne de mesure des eaux de pluie en 2008	Sulfates, nitrates, chlorures, pH			1
2009	Usine, Forêt Nord, village de Prony, Port Boisé, Base vie, Chutes de la Madeleine, Parc provincial de la Rivière Bleue	données issues du suivi de l'année 2009 (campagnes en avril, juin et octobre)	Sulfates, nitrates, chlorures, pH, phosphates, conductivité	traitée	a) calcul des moyennes (sans écart-type) par campagnes et par site. b) calcul de la moyenne issue de toutes les valeurs de l'année (3 campagnes-7 sites), nommée "moyenne annuelle"	2
2010	Usine, Forêt Nord, village de Prony, Port Boisé, Base vie, Chutes de la Madeleine, Parc provincial de la Rivière Bleue	données issues du suivi de l'année 2010 (campagnes en janvier, avril, août, novembre)	Sulfates, nitrates, chlorures, pH, phosphates, conductivité	traitée	a) calcul des moyennes (sans écart-type) par campagnes et par site. b) calcul de la moyenne issue de toutes les valeurs de l'année (3 campagnes-7 sites), nommée "moyenne annuelle"	3
2011	Forêt Nord, Base vie	données issues du suivi de l'année 2011 (campagnes en mars, juillet, août, décembre)	Sulfates, nitrates, chlorures, pH, phosphates, conductivité	traitée	a) calcul des moyennes (sans écart-type) par campagnes et par site. b) calcul de la moyenne issue de toutes les valeurs de l'année (3 campagnes-7 sites), nommée "moyenne annuelle"	5

VII.2. Règlementation

VII.2.1. Les arrêtés et la convention « Biodiversité »

Sept stations ont été préconisées par la province Sud afin d'opérer les suivis de la qualité des eaux de pluie dans la région du plateau de Goro. Deux arrêtés sont parus, l'un en 2004, l'autre en 2008. Les localisations de ces stations sont les mêmes pour les deux arrêtés. Les coordonnées géographiques sont répertoriées dans le Tableau 32 ci-dessous. La Convention pour la conservation de la biodiversité (annexe 6.1 pour l'indicateur Eaux de pluies) reprend l'intitulé des stations des arrêtés sans pour autant en préciser les coordonnées géographiques.

Tableau 32: localisation des stations de surveillance des eaux de pluies préconisées par les arrêtés 1769-2004/PS et 1466-2008/PS

Station	X_IGN72	Y_IGN72	Altitude (en m)
usine	696234	7528007	171
Village de Prony	687270	7530276	56
Base vie	695871	7530747	140
Port Boisé	701886	7527006	10
Foret Nord	696564	7530813	296
Chute de la Madeleine	691390	7540290	239
Parc Provincial de la Rivière Bleue	678630	7548950	180

Des mesures doivent être réalisées trimestriellement à partir du point de référence « zéro » établi préalablement à la mise en service des installations et avant le chantier de construction. Ces emplacements sont des propositions initiales et peuvent être soumises à des ajustements, ce qui leur adjoint un caractère non définitif. Ces emplacements servent de point de départ, pour aiguiller les emplacements des prochains suivis.

Comme pour le suivi de la qualité de l'air, une incohérence est relevée au niveau de la station de Port-Boisé conseillée dans les deux arrêtés. Après projection des coordonnées sur une carte, cette dernière se situe en plein milieu de la baie de Port-Boisé et non comme il est noté dans ledit document, à une altitude de 10 m, ce qui correspond plus à une position sur le littoral. Ceci est sûrement dû à une erreur de saisie lors de la rédaction des arrêtés.

Le but de ces suivis est de mesurer les concentrations des polluants agissant sur la qualité des eaux de pluie (conformément à l'arrêté n°1467-2008/PS du 9 octobre 2008). Pour cela les paramètres suivants sont demandés pour analyse :

- le pH ;
- la concentration en sulfates ;
- nitrates ;
- et chlorures.

La réglementation, par le biais de l'annexe 6.1 de la Convention pour la conservation de la biodiversité, précise le suivi de la qualité des eaux de pluies ainsi :

Tableau 33 : description synthétique du suivi des eaux de pluies préconisé dans la Convention pour la conservation de la biodiversité.

Normes - publication	Paramètres variables	Prélèvements	Echantillonnage - prétraitement
Aucune référence bibliographique disponible	Sulfates, nitrates, chlorures, pH	Méthode : NF T 90 008, NF EN ISO 5667-3, NF EN 25667-1, NF EN 25667-2, NF EN ISO 11885, NF EN ISO 10304-1	Technique d'échantillonnage selon la norme NF EN 25667-2
		Publication : trimestrielle	Collecteur des eaux de pluie
		Nombres de stations : 7 points	
		Fréquence : trimestrielle	

VII.3. Etat de référence

Dans le cas du suivi de la qualité des eaux de pluie, un état de référence a été établi, s'appuyant dans un premier temps sur quatre points de mesures qui ont été suivis plus ou moins régulièrement depuis 2002 sans pour autant constituer un suivi régulier. Ce n'est qu'à partir de 2004 qu'une fréquence mensuelle est établie (entre février 2004 et juillet 2005), sans pour autant que la bibliographie ne mentionne plus de détails à ce sujet. Cet état de référence est antérieur à l'arrêté publié en 2004, les stations qui y sont référencées ne correspondent pas aux stations préconisées par l'arrêté d'octobre 2004 (les mesures ont commencé bien plus tôt en janvier 2004 et se sont poursuivies jusqu'en juillet 2005). Pendant cette période, la fréquence des campagnes a été mensuelle. Il est dit dans la bibliographie (Goro Nickel, septembre 2005) que la campagne d'acquisition de données sur les sept points référencés dans l'arrêté de 2004 (suivi réglementaire) devait débuter en octobre 2005 et constituer le second volet des états de référence sur la qualité des eaux de pluies mais aucun résultat n'est disponible dans la bibliographie.

Tableau 34: localisation des stations de surveillance des eaux de pluie de l'état de référence (2002-2005)-(source : Vale NC) 2005).

Station	X_IGN72	Y_IGN72	Altitude (m)
Usine	696234	7528007	171
Déversoir	693469	7535238	250
La capture	686982	7535188	260
Pépinière	702418	7535749	300

Une incohérence a été relevée dans l'état de référence des eaux de pluie édité en septembre 2005 concernant la localisation de la station Usine. Il s'agit d'une erreur dans la coordonnée Nord.

L'objectif de cet état de référence est de décrire dans deux périmètres (éloigné et immédiat du site), la qualité des eaux de pluies avant toute activité de construction et d'exploitation. Les données récoltées doivent ainsi permettre, durant les suivis, de caractériser d'éventuelles perturbations liées aux activités du projet.

VII.4. Les suivis de 2008 à 2011

VII.4.1. Emplacement des stations de suivis

Les stations de suivis d'analyse de l'eau de pluie reprennent les sites choisis pour l'analyse de l'air, en y ajoutant deux stations situées au niveau des « Chutes de la Madeleine » ainsi qu'au niveau du « Parc de la Rivière Bleue ». Comme le montre le Tableau 35, un changement a été opéré entre 2008 et 2009. La station Usine qui était fixe, a été remplacée par une station mobile sur le Pic du grand Kaori.

Tableau 35: localisation des stations de suivis pour la qualité des eaux de pluie, de 2008 à 2011 - (source: Vale NC, 2008).

Emplacement	Abréviation	Coordonnées - IGN 72									Type de station	Distance au site industriel (km)
		2008			2009			2010-2011				
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z		
Usine	US	696234	7528007	171	-	-	-	-	-	-	Fixe	/
Forêt Nord	FN	696564	7530813	334	697384	7530750	334	697614	7530560	334	Fixe	1,6
Village de Prony (Belvédère)	PR	687270	7530276	153	686708	7530460	153	686862	7530460	153	Fixe	9,35
Port Boisé	PB	701886	7527006	43	702358	7528678	43	702826	7529080	43	Fixe	6,4
Base vie	BV	695871	7530747	181	696025	753079	181	696271	7531222	181	Fixe	2,4
Pic du Grand Kaori	PGK	-	-		695051	7534419	230	694919	7534950	230	Mobile	6
chute de la madeleine	CDLM	707683	7534140	239	691738	7540594	239	707683	7534140	239	Fixe	10,2
Parc provincial de la Rivière Bleue	PPRB	678630	7548950	180	678977	7549253	180	678630	7548950	180	Fixe	26

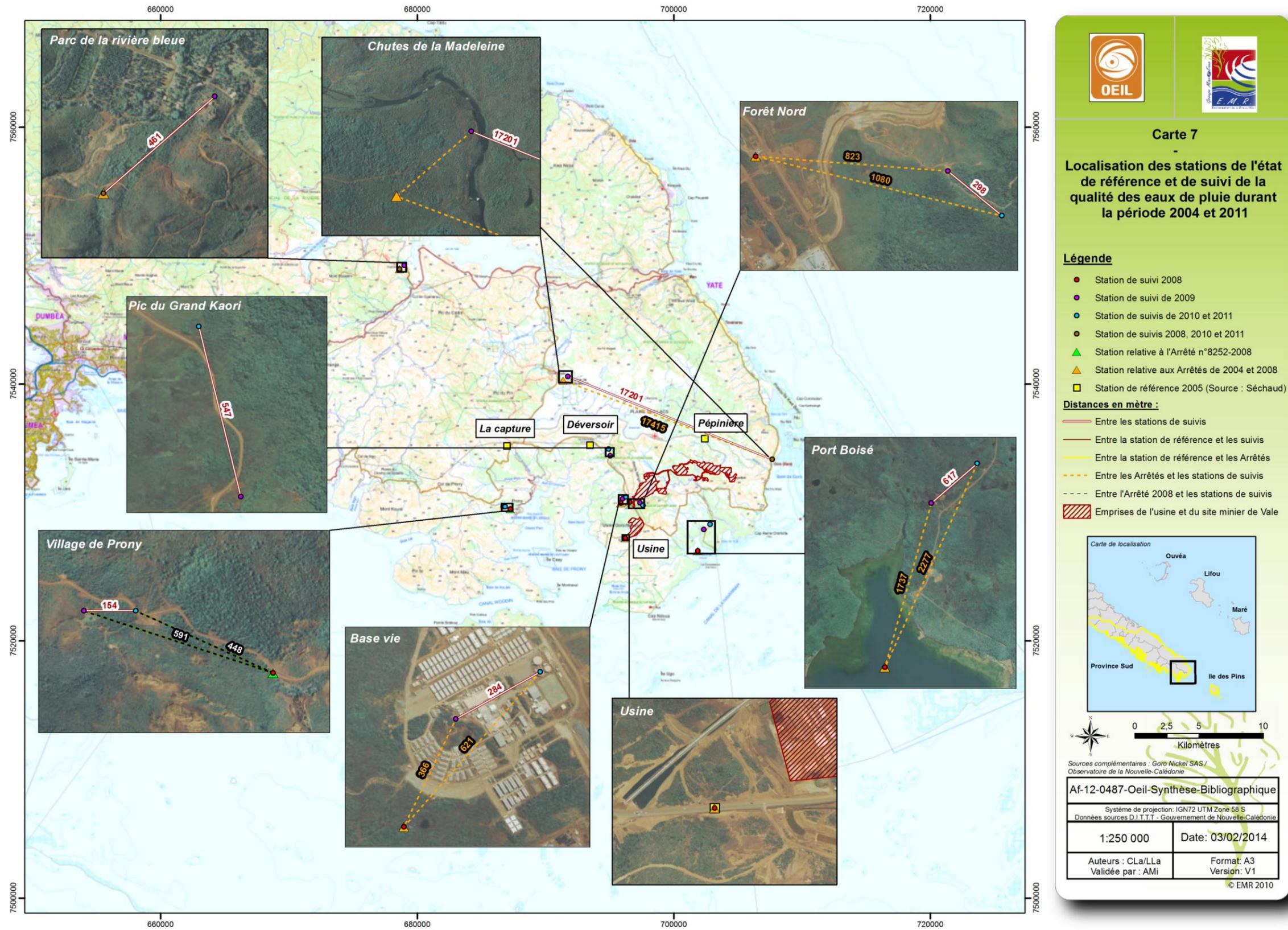


Figure 24: localisation des stations de l'état de référence et de suivi de la qualité des eaux de pluie durant la période 2004 - 2011

VII.5. Méthodes de référence et instrumentation

Le Tableau 36 est une synthèse des méthodes d'analyse utilisées pour effectuer les mesures des paramètres permettant d'établir la qualité des eaux de pluie pendant les états de référence et les suivis annuels. Seuls les nitrates et les chlorures font l'objet de deux méthodes de mesure différentes entre les études des Etats de référence et les suivis.

Tableau 36: paramètres et méthodes d'analyse des campagnes de mesures de la qualité des eaux de pluies- (source : Goro Nickel, Etat de référence 2005 et suivis 2008, 2009, 2010, 2011).

Paramètre	Méthodologie d'analyse	
	Etat de référence	Suivis / convention
Conservation et manipulation des échantillons	NF EN ISO 5667-3	NF EN ISO 5667-3
Etablissement des programmes d'échantillonnage	NF EN 25667-1	NF EN 25667-1
Techniques d'échantillonnage	NF EN 25667-2	NF EN 25667-2
Sulfates	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 11885
Nitrates	Méthode HACH 8192	NF EN ISO 10304-1
Chlorures	Méthode HACH 8113	NF EN ISO 10304-1
pH	NF T 90008	NF T 90008
Conductivité	/	/
Phosphates	/	/

En plus de ces paramètres, la conductivité et la mesure des phosphates sont suivis pour la qualité des eaux de pluies. Pour autant, ils n'apparaissent pas comme des paramètres réglementaires.

Les analyses sont effectuées sur un volume au minimum égal à 300 mL. Les échantillons sont récupérés une fois qu'un volume de pluie suffisant est accumulé dans le flacon, 7 jours maximum après les premières précipitations.

Le matériel utilisé pour la récupération des eaux de pluie est de fabrication artisanale mise au point par Vale NC et décrit ci-après.

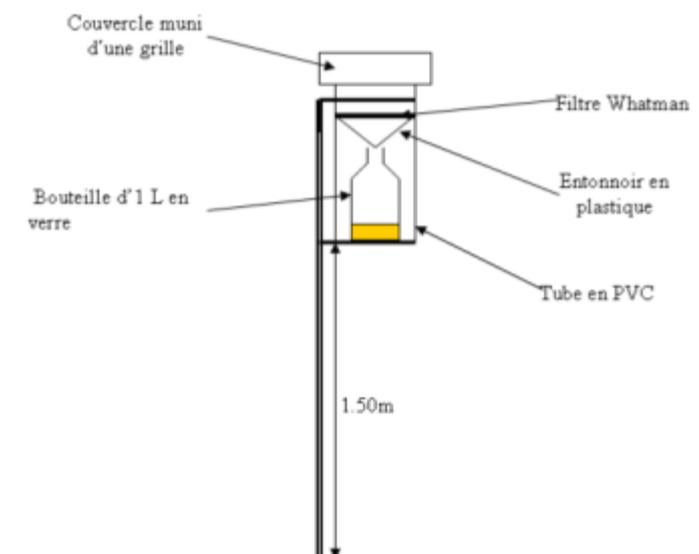


Figure 25 : dispositif d'échantillonnage de la qualité des eaux de pluies - (source : Suivis de la qualité de l'air et des eaux de pluies en 2009 Vale NC).

Les bouteilles d'échantillonnage, les entonnoirs et le filtre Whatman ont été décontaminés chimiquement pour être placés dans les tubes de PVC qui servent de support. Les échantillons sont prélevés 4 fois dans l'année (fréquence trimestrielle théorique) lorsqu'un volume de pluie a été suffisamment cumulé car les analyses nécessitent au minimum un volume de 300 mL pour réaliser les mesures. Les échantillons sont récupérés 7 jours après les premières précipitations observées. Il n'est pas précisé dans la bibliographie si les échantillons peuvent cumuler plusieurs épisodes pluvieux avant qu'ils ne soient collectés. Une fois collectés, les échantillons sont conservés dans une glacière afin d'être acheminés au laboratoire interne de Vale NC puis analysés selon les méthodes de références.

Un réseau de pluviomètres existe aussi sur et à proximité du site industriel et minier de Goro. Les installations sont suivies par Vale NC et les données sont récupérées par le service Environnement. De même, un certain nombre de pluviomètres positionnés dans la zone du Grand Sud est suivi par les services de la DAVAR et les données sont centralisées, traitées et mises en ligne sur Géorep, portail de l'information géographique en Nouvelle-Calédonie.

Il n'est fait aucune mention de l'existence de ces données pluviométriques dans la bibliographie, ni d'une quelconque utilisation.

VII.6. Résultats des états de référence

En terme de résultats issus des mesures réalisées pendant les états de référence, nous pouvons synthétiser les suivis assurés sur les 4 stations (Usine, Déversoir, Capture, Pépinière) ainsi :

Tableau 37 : moyennes, maxima et minima des concentrations dans les eaux de pluie en sulfates, nitrates, chlorures et pH sur les 4 stations suivies dans le cadre des états de référence entre janvier 2004 et juillet 2005 – (source : Vale NC, septembre 2005).

Sites de suivis		Sulfates	Nitrates	Chlorures	pH
		concentration en mg/L			
Usine	Moyenne	4,5	0,4	8,4	5,7
	Nombre de valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne	17	13	16	11
	Minimum	<4	<0,1	2,3	4,6
	Maximum	10	3,1	31,5	8,1
Déversoir	Moyenne	4,2	0,4	9,3	5,3
	Nombre de valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne	19	17	17	12
	Minimum	<4	<0,1	2,8	4,2
	Maximum	6,7	3,9	18,7	7,8
Capture	Moyenne	4	0,5	6,3	5,3
	Nombre de valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne	19	17	17	12
	Minimum	<4	<0,1	1,8	4,3
	Maximum	4,2	3,6	15,4	7,9
Pépinière	Moyenne	4,2	0,4	8	5,3
	Nombre de valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne	19	16	17	12
	Minimum	<4	<0,1	2	4,4
	Maximum	6,7	3,3	16,6	7,9

Les valeurs moyennes (calculées sans écart-type) sont définies à partir de 11 à 19 campagnes de mesures au maximum. Pour certains paramètres et sur un certain nombre de campagnes, il arrive que

l'on n'ait aucune valeur numérique (exemple pour le pH pour toutes les stations et sur toutes les campagnes entre janvier 2004 et juillet 2004 inclus). Ainsi, les moyennes calculées le sont sur les valeurs existantes mais ne sont pas forcément représentatives de la réalité.

Le seul document disponible pour les résultats de la qualité des eaux de pluie pendant l'état de référence ne fournit aucun détail de calcul des valeurs moyennes, aucune donnée brute, aucune analyse poussée des résultats, ce qui rend hasardeux une quelconque analyse saisonnière.

Pour le pH, les valeurs moyennes sont toutes égales à 5.3 (sauf usine 5.7). Le pH le plus acide est celui recensé en novembre 2004 sur toutes les stations avec une valeur minimale égale à 4.2 mesurée sur la station Déversoir.

Pour les sulfates, les concentrations moyennes sont homogènes et centrées autour de 4.2 mg SO_4^{2-} /L (max de 10 mg SO_4^{2-} /L et min < 4 mg SO_4^{2-} /L).

Pour les nitrates, les concentrations moyennes sont homogènes sur les 4 stations. Elles sont centrées autour de 0.4 mg NO_3^- /L. Les maxima se situent entre 3.1 et 3.9 mg NO_3^- /L (mars 2004).

Les chlorures affichent des concentrations moyennes assez homogènes et centrées autour de 8 mg Cl^- /L, ainsi que des valeurs maximales entre 15.4 et 18.7 mg Cl^- /L (novembre 2004).

Il n'existe aucune valeur de référence réglementaire pour la qualité des eaux de pluie et la bibliographie disponible de Vale NC n'indique pas où se situent ces valeurs mesurées pendant les études des états de référence. Pour autant, il est possible de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau de pluie avec des valeurs moyennes communément acceptées dans la bibliographie générale et basées sur l'analyse d'une eau dite de bonne qualité. Ainsi, le Tableau 38 présente quelques valeurs « repères ».

Tableau 38 : paramètres et valeurs moyennes permettant de définir la composition moyenne de l'eau de pluie (sources : <http://www.aquavalor.fr/>; www.aqualive.fr).

Paramètres	Valeur min. eau de pluie	Valeur max. eau de pluie	Valeur moyenne pour l'eau de pluie	normes françaises pour l'eau potable (arrêté du 11 janvier 2007)	Valeurs moyennes Etats de référence Vale NC (moyenne des 4 moyennes)
pH	6.3	8.01	7.23	6,5 à 9	5.4
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	36	190	90	180 à 1000	
Nitrates (mg/L de NO_3^{2-})	0.2	4.7	1,5	< 50	0.425
Chlorures (mg/L de Cl^-)	1	16.7	6,5	< 250	8
Sulfates (mg/L de SO_4^{2-})	<8	<8	<8	< 250	4.225

En ce qui concerne le pH, la moyenne calculée sur la base des 4 valeurs moyennes (pour les 4 stations et pour 18 mois de suivi) est plus basse que la valeur basse de la fourchette de valeurs moyennes définies pour qualifier les eaux de pluie. Ce qui caractérise une eau à caractère plutôt acide.

En ce qui concerne les nitrates, la moyenne calculée sur la base des 4 valeurs moyennes (pour les 4 stations et pour 18 mois de suivi) est inférieure à la concentration moyenne définie pour qualifier les eaux de pluie. Elle est toutefois supérieure à la valeur minimale acceptée.

En ce qui concerne les chlorures, la moyenne calculée sur la base des 4 valeurs moyennes (pour les 4 stations et pour 18 mois de suivi) est supérieure d'un facteur 1.2 environ à la concentration moyenne définie pour qualifier les eaux de pluie. Pour autant, l'ordre de grandeur des 2 valeurs comparées est proche. La valeur moyenne calculée sur la base des résultats issus de l'état de référence reste toutefois en dessous de la valeur maximale acceptée.

En ce qui concerne les sulfates, la moyenne calculée sur la base des 4 valeurs moyennes (pour les 4 stations et pour 18 mois de suivi) reste dans la gamme de la moyenne définie pour une eau de pluie de qualité, à savoir inférieure à 8 mg/L de SO₄²⁻.

VII.7. Résultats des suivis annuels

VII.7.1. Données exploitables pour les mesures de la qualité des eaux de pluie

Rappelons que les données ne sont considérées comme exploitables qu'à partir de 75 % de valeurs disponibles (Goro Nickel, 2005-2011). Ces données ne sont disponibles que sur les années 2009, 2010 et 2011. En 2008, il n'y a pas eu de campagne de prélèvement car les équipements étaient en cours d'installation.

De la même façon que pour les mesures de la qualité de l'air ambiant, la station du Pic du Grand Kaori n'apparaît jamais dans les résultats annuels. Aucune explication n'est fournie par Vale NC sur ce sujet et rien n'apparaît dans la bibliographie dont nous disposons.

En 2009, il y a eu, entre la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne (respectivement avril et juin), un changement de procédure d'échantillonnage. En effet, lors de la campagne d'avril, une couche de paraffine était déposée à l'intérieur des flacons de prélèvement pour éviter l'évaporation. Cependant, cette couche de paraffine semblait être source de contamination (influence sur les mesures de conductivité). C'est pourquoi, l'emploi de paraffine a été supprimé pour la campagne de juin. La bibliographie n'indique pas si des tests comparatifs ont été réalisés afin de valider cette hypothèse concernant l'usage de la paraffine et ses risques de contamination.

Tableau 39 : pourcentage des données disponibles pour les paramètres réglementaires des campagnes de surveillance des eaux de pluie de 2009 à 2011. En rouge les données non exploitables-(source : Vale NC 2008, 2009,2010 et 2011).

Année (nb de campagnes)	Stations	Sulfates (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Chlorures (mg/L)	pH
		données disponibles (%)			
2009 (3 campagnes)	FN	75	75	75	75
	PR	75	75	75	75
	PB	75	75	75	75
	BV	75	75	75	75
	US	75	75	75	75
	CDLM	75	75	75	75
	PPRB	75	75	75	75
2010 (4 campagnes)	FN	100	100	100	100
	PR	100	100	100	100
	PB	50	50	50	50
	BV	75	75	75	75
	US	75	75	75	75

75 % de données disponibles car il y a eu un changement de procédure entre la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne

Chute du dispositif et erreur de manipulation du laboratoire.

Erreur de manipulation du laboratoire

Année (nb de campagnes)	Stations	Sulfates (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Chlorures (mg/L)	pH
		données disponibles (%)			
2011 (2 campagnes le 1 ^{er} semestre)	CDLM	100	100	100	100
	PPRB	100	100	100	100
	FN	100	75	75	100
	PR	75	50	50	75
	PB	100	100	100	100
	BV	100	75	75	100
	US	100	100	100	100
	PPRB	100	100	100	100

1^{ère} campagne, erreur de laboratoire.
2^{ème} campagne, pas de validation suite à erreur en laboratoire

FN : Forêt Nord, PR : Village de Prony, PB : Port Boisé, BV : Base vie, US : Usine, CDLM : Chutes de la Madeleine, PPRB : Parc Provincial de la Rivière Bleue.. En rouge : Données non exploitables.

En 2009, le rapport de Vale NC montre 75 % de données disponibles. Ainsi les données de 2009 sont exploitables pour chaque station et pour chaque élément de mesure. Trois échantillons (en avril, juin et septembre) valides ont été obtenus sur les quatre attendus. De plus, un changement dans la méthode de récupération des échantillons a été observé entre les deux premières campagnes (comme expliqué auparavant, il y a eu disparition de la couche de paraffine).

En 2010, les quatre campagnes de mesures ont pu être menées correctement. Cependant, les pourcentages de données disponibles ne sont pas de 100 % sur BV et US (75%), dû à la destruction d'une partie des échantillons lors d'une erreur survenue en laboratoire. De même, les 50 % de données disponibles sur la station Port boisé sont dus à une erreur du laboratoire ainsi qu'à la chute du dispositif de collecte lors de la première campagne. De plus, suite aux analyses de blanc de terrain, Vale NC a constaté une contamination du flaconnage causée principalement par la phase de décontamination à l'acide nitrique 10 % des entonnoirs et flacons avant la première et dernière campagne.

En 2011, seules les mesures de nitrates et de chlorures pour la station de village de Prony ont des données disponibles égales à 50 % (donc non exploitables). Cela s'explique par la récupération de seulement deux échantillons sur les quatre attendus, ce qui équivaut à une perte de la moitié des données par le fait d'erreurs du laboratoire.

VII.7.2. Résultats issus du suivi de la qualité des eaux de pluie

Les données utilisées sont les valeurs moyennes établies par campagne et par site, sur 3 campagnes en 2009 (avril, juin et octobre), 4 campagnes en 2010 (janvier, avril, août et novembre) et 4 campagnes en 2011 (mars, juillet, août et décembre) sur les 7 stations du suivi et un échantillon de blanc.

Vale NC utilise aussi la moyenne dite « annuelle » établie comme étant la moyenne des moyennes de chaque campagne.

Les rapports issus des suivis annuels montrent que la station Pic du Grand Kaori a été systématiquement remplacée par la station Usine sans pour autant que cela soit expliqué par Vale NC.

VII.7.2.a. Conductivité

Description des résultats

La conductivité n'est pas un paramètre réglementaire mais elle est mesurée sur les échantillons prélevés et présentée dans les résultats des suivis de Vale NC.

La Figure 26 montre l'évolution de la conductivité sur l'ensemble des stations étudiées.

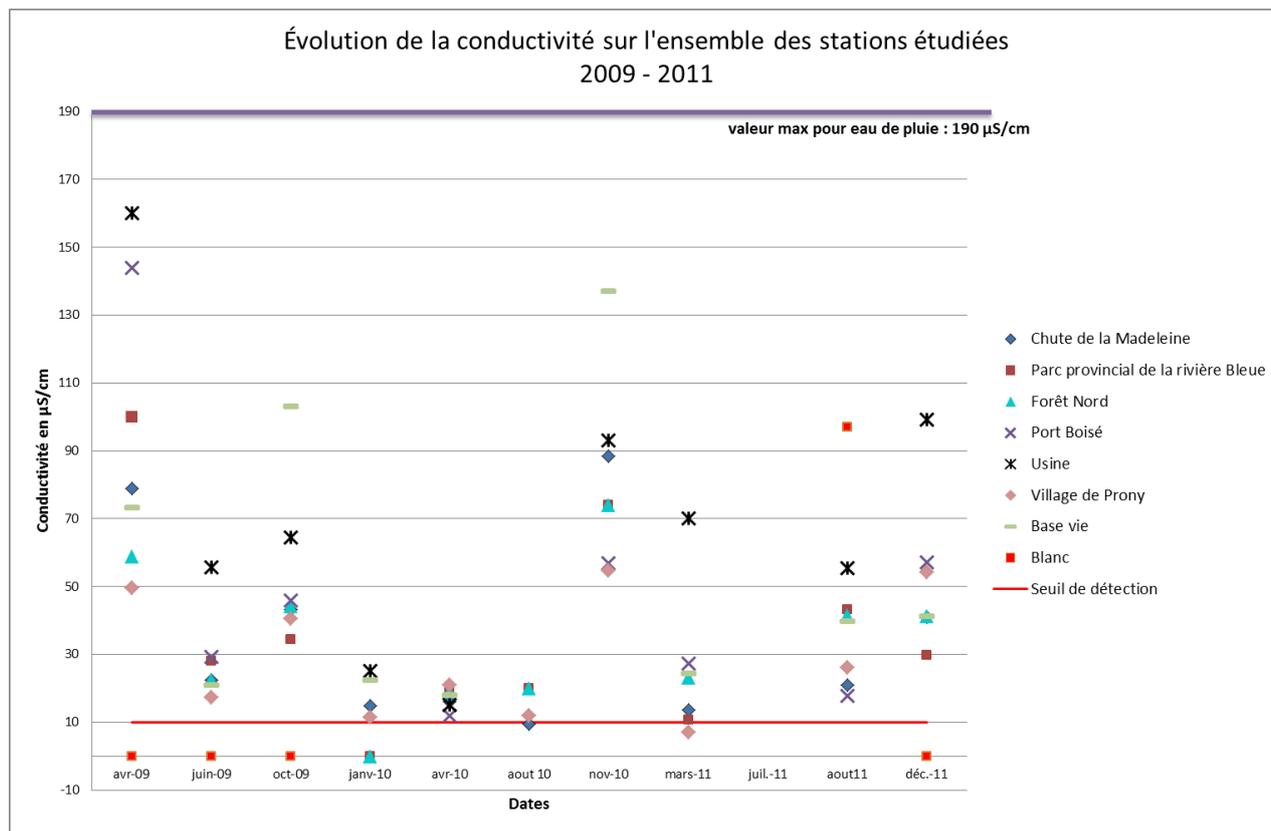


Figure 26 : évolution de la conductivité sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011 - (source: Vale NC, 2008 à 2011).

De façon générale, la conductivité sur l'ensemble des stations a une évolution marquée par quatre pics de valeurs maximales en avril (160 µS/cm à la station Usine) et octobre 2009 (64.5 µS/cm à la station Usine) ainsi qu'en novembre 2010 (93.1 µS/cm à la station Usine) et décembre 2011 (99.3 µS/cm à la station Usine). Sur ces quatre périodes, on retrouve le plus souvent les stations de l'Usine, de la Base vie et de Port-Boisé qui ont les conductivités les plus élevées. En avril 2009, la campagne de mesure donne des résultats pour la conductivité élevés pour toutes les stations, surtout pour la station Usine qui affiche la valeur la plus élevée (160 µS/cm) par rapport à des valeurs de conductivité moyennes rencontrées pour de l'eau de pluie qui évoluent aux environs des 90 µS/cm. Pour autant, ces valeurs ne dépassent pas la valeur haute de la conductivité pour une eau de pluie de bonne qualité qui peut aller jusqu'à 190 µS/cm. Il semblerait, selon Vale NC, que ces valeurs aient pu être influencées par la présence de paraffine dans la méthode de recueil des eaux. Le pic d'octobre 2009 peut-être lié à la mise en exploitation en juin de la centrale à fioul ainsi qu'à la remise en route de la centrale à charbon.

Les remarques de synthèse sont formulées ci-après :

- faible conductivité des eaux de pluie pour 5 campagnes de mesures (juin 2009, janvier, avril, août 2010, mars 2011 avec des moyennes toutes stations qui évoluent entre 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$, excepté sur la station Usine qui en juin 2009 et mars 2011 présente des valeurs respectives de 55.7 et 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- toutes les stations montrent des valeurs plus importantes de conductivité en avril 2009 (avec une large gamme de valeurs allant de 49.5 à 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et en novembre 2010 du fait d'une contamination des flacons utilisés pour la campagne ; la station Usine est celle qui présente le plus souvent les fortes valeurs de conductivité pour 6 campagnes de mesures sur 11, la station Base vie quant à elle présente lors de 2 campagnes sur les 11 réalisées les plus fortes valeurs de conductivité (octobre 2009 à 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et novembre 2010 à 137 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ;
- en janvier 2010, août 2010 et mars 2011, certaines stations (Forêt Nord et village de Prony) affichent des valeurs en dessous du seuil de détection. Les mois de janvier et août 2010 correspondent aussi aux périodes avec les plus petites moyennes de conductivité.

Evolution spatio-temporelle des concentrations moyennes par campagne et par site

Les stations éloignées du site industriel et minier, Chute de la Madeleine, Parc Provincial de la Rivière Bleue, village de Prony ont des valeurs de conductivité situées dans les valeurs basses ou médianes (en deçà du seuil de détection à 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ jusqu'à environ 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les stations proches du site industriel et minier, comme Usine, Base vie, Forêt Nord, présentent le plus souvent les valeurs hautes de conductivité (entre 40 et 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$) surtout pour la station Usine qui présente les valeurs les plus élevées sur 6 campagnes sur 11.

La station Port Boisé, qui est pourtant éloignée du site industriel et minier, a tendance à réagir comme les stations proches sauf pour les campagnes d'avril et novembre 2010 ainsi que août 2011 (17.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En août, on peut remarquer que l'ensemble des stations présente des valeurs relativement basses de conductivité (Usine à 55.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et que le blanc est à 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui montre que cette campagne est difficilement exploitable en terme de résultats avec une contamination du blanc aussi marquée.

En dehors de la campagne d'avril 2009 qui a été marquée par une contamination des échantillons (Vale NC, février 2010), il semblerait que la conductivité des eaux de pluie évolue dans la gamme des valeurs « normales » citées dans la bibliographie (Tableau 38), avec la moyenne la plus élevée en avril 2009 (95 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la moyenne la plus basse en janvier et août 2010 (15 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Dans le temps, il est difficile de noter une quelconque tendance d'évolution marquée de ce paramètre. Il ne semble pas se dessiner une évolution en lien avec la saisonnalité.

VII.7.2.b. Chlorures

Description des résultats

La Figure 27 ci-dessous montre les évolutions en chlorures sur l'ensemble des stations étudiées.

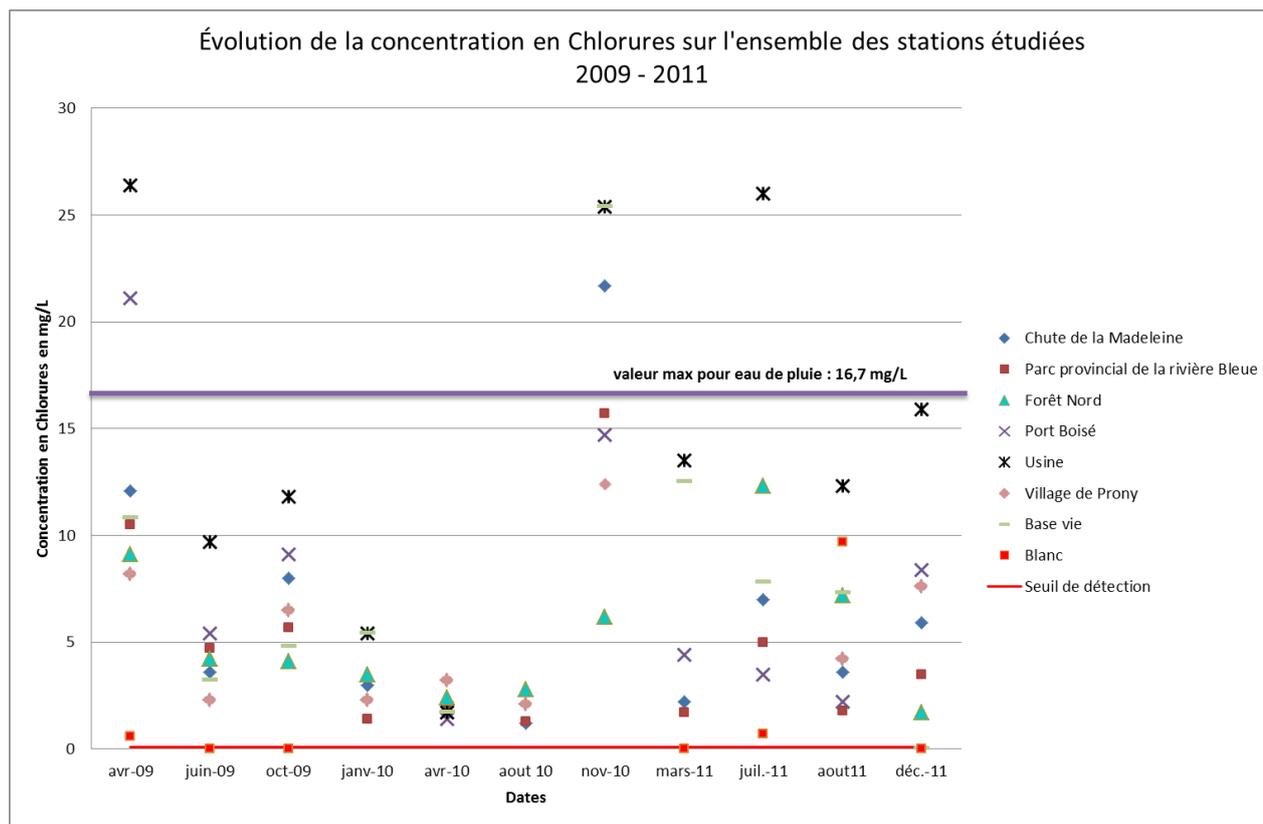


Figure 27: évolution de la concentration en chlorures sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011-(source: Vale NC, 2008 à 2011).

Pour les chlorures, les concentrations les plus élevées sont systématiquement rencontrées sur la station Usine, sauf en août 2010 où la mesure n'existe pas sur cette station. On retrouve, comme pour la conductivité, les 4 pics de concentration en avril et octobre 2009, novembre 2010, juillet 2011. Le mois de décembre 2011 présente également des valeurs relativement élevées mais qui ne dépassent toutefois pas le seuil de la valeur maximale défini pour une eau de pluie (16.7 mg/L).

Les moyennes basses de concentration en chlorures évoluent entre 2 mg/L et 7 mg/L, ce qui reste dans la gamme des valeurs moyennes rencontrées pour les eaux de pluie. Les valeurs hautes, quant à elles, évoluent entre 11 mg/L et 15 mg/L, ce qui est aussi conforme aux valeurs moyennes rencontrées pour les eaux de pluie. Donc, de façon générale, il est remarqué que les concentrations en chlorures mesurées au cours des suivis annuels sont équivalentes aux valeurs moyennes mesurées pour les eaux de pluie. Toutefois, le maximum de 16.7 mg/L est dépassé au cours de 3 campagnes (avril 2009, novembre 2010 et juillet 2011) pour la station Usine (3 dépassements), la station Port Boisé (1 dépassement), la station Base vie (1 dépassement) et la station Chute de la Madeleine (1 dépassement). La valeur élevée d'avril 2009 sur la station Usine pourrait être biaisée par la présence de paraffine dans le protocole, quant au pic de novembre 2010, il pourrait être expliqué par la contamination des flacons utilisés pour la campagne. En raison de l'absence de mesures de blanc sur certains paramètres comme les chlorures et les nitrates cette année-là, il est difficile d'énoncer les raisons de contaminations éventuelles.

Evolution spatio-temporelle des concentrations moyennes par campagne et par site

Les stations éloignées du site industriel et minier, Chute de la Madeleine, Parc Provincial de la Rivière Bleue, village de Prony ont des valeurs de concentrations en chlorures situées dans les valeurs basses ou médianes (entre 1.3 et 12.1 mg/L), excepté en novembre 2010 pour la station Chute de la Madeleine (21.7 mg/L) et Parc Provincial de la Rivière Bleue (15.7 mg/L).

Les stations proches du site industriel et minier, Usine et Base vie, présentent le plus souvent les valeurs hautes ou médianes de concentration en chlorures surtout pour la station Usine qui présente les valeurs les plus élevées sur 9 campagnes sur 10 (pas de valeur pour cette station en août 2010) avec un maximum à 26.4 mg/L.

La station Forêt Nord, malgré la proximité au site industriel et minier, se situe le plus souvent dans les valeurs basses ou médianes, avec un maximum relevé à 12.3 mg/L en juillet 2011.

La station Port Boisé, qui est pourtant éloignée du site industriel et minier, a tendance à réagir comme les stations proches sauf pour les campagnes d'avril 2010 ainsi que juillet et août 2011. En juillet et août, ce résultat peut éventuellement s'expliquer par le fait que la station peut se trouver sous l'influence des vents dominants (de secteur sud-sud-ouest) en provenance de l'usine.

En dehors de la campagne d'avril 2009 qui a été marquée par une contamination des échantillons, il semblerait que la concentration en chlorures des eaux de pluie évolue dans la gamme des valeurs « normales » citées dans la bibliographie (Tableau 38), avec la moyenne la plus élevée en avril 2009 et novembre 2010 (respectivement 14 et 15 mg/L) et la moyenne la plus basse en avril et août 2010 (2 mg/L).

Il est à noter que les résultats du blanc de la campagne d'août 2011 n'ont pas été validés par Vale NC à cause d'une possible défektivité de l'eau déminéralisée utilisée.

Dans le temps, il est difficile de noter une quelconque tendance d'évolution marquée de ce paramètre. Il pourrait être noté un possible lien avec la saisonnalité avec des concentrations plus élevées en saison sèche (octobre 2009, novembre 2010, juillet 2011 et décembre 2011). Toutefois, ceci n'est qu'une ébauche et devra être confirmé ou infirmé avec d'autres résultats, notamment ceux issus du suivi 2012.

VII.7.2.c. Nitrates

Description des résultats

La Figure 28 présente l'évolution des concentrations en nitrates sur l'ensemble des stations étudiées.

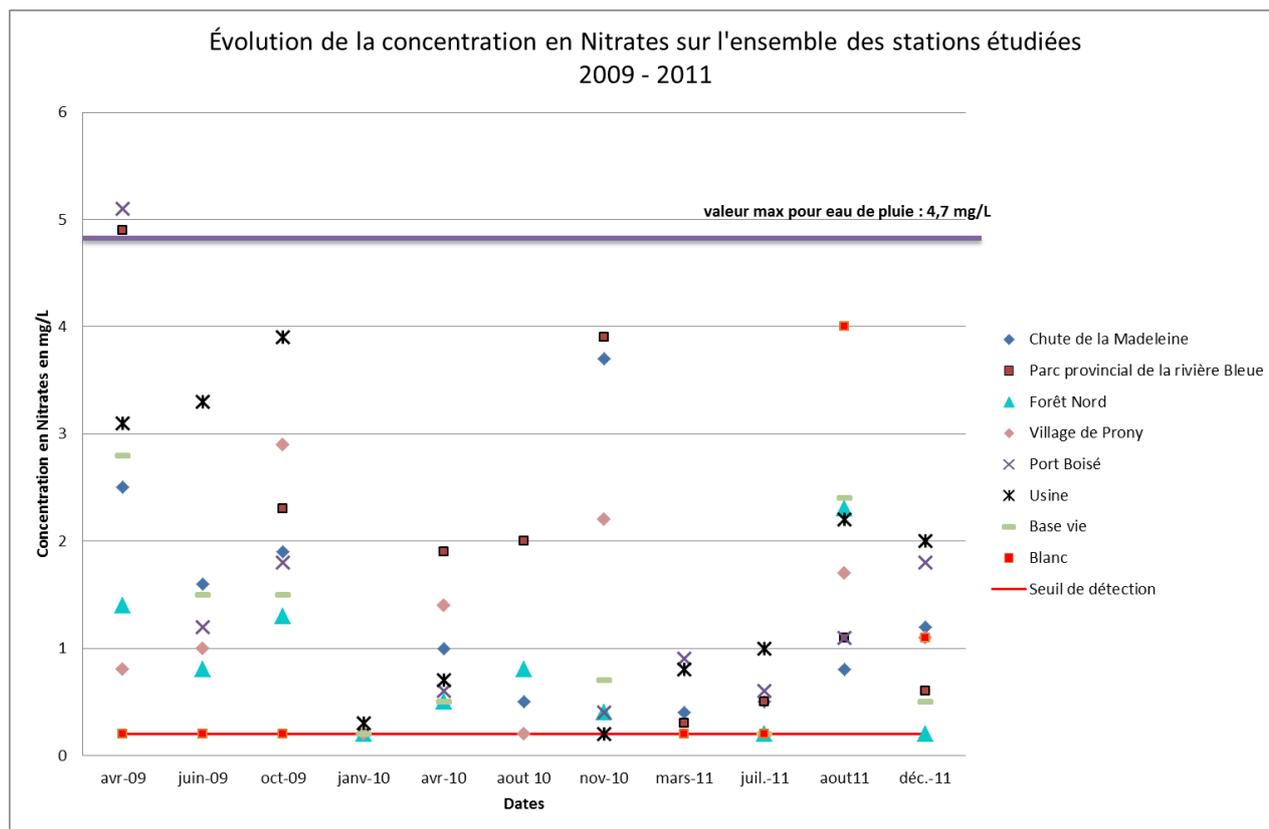


Figure 28: évolution de la concentration en nitrates sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011(source: Vale NC, 2008 à 2011).

Pour les nitrates, on retrouve de façon identique aux paramètres précédents les 4 pics d'avril et octobre 2009, novembre 2010 et décembre 2011. Il en apparait un supplémentaire en août 2011. Il est aussi à noter qu'en janvier et avril 2010, les valeurs de concentration en nitrates semblent faussées du fait de la contamination du flaconnage lors de la décontamination à l'acide nitrique.

Pour ce qui concerne les concentrations en nitrates, on remarque que les stations du Parc de la Rivière Bleue et de l'Usine sont celles qui présentent le plus souvent les valeurs les plus élevées (3.9 mg/L pour Usine en octobre 2009, 4.9 mg/L pour Parc Provincial de la Rivière Bleue en avril 2009). Ces valeurs restent cependant dans la gamme admise des maxima (4.7 mg/L) pour les nitrates dans les eaux de pluie. Les moyennes basses évoluent entre 0.05 mg/L et 0.9 mg/L ce qui est conforme à la valeur minimale pour les nitrates dans les eaux de pluie qui est égale à 0.2 mg/L.

Les rapports de Vale NC précisent qu'une contamination du flaconnage aux nitrates, lors de la campagne de novembre 2010, a fortement biaisé les échantillons les rendant inutilisables. Ils ne sont pas pris en compte dans la présente analyse.

En l'état actuel des mesures disponibles, il ne semble pas y avoir d'évolution remarquable dans le temps pour ce paramètre, hormis les pics de maxima déjà mentionnés.

Evolution spatio-temporelle des concentrations moyennes par campagne et par site

Les stations éloignées du site industriel et minier, Chute de la Madeleine, Parc Provincial de la Rivière Bleue, village de Prony ont des valeurs de concentrations en nitrates situées dans les valeurs hautes (particulièrement pour la station Parc Provincial de la Rivière Bleue (avec un maxima à 4.9 mg/L) excepté en mars et décembre 2011 ou médianes (excepté pour la station Chute de la Madeleine en août 2010, mars, juillet et août 2011). Ce constat est à l'inverse de ce qui a pu être remarqué pour les autres paramètres précédemment étudiés.

La station Usine, comme pour les autres paramètres précédemment étudiés, demeure l'une des stations qui présente les concentrations les plus élevées sauf en janvier, avril, novembre 2010 et mars 2011, campagnes au cours desquelles les concentrations en nitrates sont inférieures à 1 mg/L, ce qui est du même ordre de grandeur que la valeur moyenne acceptée pour les eaux de pluie (1.5 mg/L).

La station Base vie se situe le plus souvent dans les valeurs médianes ou basses, malgré sa proximité avec le site industriel, excepté en août 2011.

La station Forêt Nord, malgré la proximité au site industriel et minier, se situe le plus souvent dans les valeurs basses ou médianes, excepté en août 2011 avec un maximum relevé à 2.3 mg/L.

La station Port Boisé affiche des valeurs mesurées très hétérogènes qui peuvent se situer dans les gammes élevées (comme en avril 2009, mars et décembre 2011), dans les gammes basses (comme en avril 2010 et août 2011) ou dans les gammes médianes (comme en juin et octobre 2009 et juillet 2011).

En dehors de la campagne d'avril 2009 qui a été marquée par une contamination des échantillons, il semblerait que la concentration en nitrates des eaux de pluie évolue dans la gamme des valeurs « normales » citées dans la bibliographie (Tableau 38). La moyenne la plus élevée en avril 2009 (3 mg/L) est deux fois supérieure à la valeur moyenne en nitrates dans les eaux de pluie (1.5 mg/L) et la moyenne la plus basse (1 mg/L) est 5 fois supérieure à la valeur minimale en nitrates dans les eaux de pluie (0.2 mg/L) mais équivalente à la concentration moyenne en nitrates dans les eaux de pluie.

Dans le temps, il est difficile de noter une quelconque tendance d'évolution marquée de ce paramètre. Il ne semble pas se dessiner une quelconque évolution en lien avec la saisonnalité et donc la pluviométrie.

VII.7.2.d. Phosphates

Description des résultats

Comme pour le paramètre conductivité, celui-ci n'est pas un paramètre réglementaire mais il apparaît dans les rapports annuels de Vale NC.

La Figure 29 présente l'évolution des concentrations en phosphates pour l'ensemble des stations étudiées.

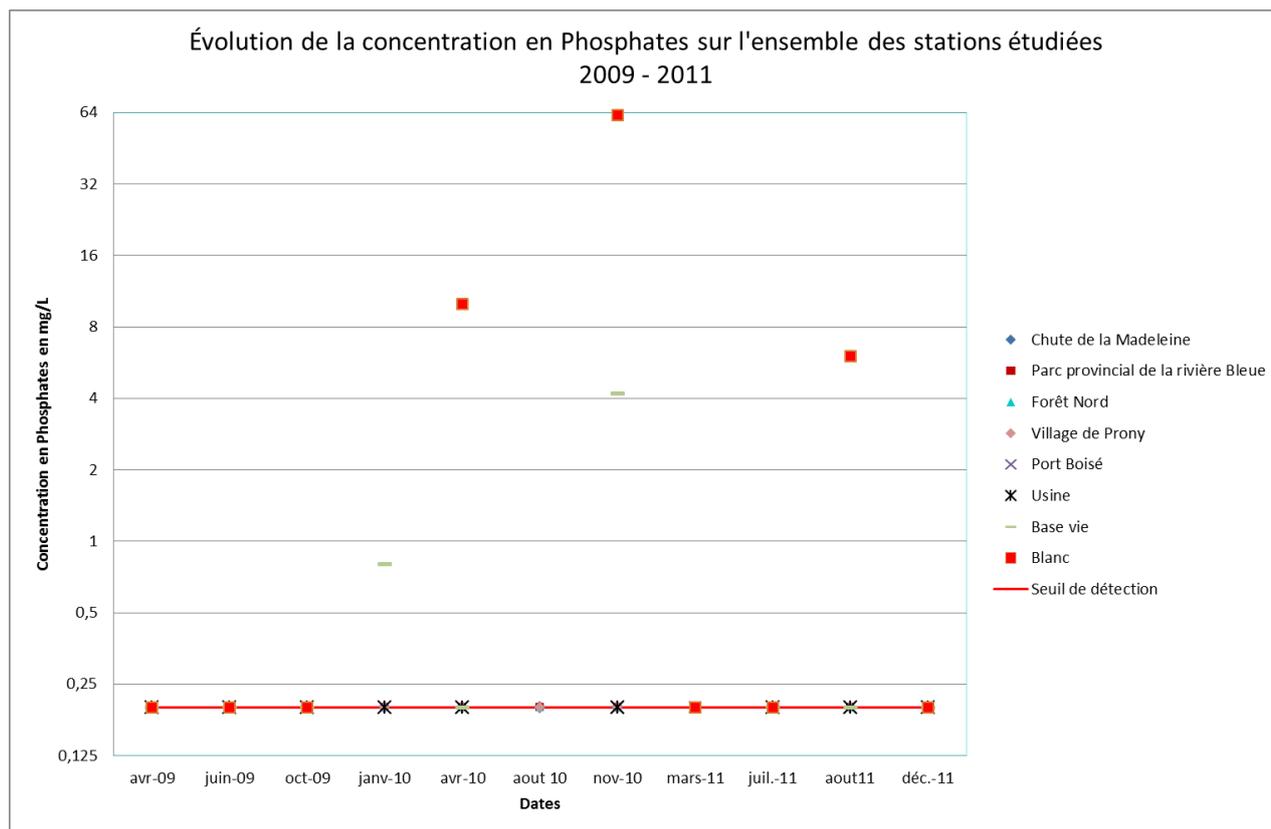


Figure 29 : évolution de la concentration en phosphates sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011-(source: Vale NC, 2008 à 2011). NB : l'échelle sur l'axe des ordonnées n'est pas linéaire.

En ce qui concerne les phosphates, la grande majorité des valeurs est inférieure à la limite de détection, soit 0.2 mg/L. Toutefois, seule la station de la Base vie affiche deux valeurs supérieures à cette limite pour les campagnes de janvier (à 0.8 mg/L) et novembre 2010 (à 4.2 mg/L). La valeur de novembre 2010 correspond au pic identifié auparavant pour les autres paramètres (nitrates, chlorures et conductivité) alors que celle de janvier 2012 ne correspond à aucun de ces pics.

Il n'existe aucune valeur de référence pour la concentration des phosphates dans une eau de pluie dite de qualité. Il est donc impossible de mettre ces résultats en regard de valeurs de « référence ». Ce qui apparaît comme anormal dans ces résultats sont les valeurs du blanc en avril et novembre 2010 et août 2011. Ainsi, la valeur de novembre 2010 pour la station Base vie est difficilement explicable compte tenu des résultats du blanc.

Evolution spatio-temporelle des concentrations moyennes par campagne et par site

Ce paragraphe est sans objet vu que la plupart des concentrations en phosphates pour 9 campagnes de mesures se situent en dessous du seuil de détection.

VII.7.2.e. Sulfates

Description des résultats

La Figure 30 présente l'évolution des concentrations en sulfates sur l'ensemble des stations étudiées.

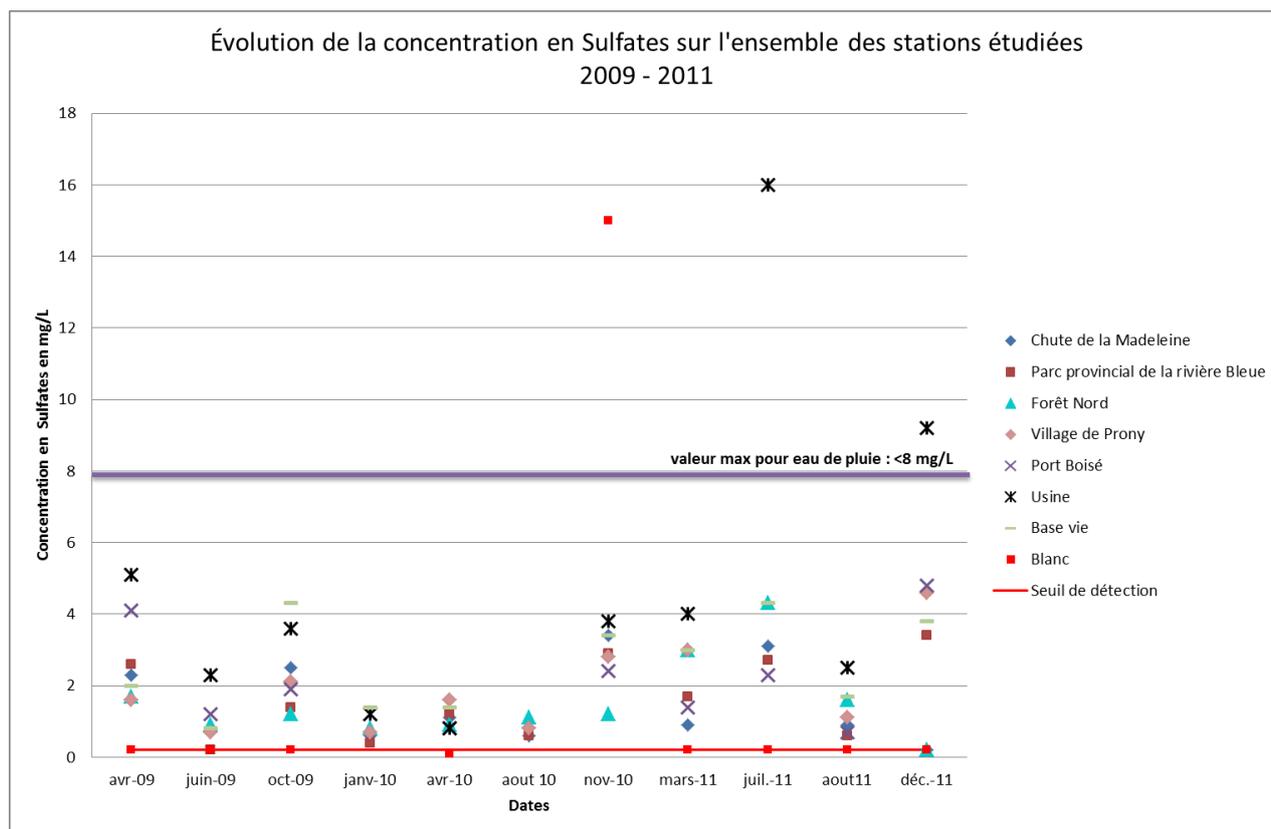


Figure 30 : évolution de la concentration en sulfates sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011-(source: Vale NC, 2008 à 2011).

Pour ce qui concerne le paramètre « sulfates », la très grande majorité des valeurs est supérieure à la limite de détection qui est à 0.5 mg/L.

On va retrouver les pics de maxima caractérisés sur les graphiques précédents (nitrates, chlorures, phosphates et conductivité), à savoir avril/octobre 2009, novembre 2010, juillet/décembre 2011.

Les moyennes basses de concentration des sulfates évoluent entre 0.8 mg/L et 1.3 mg/L tandis que les moyennes hautes se situent entre 2.5 mg/L et 5.5 mg/L. La très grande majorité des concentrations mesurées sur toutes les stations sont en dessous de la valeur moyenne et maximale de ce paramètre caractérisant une eau de pluie dite de qualité, soit <8 mg/L, excepté pour la station Usine en juillet et décembre 2011 (respectivement 16 et 9.2 mg/L).

Le pic de concentration maximale est retrouvé en juillet 2011 (environ 16 mg/L) pour la station de l'Usine. Cette dernière est d'ailleurs quasi systématiquement la station qui présente les concentrations les plus élevées sur toutes les campagnes de mesures.

Evolution spatio-temporelle des concentrations moyennes par campagne et par site

Les stations éloignées du site industriel et minier, Chute de la Madeleine, Parc Provincial de la Rivière Bleue, village de Prony ont des valeurs de concentrations en sulfates situées dans les valeurs basses ou

médianes, excepté pour Chute de la Madeleine en novembre 2010 (3.4 mg/L) et village de Prony en avril 2010 (1.6 mg/L, valeur la plus élevée pour cette campagne et l'ensemble des stations).

La station Usine, comme pour les autres paramètres précédemment étudiés, demeure l'une des stations qui présente les concentrations les plus élevées (16 mg/L en juillet 2011) sauf en avril 2010 (0.8 mg/L).

La station Base vie affiche un comportement difficilement analysable dans le sens où les valeurs mesurées peuvent se situer dans les gammes élevées (comme en octobre 2009, janvier, avril et novembre 2010 ainsi que juillet 2011), dans les gammes basses (comme en avril et juin 2009) ou dans les gammes médianes (comme en mars, août et décembre 2011).

La station Forêt Nord, malgré la proximité au site industriel et minier, se situe le plus souvent dans les valeurs basses ou médianes, excepté en août et juillet 2011 avec un maximum relevé à 4.3 mg/L.

La station Port Boisé se situe le plus souvent dans les valeurs basses ou médianes, excepté en avril 2009 et décembre 2011 avec un maximum relevé à 4.8 mg/L.

En dehors de la campagne d'avril 2009 qui a été marquée par une contamination des échantillons, il semblerait que la concentration en sulfates des eaux de pluie évolue dans la gamme des valeurs « normales » citées dans la bibliographie (Tableau 38). La moyenne la plus élevée en juillet 2011 (5 mg/L) est inférieure à la valeur moyenne en sulfates dans les eaux de pluie (< 8 mg/L) et la moyenne la plus basse (1 mg/L) est 8 fois inférieure à la valeur minimale en sulfates dans les eaux de pluie (< 8 mg/L).

Dans le temps, il est difficile de noter une quelconque tendance d'évolution marquée de ce paramètre. Il ne semble pas se dessiner une quelconque évolution en lien avec la saisonnalité et donc la pluviométrie.

VII.7.2.f. pH

Description des résultats

La Figure 31 montre l'évolution des mesures de pH sur l'ensemble des stations étudiées.

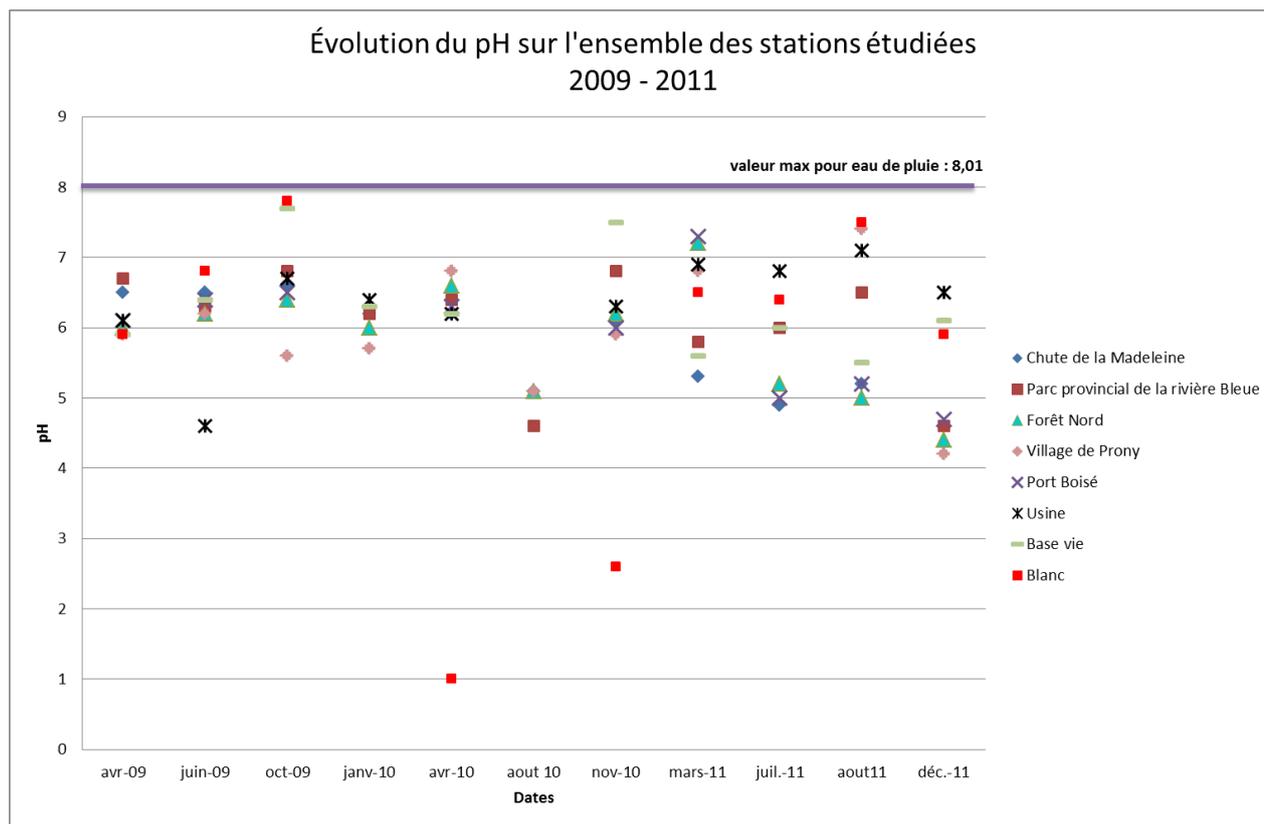


Figure 31 : évolution du pH sur l'ensemble des stations étudiées de 2009 à 2011 - (source: Vale NC, 2008 à 2011).

Les moyennes de pH évoluent entre un minima de 4.97 (août 2010) et un maxima à 6.6 (octobre 2009). Sur la campagne d'août 2010, on remarque que les stations de la Base vie, de l'Usine et de Port boisé n'ont pas été mesurées. Ce caractère « acide » des prélèvements ne provient donc que des stations des Chutes de la Madeleine, de village de Prony, de Forêt Nord et du Parc Provincial de la Rivière Bleue. On note le même type de valeur en décembre 2011 pour ces stations-là.

Dans l'ensemble, on remarque un caractère plutôt acide (toujours inférieur à 7) des eaux de pluie sur toutes les campagnes de mesures, ce qui est conforme aux valeurs moyennes de pH pour les eaux de pluie. Pour autant, les valeurs basses mesurées en août 2010 (4.6 à la station Parc Provincial de la Rivière Bleue et 5.1 sur les stations Chute de la Madeleine, Forêt Nord et village de Prony) sont inférieures à la valeur minimale de pH (6.31) pour les eaux de pluie.

Notons que les valeurs du blanc (réalisé avec de l'eau distillée) évoluent entre des valeurs basses (1 et 2.6) pour les campagnes d'avril et novembre 2010) et des valeurs hautes (7.8 et 7.5 pour les campagnes d'octobre 2009 et août 2011). Le pH du blanc est censé être dans des gammes de valeurs centrées autour de 5.4. Les seules valeurs de pH correctes pour le blanc sont relevées pendant les campagnes d'avril 2009 (5.9) et décembre 2011 (5.9).

Vus les résultats du blanc pour 7 campagnes d'analyses sur 11 (2 campagnes, janvier et août 2010, ne donnent aucun résultat pour le blanc), avec des valeurs aberrantes pour 2 d'entre elles, il apparaît difficilement possible de valider les valeurs de pH données dans les rapports de suivi mensuel de Vale NC.

Evolution spatio-temporelle des valeurs moyennes par campagne et par site

Il ne semble pas se démarquer une quelconque influence de l'éloignement au site industriel et minier en relation avec le caractère acide ou basique des eaux de pluie.

Toutefois, la station Forêt Nord, sous influence du site industriel, semble être la station qui présente le plus souvent des valeurs de pH basses (4.4 en décembre 2011) excepté en mars 2011 où le pH est mesuré à 7.2.

Les stations Base vie et Usine ne semblent pas répondre à une logique de proximité au site.

La station Parc Provincial de la Rivière Bleue, qui est une station éloignée du site industriel, affiche plutôt des valeurs neutres ou acides de pH, comprises la plupart du temps entre 6 et 7, excepté pour les campagnes d'août 2010 et décembre 2011 (4.6).

La station Chute de la Madeleine, elle aussi éloignée du site industriel, ne réagit pas exactement comme Parc Provincial de la Rivière Bleue, dans le sens où 6 campagnes sur 11 affichent des pH compris entre 6 et 7, et 5 campagnes sur 11 affichent des pH compris entre 4.4 et 5.3.

Enfin, la station Port Boisé, éloignée du site industriel, affiche des valeurs de pH qui évoluent entre 6 et 7.3, excepté pour les 3 campagnes de 2011 (5, 5.2 et 4.7).

De façon générale, il n'est pas possible de dégager une quelconque tendance d'évolution pour ce paramètre en lien avec le démarrage de l'usine d'acide en décembre 2009.

En comparant les valeurs moyennes calculées sur la base des résultats issus des suivis opérés par Vale NC à celles issues des études de l'état de référence, il apparaît les éléments suivants :

- la conductivité et les phosphates ne peuvent pas être comparés car ce sont des paramètres qui n'ont pas été suivis pendant les campagnes de l'état de référence ;
- le pH est systématiquement plus acide pour les échantillons prélevés pendant l'état de référence. Ainsi, il est difficile de valider une quelconque tendance d'évolution du pH pendant les suivis annuels et depuis la mise en fonctionnement du site industriel, et en particulier de l'usine d'acide, de Vale NC ;
- les nitrates sont systématiquement en concentrations plus élevées pendant les années du suivi que pendant les campagnes de l'état de référence. Pour autant, ces valeurs sont la plupart du temps en dessous de la valeur moyenne de « référence » établie pour une eau de pluie dite de qualité (1.5 mg/L), excepté pour 2 stations (Parc provincial de la Rivière Bleue avec 1.6 mg/L, et Usine avec 1.8 mg/L) ;
- les valeurs de chlorures issues des suivis annuels sont pour 4 stations (Chutes de la Madeleine, Parc provincial de la Rivière Bleue, Forêt nord et Base vie) en dessous de la valeur moyenne de « référence » établie pour une eau de pluie dite de qualité (6.5 mg/L), avec la valeur moyenne de la station Base vie proche de la valeur basse de « référence » (1.6 mg/L). Pour les 3 autres stations, les valeurs moyennes sont au dessus de la valeur moyenne de référence mais toujours en dessous de la valeur maximale admise (16.7 mg/L) : Village de Prony à 7.8 mg/L, Port boisé à 14.8 mg/L et Usine à 6.9 mg/L. Excepté pour la station Port boisé (14.8 mg/L), ces valeurs sont toujours inférieures à la valeur moyenne issue de l'état de référence, à savoir 8 mg/L ;
- pour les sulfates, les valeurs moyennes issues des suivis annuels sont systématiquement inférieures aux valeurs moyenne et maximale admises pour une eau de pluie de qualité (<8

mg/L) et quasi systématiquement, excepté pour la station Usine (4.9 mg/L), en dessous de la valeur moyenne issue de l'état de référence (4.225 mg/L).

Ainsi, il s'avère difficile d'émettre une quelconque hypothèse sur les impacts potentiels du projet industriel et minier au regard des résultats obtenus pendant les suivis et ceux obtenus pendant la période considérée comme un état de référence.

Pour autant, il est toutefois possible de remettre en cause la fiabilité de certains résultats présentés par Vale NC dans les rapports annuels, eu égard notamment aux incertitudes quand aux résultats des analyses réalisées sur les blancs d'échantillonnage.

Chapitre VIII - Suivi de la végétation

Comme nous l'avons vu dans le chapitre II.1.3.b. La flore, la Nouvelle-Calédonie possède de très nombreuses espèces végétales endémiques qu'il est important de protéger. Dans le périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC, parmi les espèces prioritaires en matière de protection environnementale, 4 sont classées en danger critique d'extinction par l'IUCN, 5 sont en danger d'extinction et 11 sont jugées vulnérables (Tableau 40).

Tableau 40 : espèces végétales rares affectées par la raffinerie et le centre industriel de la mine (source : Goro Nickel, Etude d'impact 2007).

Composante du projet	Espèce	Famille	Classement selon catégories UICN (1)			
			CR	EN	VU	LRcd
Site industriel	<i>Agathis lanceolata</i>				X	
	<i>Araucaria nemorosa</i>	Araucariaceae	X			
	<i>Chorizandra sp.</i>	Cyperaceae			X	
	<i>Cyclophyllum sp.</i>	Rubiaceae			X	
	<i>Dracophyllum cosmelloides</i>	Ericaceae			X	
	<i>Diospyros balansae</i>	Ebernaceae			X	
	<i>Kentiopsis pyriformis</i>	Palmae	X			
	<i>Medicosma laratii</i>	Rutaceae		X		
	<i>Oxera macrocalyx</i>	Lablatae			X	
	<i>Pandanus lacuum</i>	Pandanaceae		X		
	<i>Pittosporum muricatum</i>	Pittosporaceae		X		
	<i>Serianthes petitiiana</i>	Mimosaceae				X
	<i>Tristaniopsis reticulata</i>	Myrtaceae			X	
	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	Myrtaceae			X	
Centre de la mine	<i>Cunonia deplanchei</i>	Cunoeae			X	
	<i>Elaphantera baumannii</i>	Santalaceae			X	
	<i>Gmelina lignum-vitreum</i>	Lablatae	X			
	<i>Medicosma laratii</i>	Rutaceae		X		
	<i>Pandanus lacuum</i>	Pandanaceae		X		
	<i>Rauvolfia sevenetii</i>	Apocynaceae	X			
	<i>Tristaniopsis macphersonii</i>	Myrtaceae			X	

(1) Catégories UICN : CR = gravement menacé d'extinction, EN = menacé d'extinction, VU = vulnérable, LRcd = menace réduite au sein de la zone protégée, LR = faible risque.

Lors de la construction d'un projet de l'ampleur de celui de Vale NC, des impacts peuvent être engendrés sur les écosystèmes alentours. C'est notamment lors de la phase d'exploitation que les risques sont les plus importants pour les écosystèmes terrestres du fait des rejets atmosphériques du site industriel en lui-même, mais aussi du fait des facteurs connexes comme les déversements accidentels associés à l'emploi et au stockage de produits chimiques, l'augmentation de la présence humaine et l'augmentation des concentrations de poussières dans l'air relative à l'intensification du trafic routier dans cette région (Goro Nickel, Etude d'impact, 2007).

L'industriel Vale NC a mis en place depuis 2006 un suivi de la végétation dans la zone d'influence du projet industriel et minier.

La Figure 32 présente la chronologie de la mise en place, réglementaire et opérationnelle des suivis de la végétation.

Suivis de la végétation

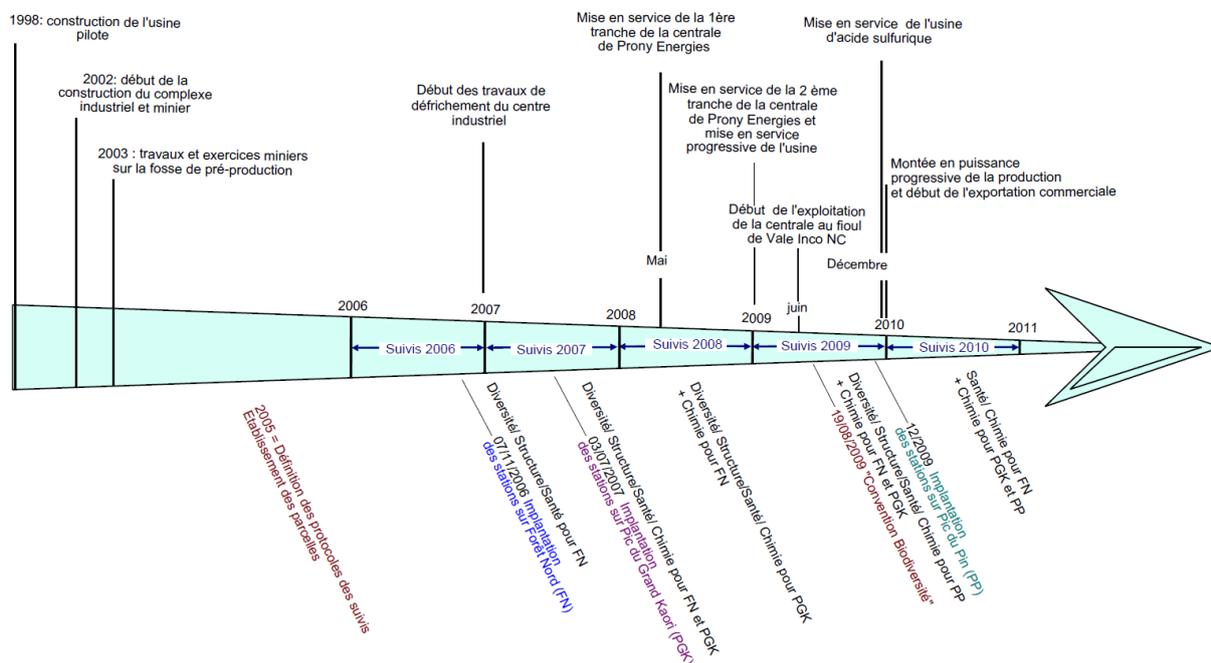


Figure 32 : présentation chronologique des suivis mis en place pour la végétation entre 2006 et 2011 – (source : Vale NC, août 2011 et février 2012).

VIII.1. Documents et informations exploités

Le Tableau 41 ci-après liste toute la bibliographie qui a été utilisée pour traiter cette partie : « suivi de la végétation ». Une information plus complète sur la nature des données exploitées est présentée dans les tableaux en Annexe III.

Tableau 41 : liste des documents disponibles exploités pour la thématique « végétation ».

Titre	N°	Année	Auteur/Editeur	Information			Donnée numérique exploitée	
				Texte	Donnée numérique	Autre (ex : cartographie)	Brute	Traitée
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	6	août-11	VALE NC	✓	✓	✓	∅	✓
Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales - période 2010	7	févr.-12	VALE NC	✓	✓	✓	∅	✓
Evaluation des causes du dépérissement des populations de Chêne gomme en aval de l'usine de Vale NC	8	juil.-12	VALE NC	✓	∅	∅	∅	∅
Guide des symptômes sévères associés au dioxyde de soufre sur la flore indigène du grand sud.	9	2011	VALE NC	✓	∅	✓	∅	∅

Titre	N°	Année	Auteur/Editeur	Information			Donnée numérique exploitée	
				Texte	Donnée numérique	Autre (ex : cartographie)	Brute	Traitée
Investigations sur la cause du dépérissement d'une formation végétale dominée par le chêne gomme en aval du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie - rapport d'étape.	11	oct.-11	VALE NC	✓	✓	✓	∅	✓
Investigations sur les facteurs en cause du dépérissement de la végétation dans la zone d'emprise de l'activité industrielle de Vale Nouvelle-Calédonie	10	janv.-12	Murdoch University/ VALE NC	✓	✓	✓	∅	✓
Présentation ppt faite au CA de l'OEIL	12	mars-12	VALE NC	✓		✓	∅	∅
Présentation de Vale au forum milieux terrestre 2012	13	juin-12	VALE NC	✓		✓	∅	∅

A l'issue de cette analyse, et afin de présenter dans la suite du chapitre les résultats des suivis de la végétation, il apparaît que nous disposons dans la bibliographie des données numériques suivantes (Tableau 42) :

Tableau 42 : données numériques disponibles pour le suivi de la végétation.

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
2006-2009	Forêt Nord, Pic du Grand Kaori, Pic du Pin	a) diversité floristique générale, par strate et par station	nombre d'espèces, nombre d'individus recensés par espèces, indice de biodiversité Shannon Weiner (H), indice d'équitabilité de répartition des espèces (EH)	traitée		6
		b) structure végétale des parcelles par strate et pas station	1) biomasse aérienne (nombre, hauteur, diamètre, volume)	traitée	moyenne et écart-type	
			2) mortalité des plantules	traitée	représentation graphique du nombre de plantules/placette de 1m ²	
		c) santé des parcelles	activité photosynthétique par fluorimétrie	traitée	représentation graphique de la moyenne (FV/FM) en fonction des années de suivi	
		d) caractéristiques chimiques du sol, des litières et des feuilles	litière: N, C, S, Ca, Mg, Na, K, P, Mn sol: N, C, S, Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Ti, Fe, Co, Cr, Ni, Al, Cu, Si, Zn feuilles: Ca, Mg, Na, K, P, Mn, S, N	traitée	moyenne et écart-type, analyse de variance (ANOVA)	
2010	Forêt Nord, Pic du Grand Kaori, Pic du Pin	a) diversité floristique générale, par strate et par station	nombre d'espèces, nombre d'individus recensés par espèces, indice de biodiversité Shannon Weiner (H), indice d'équitabilité de répartition des espèces (EH)	traitée		7
		b) structure végétale des parcelles par strate et pas station	1) biomasse aérienne (nombre, hauteur, diamètre, volume)	traitée	moyenne et écart-type	
			2) mortalité des plantules	traitée	représentation graphique du nombre de plantules/placette de 1m ²	
		c) santé des parcelles	activité photosynthétique par fluorimétrie	traitée	représentation graphique de la moyenne (FV/FM) en fonction des années de suivi	
		d) caractéristiques chimiques du sol, des litières et des feuilles	litière: N, C, S, Ca, Mg, Na, K, P, Mn sol: N, C, S, Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Ti, Fe, Co, Cr, Ni, Al, Cu, Si, Zn feuilles: Ca, Mg, Na, K, P, Mn, S, N	traitée	moyenne et écart-type, analyse de variance (ANOVA)	

Année	Stations	Description des données	Paramètres mesurés	Format	Type de traitement	N° de rapport source
2011	7 points par site impacté (de A1 à A7, de B1 à B7, de C1 à C7) + 7 points pour site témoin (proche Pic du Grand Kaori)	caractéristiques chimiques du sol, des litières, des feuilles et de l'écorce	sol: pH, conductivité, matière organique, N et N Kjeldahl, P, S, Cl, Na, Ca, Mg, pesticides, dioxines, furanes feuille: cendres, matière organique, C/N, N, P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu litière/écorce: cendres, matière organique, C/N, N, P, K, S, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu	traitée	teneur moyenne et écart-type	11
2012	site 1, site 2, site 3, site 4: pointe de l'Abattoir, site 5: Tour Télécom, site 6: station de traitement des eaux usées	a) observation des symptômes b) analyse chimique des feuilles	S et N	traitée	teneur moyenne et écart-type	10

VIII.2. Réglementation

Conformément aux arrêtés ICPE n° 1769-2004/PS et n°1467-2008 et la convention n°C.238-09 dite « Convention pour la conservation de la biodiversité » établie entre la Province Sud et Vale NC, l'industriel a mis en place des plans de suivi des milieux vivants et notamment de la flore, pour suivre les effets des émissions atmosphériques.

La Convention pour la conservation de la biodiversité précise dans son annexe 1, les plans de gestion figurant dans le dossier de demande d'autorisation d'exploiter une ICPE. Ces plans sont les suivants :

- plan de sauvegarde de la biodiversité terrestre ;
- plan de revégétalisation ;
- plan de surveillance de la faune et de la flore terrestre ;
- plan de réutilisation de la terre végétale dans l'emprise du projet ;
- plan préliminaire de maîtrise des espèces exogènes.

En complément, l'annexe 3 détaille les lignes directrices pour l'élaboration de la démarche pour la conservation de la biodiversité, qui s'entend à la fois biodiversité biologique et paysagère au sens de la Convention sur la diversité biologique de Rio (1992).

Dans ces lignes directrices, l'exploitant s'engage à prévenir l'extinction de toute espèce animale et végétale du fait de ses activités, ne pas compromettre par ses activités l'état de conservation favorable des espèces et des habitats naturels présents, de prévenir, minimiser et compenser les impacts directs, indirects et dérivés de ses activités, en particulier sur les écosystèmes.

A ces fins, la démarche de l'exploitant sera soutenue par la mise en œuvre de plans de suivi et de plans d'actions.

Il n'existe pas à proprement parler d'études permettant d'établir un état de référence pour l'état de santé de la végétation. Par contre, le suivi mis en place par l'industriel cible des stations implantées dans des formations forestières qui ont le statut de réserve faunistique et floristique provinciale et situées à proximité du site industriel de Vale NC. L'une d'entre elle (Pic du Pin) est suffisamment éloignée du site pour servir de station témoin.

Un suivi de la végétation est mis en place dès 2006. La méthode sur laquelle il se base est celle du Dr. F Murray, professeur à l'Université de Murdoch en Australie occidentale. Le protocole utilisé se base sur le risque d'exposition des arbres aux émissions atmosphériques induites par le site ainsi que l'absorption des polluants de l'air par les végétaux et leur accumulation au niveau des feuilles.

Les objectifs de ce protocole appliqué entre 2006 et 2010 sont de :

- déterminer tout changement dans la composition des espèces forestières ;
- déterminer tout changement dans la structure forestière ;
- déterminer tout changement de l'état de santé des végétaux.

Ces dates correspondent à la de la période de construction (2002-2008 et au début de la mise en service des installations (mai 2008).

A partir de 2010, les objectifs du protocole ont été affinés afin de s'occuper plus en particulier de la santé des végétaux situés dans les zones identifiées comme étant à risque potentiel de dépérissement de la végétation. Ces zones du nouveau suivi vont être situées à l'ouest et au nord-ouest du site industriel.

VIII.3. Suivi initial de 2006 à 2010

VIII.3.1. Emplacement des stations de suivi

Trois stations ont été choisies pour leur proximité au site de l'usine, leur position dans la zone dite « zone d'influence », leur richesse biologique ainsi que leur intérêt patrimonial (la notion de « *patrimonialité* » évoque une notion de *valeur intrinsèque* et un besoin de conservation, voire de gestion restauratoire). Ces stations sont :

- Forêt Nord située à 600 m de l'usine ;
- Pic du Grand Kaori située à 5 km du site industriel ;
- Pic du Pin qui lui est situé hors zone d'influence mais agira en tant que station témoin pour pouvoir comparer les résultats précédents.

Ces trois stations, localisées dans des formations forestières, sont positionnées dans une direction nord-ouest par rapport au site industriel et sont sous les vents en provenance du sud-est et à proximité du chemin rural afin de tenter d'évaluer l'effet des émissions générées par le trafic routier (Figure 33).

Pour évaluer l'apport des polluants atmosphériques et leur absorption, il est nécessaire d'analyser les concentrations en soufre, en azote et en métaux à différents niveaux :

- les feuilles des plantes ;
- la litière ;
- le sol.

Pour cela, dix parcelles permanentes ont été établies afin de suivre l'état de la flore :

- quatre sur Forêt Nord, installées à partir du 7 novembre 2006 ;
- quatre sur le Pic du Grand Kaori, installées à partir du 3 juillet 2007 ;
- deux sur le Pic du Pin, installées à partir de décembre 2009.

Elles sont placées en piedmont et en ligne de crête des réserves de Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori afin de détecter les effets potentiels des panaches d'émissions atmosphériques de l'usine dont la progression a été modélisée par la société Katestone (dans sa version 2007).

Tableau 43: localisation géographique et positionnement topographique des parcelles permanentes placées sur Forêt Nord (FN), le Pic du Grand Kaori (PGK) et le Pic du Pin (PP) - (source : Vale NC, aout 2011).

Nom de la parcelle	Position topographique	Altitude (m)	Type de sol	Type de forêt	Localisation IGN 72	
					Est	Nord
FN1	plaine	185	colluviale	forêt humide	696913	7529857
FN2	piedmont	243	colluviale/éboulis	forêt humide	697074	7530039
FN3	pente	287	éboulis	forêt humide à <i>Macaranga alc</i>	696979	7530409
FN4	plaine	179	éboulis	forêt humide à <i>Araucaria nem</i>	696726	7529511
PGK1	plaine	240	colluviale	forêt humide à <i>Arillastrum</i>	694956	7534216
PGK2	piedmont	250	colluviale/éboulis	forêt humide	694913	7534434
PGK3	pente	330	éboulis	forêt humide	695226	7534577
PGK4	crête	315	éboulis	forêt humide	695064	7534758
PP1	plaine	299	colluviale	forêt humide à <i>Nothofagus</i>	688460	7538653
PP2	piedmont	313	colluviale	forêt humide	688385	7539456

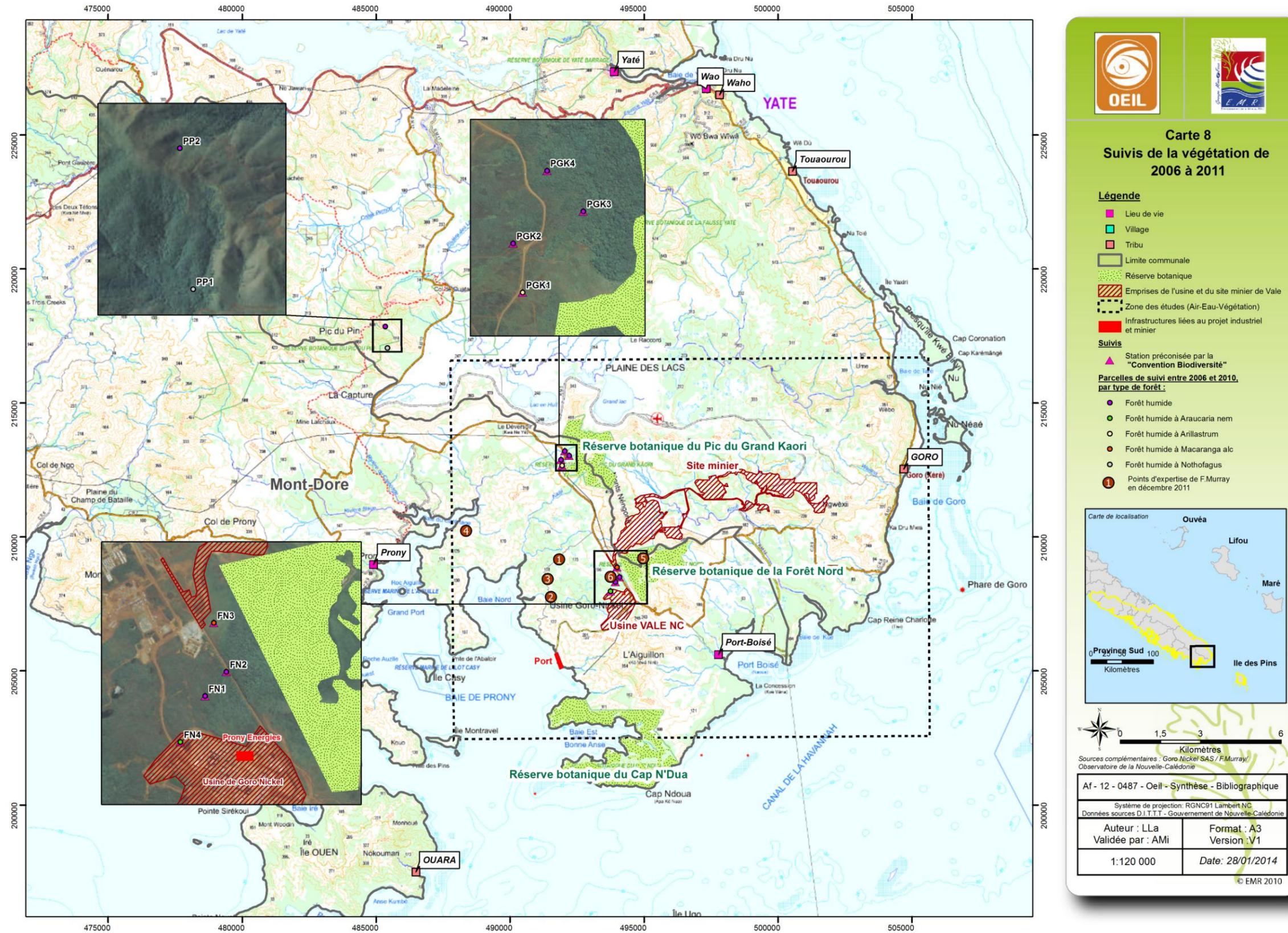


Figure 33: carte de localisation des parcelles de suivis de la végétation (source : Vale NC, août 2011 et Murray, janvier 2012)

VIII.3.2. Méthode : suivis de 2006 à 2009

Le dispositif et la réplification des parcelles de chaque station ont été établis selon le protocole de Frank Murray instauré en 2004 sur Forêt Nord. Ainsi, 4 parcelles de 400 m² ont été établies selon le placement type « croisé » avec le paramètre distance en Forêt Nord et Pic du Grand Kaori. Seulement 2 parcelles de 400 m² ont été installées dans la forêt témoin du Pic du Pin.

Toutes les plantes dans les parcelles et placettes sont étiquetées, mesurées et analysées de la manière décrite dans le tableau et le schéma ci-après (Tableau 44 et Figure 34).

Tableau 44 : organisation des parcelles et mesures sur les parcelles de végétation - (source : Vale NC, aout 2011) NA : non applicable.

Dispositif et nombre	Composition et diversité	Structure forestière	Santé	Sol, litière et feuilles pour analyse chimique	Couverture totale par station (excepté Pic du Pin)
Parcelle 400 m ² x 4	Identification des individus >10 cm (diamètre à hauteur de poitrine (d.b.h)) Nombre	Arbres	Prélèvement de feuilles pour mesure de fluorescence chlorophyllienne	Prélèvement de 10 échantillons de sol, 10 de litière, 8 de feuilles prélevées sur des individus de 5 espèces communes à la parcelle	1600 m ²
Placette 10 m ² x 6	Identification des individus > 1 m de hauteur et <10 cm (diamètre à hauteur de poitrine (d.b.h)) Nombre	Strate arbustive haute	Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes	NA	240 m ²
Placette 4 m ² x 8	Identification des individus de hauteur >20 cm ,< 1m Nombre	Strate arbustive basse	Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes	NA	128 m ²
Placette 1 m ² x 8	Identification des individus < 20 cm de hauteur Nombre	Strate herbacée	Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste ou plantule Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes	NA	32 m ²

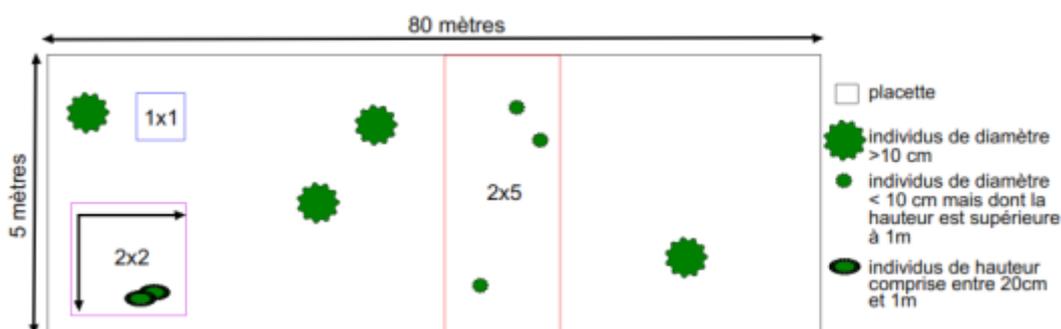


Figure 34 : schéma d'organisation des parcelles sur un site – (source : suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales -Vale NC, aout 2011).

Les plantes étiquetées plus haut sont identifiées puis saisies dans une base de données afin de générer un indice de diversité (l'indice de Shannon) afin de décrire la diversité taxonomique des formations forestières sur le site. Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu étudié et donc d'en observer l'évolution (Vale NC, aout 2011).

Pour cela, un certain nombre de mesures sont prises en compte :

- la hauteur des plantes sur les placettes de 1 et 4 m² à l'aide d'une règle graduée ;
- les diamètres des troncs pour les plantes supérieures à 1 m de hauteur sur les placettes de 10 m² à l'aide d'un pied à coulisse gradué en millimètres ;
- les diamètres (à hauteur de poitrine) des troncs supérieurs à 10 cm sur les placettes de 400 m² à l'aide d'un ruban gradué en centimètres.

Suite à cette quantification de la structure floristique des parcelles, un état des lieux de leur état de santé est mis en place. Deux méthodes sont utilisées :

- l'observation du feuillage (paramètres observés : maladies, malformations, attaques d'éléments pathogènes) : l'intégration de ces observations dans une base de données permet de les comparer avec les données des suivis annuels afin d'en estimer leur évolution ;
- la fluorescence. : cette méthode a été utilisée afin de mesurer le stress subit par la flore sur les stations Forêt Nord et Pic du Grand Kaori.

Ces mesures sont couplées à un comptage des individus pour évaluer la régénération des formations végétales.

Des mesures chimiques du sol, de la litière et des feuilles sont aussi réalisées :

- pour les feuilles, cinq espèces parmi des espèces communes aux zones de suivis (13 espèces pour Forêt Nord, 6 espèces pour Pic du Grand Kaori, 7 espèces pour Pic du Pin) ont été choisies pour y récolter huit échantillons de feuilles de maturité différente. *Pandanus balansae* et *Meryta coriacea* ont été retenues comme espèces indicatrices les plus communes de toutes les parcelles pour effectuer des comparaisons de chimie foliaire sur les 3 stations ;
- pour le sol et la litière, dix échantillons de 200 g de sol et de litières ont été prélevés de manière aléatoire à l'intérieur de chaque parcelle mais à l'extérieur des placettes.

Les paramètres analysés sont les suivants :

- pour la litière : azote (N), carbone (C), soufre (S), calcium (Ca), magnésium (Mg), sodium (Na), potassium (K), tous en pourcentages, et phosphore (P) et manganèse (Mn) en ppm (partie par million) ;
- pour le sol : pH, N, C, S, Ca, Mg, Na, K, Ti, Fe, Co, Cr, Mn, Ni, Al, Cu, P, Si, Zn ;
- pour les feuilles : Ca, Mg, Na, K, P, Mn, S, N.

Les analyses chimiques (selon la norme européenne ISO 9001) ont été confiées à l'IRD de Nouméa par le biais d'une convention, mais à défaut de compétences locales et d'équipements adaptés, les travaux d'analyses ont été externalisés (Sénégal, Guyane française). Cela a donc engendré des délais très longs (plus d'un an) pour récupérer les résultats, et ce au moins jusqu'en 2009. Ce défaut a été corrigé à partir

de 2010 grâce à la mise en place de nouvelles techniques développées par l'IRD de Nouméa, réduisant à 3 mois le délai pour l'obtention des résultats.

Ces mesures ont pour but d'identifier d'éventuelles augmentations annuelles de conductivité, de concentrations en azote, en soufre et en métaux liées aux émissions atmosphériques de l'usine ou encore de la centrale électrique à charbon de Prony Energies.

Ces suivis de parcelle s'effectuent de manière annuelle depuis 2007 et non plus semestriellement comme il était préconisé dans le protocole établi selon les recommandations de F. Murray (en 2004) et souhaité initialement par les autorités compétentes. En effet, le retour d'expérience a montré que l'identification et la mesure physique des individus et de l'activité photosynthétique des 4 parcelles de Forêt Nord ont requis l'intervention d'une équipe de 4 personnes à temps plein pendant 1 mois. Avec des conditions météorologiques favorables.. Cette modification a été décidée d'un commun accord avec les autorités, en raison notamment des conditions météorologiques particulières du site en lien avec la pluviométrie relativement élevée.

Toutes les données recueillies lors des étapes décrites précédemment (analyse de structure avec le nombre d'arbres, d'espèces et les diamètres / hauteurs des individus, les données de fluorimétrie permettant de contrôler l'état de santé de la flore ainsi que les analyses chimiques réalisées sur les feuilles, le sol et la litières sur divers points dans les parcelles), ont permis de constituer une base de données de référence complète permettant un suivi de la santé de la flore par rapport à une possible pollution de l'air et des pluies. La méthodologie globale ainsi que le nombre de mesures et d'échantillons prélevés lors suivis de 2006 à 2009 est synthétisée dans le Tableau 45 ci-dessous.

Tableau 45 : synthèse des éléments méthodologiques (mesures et prélèvements) des suivis réalisés entre 2006 et 2009 – (source : Vale NC, août 2011).

Stations Mesures et analyses	FN1	FN2	FN3	FN4	réalisa tion	PGK 1	PGK 2	PGK 3	PGK 4	réalisa tion	PP1	PP2	réalisat ion
Nombre de mesures d'activité chlorophyllienne	571	278	211	519	2006	294	302	337	190	2007	NC	NC	NC
Nombre d'échantillons de sols prélevés (200g)	10	10	10	10	2007- 2009	10	10	10	10	2007- 2009	10	10	NC
Nombre d'éléments analysés (sol)	23	23	23	23	2007- 2009	23	23	23	23	2007- 2009	23	23	NC
Nombre d'échantillons de litière prélevée (200g)	10	10	10	10	2007- 2009	10	10	10	10	2007- 2009	10	10	NC
Nombre d'éléments analysés (litière)	9	9	9	9	2007- 2009	9	9	9	9	2007- 2009	9	9	NC
Nombre d'espèces prélevées pour analyse foliaire	5	5	5	5	2007- 2009	5	4	4	4	2007- 2009	NC	NC	NC
Nombre d'échantillons de feuilles prélevées (500g)	40	40	40	40	2007- 2009	40	40	40	40	2007- 2009	40	40	NC
Nombre d'éléments analysés (pour les espèces communes)	8	8	8	8	2007- 2009	8	8	8	8	2007- 2009	NC	NC	NC

FN1, FN2, FN3, FN4 : parcelles n°1, 2, 3 et 4 de la station Forêt Nord ; PGK1, PGK2, PGK3, PGK4 : parcelles n°1, 2, 3 et 4 de la station Pic du Grand Kaori ; PP1, PP2 : parcelles n°1 et 2 de la station Pic du Pin.

VIII.3.3. Méthode : suivis de 2010

A partir de 2010, la méthodologie mise en place par F. Murray a été remaniée principalement pour l'optimisation de l'effort d'échantillonnage et des fréquences de suivi en lien avec le faible dynamisme de croissance des forêts humides sur latérites. Les points essentiels de cette optimisation sont listés ci-après :

- une mesure de la structure des parcelles tous les cinq ans au lieu d'un suivi annuel ;
- un comptage annuel des plantes étiquetées afin de constater la mortalité ;
- les mesures de fluorimétrie seront limitées au nombre moyen de plantes par placette sur les deux plus petites surfaces (1 et 4 m²). Cela a pour but de réduire le temps passé sur ce type de mesures (Tableau 46) ;
- l'échantillonnage du sol, de la litière (10 échantillons de 100 g) et des feuilles devra s'effectuer annuellement à la même période que les mesures et ne comptera plus que cinq échantillons, puis, à partir de 2010, ces échantillonnages seront étendus au-delà des parcelles et sur des espèces spécifiques dont les taux d'azote (N) et de soufre (S) sont élevés par rapport aux données précédentes et dont les symptômes du dépérissement sont visibles ;
- des mesures de pH des sols devront être effectuées ;
- en 2010, la station témoin devra être abandonnée ;
- en 2010, des mesures de luminosité au sol seront mise en place sur les parcelles de Forêt Nord pour mettre en évidence les changements de la canopée.

Tableau 46 : proposition de réduction du nombre de plantes analysées par fluorimétrie sur chaque placette à partir de 2012 - (source : Vale NC, février 2012).

Nombre individus		FN4	FN1	FN2	FN3	PGK1	PGK2	PGK4	PGK3
1 x 1 m	moyenne	13	22	7	2	11	11	15	6
	max	20	37	11	6	21	19	22	12
	% réduction	66	60	67	35	52	56	69	51
2 x 2 m	moyenne	31	34	23	5	14	15	9	18
	max	79	58	42	12	31	35	21	49
	% réduction	39	59	56	39	46	42	42	37

L'année 2010 est très importante car elle est caractérisée par des tests et la mise en marche de nombreuses installations comme l'usine de production d'acide et la centrale électrique de Prony, parmi les plus polluantes sur le site. Les suivis précédents de la végétation ont permis de comparer les données et de voir s'il y a eu une évolution depuis la mise en route de ces unités, malheureusement, les suivis pour cette année 2010 ont été moins importants en nombre de campagnes du fait des intempéries qui ont sévi (le cyclone Vania) durant les périodes habituelles pendant lesquelles étaient programmées ces campagnes. En effet, les intempéries, les réparations des dégâts occasionnés par la dépression n'ont pas permis de réaliser de prélèvements de litière, sol et de feuilles sur les parcelles du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin jusqu'en avril 2011 (cette station n'a pas été abandonnée comme initialement préconisé par Murray)

Malgré tout, les données récoltées ont permis de donner une bonne indication sur l'état de santé de la flore sur Forêt Nord et de bonnes indications sur la chimie des trois réserves forestières. De même, elles

ont permis de mieux connaître l'évolution des milieux et l'impact sur la végétation des différents éléments chimiques générés par le fonctionnement de l'usine tels que le SO₂, le NO₂.

La campagne de mesures des parcelles permanentes de 2010 a débuté en octobre 2010 à Forêt Nord, puis en janvier 2011 pour le Pic du Grand Kaori puis en avril 2011 pour le Pic du Pin.

Tableau 47 : nombre de mesures, de prélèvements et d'analyses chimiques réalisés pour la campagne de suivi concernant la période octobre 2010 à mai 2011 - (source: Vale NC, février 2012).

Stations	FN1	FN2	FN3	FN4	PGK 1	PGK 2	PGK 3	PGK 4	PP1	PP2
Mesures et analyses										
Nombre de mesures d'activité chlorophyllienne	361	180	184	407	Vania + réparations + mise en place d'une étude sur le dépérissement des Chênes Gomme= pas de mesures					
Nombre d'échantillons de sols prélevés (100g)	10	10		10	10	10	10	10	10	10
Nombre d'éléments analysés (sol)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Nombre d'échantillons de litière prélevée (100g)	40	40		40	40	40	40	40	40	40
Nombre d'éléments analysés (litière)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Nombre d'espèces prélevées pour analyse foliaire	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
Nombre d'échantillons de feuilles prélevées (500g)	40	40		40	40	40	40	40	40	40
Nombre d'éléments analysés (ech. feuilles)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Les mesures d'activité chlorophyllienne n'ont pas pu être faites sur les plantes des parcelles à Pic du Grand Kaori en janvier 2011 à cause des intempéries et le passage du cyclone Vania. Les prélèvements de litière, de sol et de feuilles sur les parcelles permanentes du Pic du grand Kaori et Pic du Pin jusqu'en avril 2011 ont été suspendus en raison de la réparation de la pépinière et à la mise en place d'une étude sur le dépérissement des chênes gommés localisés en aval des installations industrielles par le personnel de Vale NC. (Vale NC, février 2012).

VIII.4. Résultats des suivis de 2006 à 2010

VIII.4.1. Inventaire floristique

Les mesures effectuées sur les stations de Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori montrent des formations très diversifiées (1692 individus pour 274 espèces de plantes pour la station Forêt Nord et 1418 individus pour 380 espèces de plantes pour le Pic du Grand Kaori, Vale NC, aout 2011) avec une régénération naturelle importante, traduite par un nombre important d'individus < 10 cm (dbh¹⁴) (Vale NC, 2011).

Le Pic du Grand Kaori (Annexe VI) :

¹⁴ diameter at breast height : diamètre à hauteur de poitrine, soit environ 1,30 mètres.
EMR Ra-13-0706-février 2014

Cette formation de 58 ha est intégrée dans la réserve spéciale botanique des Monts Oungoné (307 ha classés par l'arrêté 72-396 CG du 17/08/1972) et se caractérise par différents aspects :

- elle contient plus d'espèces floristiques que celle de la Forêt Nord (nombre total d'espèces recensées : 380 pour Pic du Grand Kaori contre 274 pour Forêt Nord) et notamment dans la strate d'arbres dont les diamètres sont compris entre 1 et 10 cm (186 espèces au Pic du Grand Kaori contre 144 espèces à Forêt Nord) ;
- la variabilité en termes de nombre d'individus et de nombre d'espèces est moins apparente selon l'altitude sur cette station que pour Forêt Nord ;
- la strate arbustive de cette station comporte un plus grand nombre d'espèces que les autres strates répertoriées sur cette station ;
- le profil des arbres (hauteur, diamètre et volume de la biomasse aérienne) est le même pour toutes les parcelles du Pic du Grand Kaori ;
- les principales essences caractéristiques de cette formation sont par ordre de représentativité : *Codia jaffrei* (Cunoniaceae), *Archidendropsis granulosa* (Mimosaceae), *Sparattosyce dioica* (Moraceae), *Myodocarpus fraxinifolius* (Araliaceae), *Nothofagus aequilateralis* (Nothofagaceae), *Planchonella endlicheri* (Sapotaceae), *Gastrolepia austrocaledonica* (Stemonuraceae), *Hibbertia lucens* (Dilleneaceae), *Flindersia fourneri* (Flindersiaceae), *Garcinia balansae* (Clusiaceae), *Pleurocalyptus pancheri* (Myrtaceae), *Guettarda eximia* (Rubiaceae) et *Deplanchea speciosa* (Bignoniaceae) (Vale NC, aout 2011). Aucune de ces espèces n'est répertoriée par l'UICN.

Forêt Nord (Annexe VI) :

Cette formation, dont la surface est estimée à 179 ha, est en partie incluse dans la réserve spéciale botanique de la Forêt Nord (280 ha classés par l'arrêté 72-396 CG du 17/08/1972) et se caractérise par différents aspects :

- les études floristiques montrent que les parcelles FN1 et FN4, se trouvant le long de la route communale et en zone colluviale¹⁵, hors du périmètre de réserve, contiennent plus d'espèces et d'individus que les parcelles FN2 et FN3 situées en piedmont¹⁶ ;
- la strate arbustive de cette station comporte un plus grand nombre d'espèces que les autres strates répertoriées ;
- le nombre d'espèces, d'individus et leur diversité est plus élevé sur les zones de sédiments en bas des montagnes que sur les parcelles situées plus en altitude sur des zones d'éboulis ;
- la hauteur de végétation est semblable entre les parcelles pour les strates inférieures à 10 cm (dbh) ;
- le diamètre et le volume de la biomasse sont semblables pour les classes de végétation comprises entre 1 et 10 cm (dbh) ;
- l'espèce *Macaranga alchorneoides* (Euphorbiaceae), présente en grand nombre sur la parcelle FN2, participe à une simplification de la végétation. Les autres principales espèces présentes sur ce territoire sont l'*Archidendropsis granulosa* (Mimosaceae), *Sparattosyce dioica* (Moraceae), *Codia jaffrei* (Cunoniaceae), *Planchonella endlicheri* (Sapotaceae), *Calophyllum caledonicum* (Clusiaceae), *Dysoxylum dzmanece* (Meliaceae), *Schefflera gabriellae* (Araliaceae), *Planchonella wakere* (Sapotaceae), *Garcinia neglecta* et *G. Balansae* (Clusiaceae), *Myodocarpus fraxinifolius*

¹⁵ Zone de dépôt de bas du versant d'une colline ou d'une montagne, relativement fin et plutôt angulaire dont les éléments désagrégés, à la différence des alluvions, ont subi un faible transport.

¹⁶ Bande, plus ou moins large, de plaines ou de collines, localisée au pied d'un volume montagneux.

(Araliaceae) et *Xylopia vieillardii* (Annonaceae) (Vale NC, août 2011). Aucune de ces espèces n'est répertoriée par l'UICN.

Les inventaires floristiques ont montré que les parcelles du Pic du grand Kaori n'ont pas la même diversité selon l'altitude que celle qui est observée à Forêt-Nord mais elles possèdent le même nombre d'individus et la même diversité d'espèces (Vale NC, août 2011).

Aucune information n'est transmise dans la bibliographie de Vale NC au sujet de la station témoin Pic du Pin.

VIII.4.2. Définition de l'état de santé par mesure de l'activité photosynthétique de 2006 à 2010

Les mesures ponctuelles de l'activité photosynthétique avec le PEA-mètre des plantes en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori indiquent que les systèmes photosynthétiques des plantes de T0 et T1 (années de suivi entre 2006 et 2007 ou entre 2007 et 2008) opèrent de manière optimale (entre 0,78 et 0,82), ce qui indique des plantes en bonne santé. Cette tendance de bonne santé photosynthétique se reflète non seulement au niveau des différentes strates, mais aussi au niveau de la composition floristique.

Cette bonne santé des individus sur les stations de Forêt nord et Pic du Grand Kaori est toutefois modérée avec une exception en 2007 montrant une baisse du nombre de plantules sur deux stations (FN1 et FN2) liée à une plus forte mortalité de plantules enregistrée sur ces sols à éboulis drainant.

On remarque des taux plus importants de mortalité sur la parcelle FN1 située sur le bord de la route avec une augmentation significative des teneurs en manganèse dans la litière et ce en raison des dépôts de poussières ferrugineuses apportées par le trafic routier lors de la construction de l'usine. (Vale NC, août 2011).

Pour pallier cela, des mesures permettant de limiter les impacts ont été prises :

- arrosage des routes ;
- limitation de la vitesse ;
- en 2010, la route longeant la Forêt Nord a été bitumée.

Vale NC affirme que l'activité photosynthétique mesurée sur les parcelles de Forêt Nord prouve que les plantes étaient en bonne santé en fin 2010. L'état de santé de la strate des plantules a même été amélioré par rapport aux données de 2007. Un bémol est cependant formulé quant à la bonne activité photosynthétique de la strate arborée. En effet, les résultats pourraient être faussés du fait du manque d'un grand nombre d'échantillonnage pour les arbres de plus de 12 mètres, non atteignables pour des prélèvements (Vale NC, février 2012).

Aucune information n'est transmise dans la bibliographie de Vale NC au sujet de la station témoin Pic du Pin.

VIII.4.3. Conditions chimiques et évolutions spatio-temporelles des sols, litières et feuilles des espèces communes de 2007 à 2011

Les campagnes de mesures de la fuorimétrie s'étalent de 2007 à 2010 pour les stations Forêt Nord et Pic du Grand Kaori et de 2009 à 2011 pour la station Pic du Pin.

Les campagnes de mesures chimiques sur les sols, les litières et les feuilles se sont étendues pour le suivi 2010 jusqu'en avril 2011 (Pic du Grand Kaori et Pic du Pin) en raison des fortes intempéries (dépression tropicale Vania en particulier) survenues sur la période.

Les sols :

Les paramètres analysés dans les sols sont les suivants : pH, et N, P, K, Ca, Mg, Ni, Fe, Cr exprimés en mg/g, ainsi que K, Ca et Mg calculés en meq (milliéquivalents) pour 100 g.

Les résultats des analyses chimiques des sols réalisées de 2007 à 2011 par Vale NC, montrent que les résultats obtenus sont similaires aux résultats déjà obtenus pour d'autres forêts humides dans le Grand Massif du Sud (Read et al, 2006). Cependant, des différences beaucoup plus significatives existent entre les parcelles elles-mêmes et selon les années comme par exemple les teneurs moyennes en azote (N), carbone (C), soufre (S), sodium (Na), potassium (K), phosphate (P), magnésium (Mg) et manganèse (Mn) (Vale NC, 2011).

En plus de cette évolution temporelle, il a été démontré que les teneurs en N et en S ont diminué dans les sols de la Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori entre 2007 et 2009 (Vale NC, 2011). A Forêt Nord, les teneurs en N ont montré une diminution non significative et en S très significative de 2007 à 2010 (Vale NC, février 2012). De plus, les teneurs en S et en N du Pic du Grand Kaori montrent une diminution significative avec l'augmentation d'altitude des parcelles.

Les variations altitudinales des teneurs en N et en S ne sont pas significatives dans les sols du Pic du Pin, cependant les teneurs en N ont augmenté de manière significative en 2011 par rapport à 2009 sur ces parcelles.

Concernant les teneurs élevées en Mg, sa présence est expliquée par des veines de serpentinites dans les affleurements de péridotite altérée (Grignon, 2006). La teneur en Mg des sols érodés sur les stations PGK 3 et PGK 4 est moins élevée que sur FN2, ce qui suggère que la péridotite est moins altérée. Concernant le Mn, les teneurs sont équivalentes pour les parcelles de la Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori avec tout de même une exception pour la parcelle FN1. Les teneurs élevées de cette dernière peuvent être dues à deux choses, soit cela est dû à des apports de colluvions venant de l'amont, soit cela est dû à une accumulation de poussières provenant de la route à la lisière de cette zone.

Les variations temporelles et spatiales des teneurs en N, C, S et Na peuvent-être dues à des cycles de décomposition des végétaux car ils sont absents de la minéralogie des sols péridotitiques. (Vale NC, 2011). Les deux stations du Pic du Pin affichent des valeurs en majorité inférieures à celles de FN et PGK pour les éléments N, P, Ca et Cr. Pour Fe et Ni, ces valeurs sont supérieures aux stations de FN et PGK. Pour K et Mg, ces valeurs sont équivalentes entre la station témoin, FN et PGK.

En règle générale, les teneurs en N, P, Ca, Cr sont inférieures dans les sols de la station de Pic du Pin que dans ceux de Forêt Nord et Pic du Grand Kaori entre 2007 et 2009.

Par contre, pour le N, les valeurs de 2011 sont significativement plus élevées pour Pic du Pin, contrairement aux valeurs de P, Ca et Cr qui sont aussi plus faibles en 2011 pour Pic du Pin.

Les litières :

Les paramètres analysés dans les litières sont les suivants : pH, et N, P, K, Ca, Mg, Mn exprimés en mg/g, ainsi que le rapport C/N.

Entre 2007 et 2009, les teneurs en soufre de la litière ont augmenté de manière significative mais légère au Pic du Grand Kaori (origine possible de flux biologiques) et une augmentation quasi linéaire à la Forêt Nord, dont l'origine peut être liée à des apports atmosphériques. Au Pic du Pin, aucun changement significatif n'a été relevé dans les teneurs en soufre. Pour le soufre, une augmentation est toutefois aussi constatée entre 2007 et 2010 au Pic du Grand Kaori mais pas au Pic du Pin (Vale NC, février 2012).

Les teneurs en azote diminuent avec l'altitude pour Forêt Nord. La diminution de la biomasse végétale aérienne en altitude pourrait être la raison de cette tendance. Au Pic du Grand Kaori, les teneurs en N et en S augmentent en fonction de l'altitude même si cela reste faible (Vale NC, février 2012).

Les teneurs en P ont augmenté dans la litière en 2010 sur Forêt Nord par rapport aux années de suivis précédentes et les teneurs en Mn à Forêt Nord ont aussi augmenté de manière générale entre la période 2007-2009 et la période 2010. L'origine de cette augmentation pourrait être liée à un apport de poussières en provenance des routes et notamment le CR7. Toutefois, Vale NC précise dans son bilan annuel 2010 que les valeurs de Mn mesurées dans les litières des stations FN4 et FN1 en 2010 ont baissé par rapports aux valeurs mesurées en 2009, ce qui potentiellement permettrait de ne pas incriminer uniquement l'état des routes génératrices de poussières.

Ces variations de concentrations, notamment en N et S, peuvent être considérées comme des variations cycliques de décomposition et d'accumulation dans la litière et non des résultats apportant la preuve d'un apport industriel. Pour autant, il est aussi évoqué dans le bilan de suivi de l'année 2010 que l'accumulation d'azote (en provenance des émissions industrielles) ne doit pas être écartée pour la végétation à Forêt Nord (résultats chimiques des litières et des feuilles) qui se trouve à proximité des sources industrielles de NO₂ (usine et centrale électrique).

De même, l'augmentation des teneurs en soufre dans les litières de Forêt Nord peut être dû à des impacts épisodiques de panaches de SO₂ en provenance du site industriel.

Pour les paramètres N, P et C/N, les résultats des mesures effectuées aux stations témoins de Pic du Pin sont supérieurs à ceux de FN et PGK. Pour les autres paramètres K, Ca, Mg et Mn, les valeurs des stations témoins sont identiques (ou du même ordre de grandeur) à celles des stations FN et PGK.

Conditions foliaires :

Les teneurs foliaires en N, P, K, Ca, Mg, Na, Mn et S, ont été réalisées sur les espèces les plus communes sur les trois stations du Pic du Grand Kaori, de Forêt Nord et du Pic du Pin.

Les résultats présentés par Vale sont centrés sur les deux espèces *Meryta coriacea* et *Pandanus* sp car elles sont communes et présentes sur les 3 stations.

L'analyse de variance des résultats des analyses chimiques des espèces se trouvant communément sur les parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori (VIII.4.1. Inventaire floristique) a permis de montrer que certains éléments varient en concentration selon l'altitude avec une tendance à la diminution vers les plus hautes altitudes. Les variations altitudinales marquées dans les teneurs foliaires en N, P et K de *Meryta coriacea* et *Pandanus* sp. en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori pourraient correspondre à des différences de dynamisme de la végétation selon les parcelles. Les valeurs N, P et K obtenues pour les échantillons de *Meryta* et *Pandanus* sur les parcelles FN1 et FN4 à Forêt-Nord sont élevées par rapport aux autres parcelles car la densité de la végétation de ces parcelles est importante et génère des cycles de N, P et K plus dynamiques que sur les éboulis des pentes de FN2 et FN3. Ces teneurs élevées sont également enregistrées dans les feuilles de *Pandanus* et de *Meryta* sur les parcelles contenant la plus forte densité de végétation au Pic du Grand Kaori. (Vale NC, août 2011).

A l'inverse des variations altitudinales de la teneur en N, P et K, la teneur en soufre des feuilles de *Meryta* augmente selon l'accroissement de l'altitude, mais n'a pas varié de manière significative de 2007 à 2009 sur les deux zones forestières. Les teneurs en calcium et magnésium montrent une légère augmentation selon l'altitude quasiment identique entre la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.

L'analyse de variance de la teneur foliaire du *Pandanus* indique que cette espèce montre la même variation significative selon l'altitude pour les teneurs en N et S que *Meryta* en Forêt-Nord. La teneur en N des feuilles de *Pandanus* a augmenté de manière significative de 2007 à 2009, non seulement en Forêt-Nord mais également au Pic du Grand Kaori, à l'inverse de Pic du Pin pour laquelle la teneur en N a baissé de manière significative entre 2007-2009 et 2010. La teneur en N des feuilles de *Pandanus* montre aussi des variations significatives selon l'altitude, mais dans le sens inverse, avec les individus de la parcelle PGK3 contenant la plus forte teneur en N. Cette observation est concordante avec les mesures de densité et de biomasse qui indiquent que la végétation de PGK3 est très dense par rapport à celle des autres parcelles, et est donc maintenue par un cycle de décomposition nutritif plus dynamique. La teneur en soufre des feuilles de *Pandanus* montre une augmentation significative de 2007 à 2009. Il n'y a cependant pas de corrélation avec l'altitude de la parcelle pour ce paramètre.

Des teneurs élevées en soufre ont été relevées sur des échantillons de *Gardenia aubreyii*, *Macaranga alchorneoides*, *Pagiantha cerifera* et *Dysoxylum canaliensis*. Ces variations en S pour ces espèces, entre 2007 et 2010, pourraient correspondre à un cycle naturel de soufre variant selon les activités de décomposition plutôt qu'à des émissions de source industrielle, puisque des teneurs élevées en S ont été enregistrées en 2007 avant la mise en marche des installations industrielles.

En dehors des espèces précédemment citées, il n'y a pas d'autres données disponibles permettant une comparaison avec la station de Pic du Pin.

VIII.4.4. Conclusion sur les résultats des suivis 2006-2010

Les suivis mis en place par Vale NC, en accord avec ce qui est prévu dans la Convention pour la conservation de la biodiversité », ont permis à l'industriel d'approfondir les connaissances sur la diversité floristique à l'échelle des parcelles des réserves provinciales de la Forêt Nord, du Pic du Pin et du Pic du Grand Kaori. De plus, ces suivis ont permis d'évaluer la pertinence et l'applicabilité des

protocoles et techniques choisis pour la surveillance de l'état de santé des formations forestières vis-à-vis des impacts industriels potentiels.

La mesure de l'activité chlorophyllienne, couplée à des comptages et identification d'individus et des analyses chimiques de sol, de litière et de feuille sont des paramètres qui permettent de définir l'état de santé physiologique des communautés végétales ainsi que les conditions chimiques des habitats et détecter les éventuels déséquilibres liés à la qualité de l'air.

D'une manière générale, les mesures effectuées sur les parcelles de FN, PGK et PP montrent des formations très diversifiées avec une régénération importante. Sur les parcelles de FN et PGK, les végétaux sont en bonne santé (période d'investigation 2006-2009) à l'exception d'une plus forte mortalité de plantules enregistrée sur FN1 et FN2 en 2007.

Le comptage des plantules montre une mortalité plus importante à proximité de la route publique, lié à la compétition importante de la végétation dense de ces zones de lisières et à l'impact négatif des dépôts de poussières apportées par le trafic routier.

Plusieurs tendances temporelles ont été enregistrées sur les parcelles de Forêt Nord et Pic du Grand Kaori.

Tout d'abord il y a l'augmentation significative des teneurs en azote de la litière de 2007 à 2010 sur l'ensemble des stations.

Ensuite, les teneurs en phosphore de la litière ont aussi augmenté durant cette même période et la plus forte augmentation a été enregistrée pour le Mn sur la station du Pic du Pin, la station la plus éloignée du site industriel. Tous ces éléments incitent Vale NC à penser à un phénomène cyclique naturel de décomposition.

Les teneurs en soufre de la litière ont augmenté à Forêt Nord et à Pic du Grand Kaori de 2007 à 2010 de manière linéaire. Certaines espèces à Forêt Nord et Pic du Grand Kaori ont aussi des teneurs en S qui varient de manière temporelle. Ces variations sont aléatoires et ne correspondent pas à une augmentation constante associée à une émission industrielle. De plus, les valeurs en S sont largement inférieures à celles rencontrées dans de la végétation soumise à influence constante d'émissions industrielles (Vale, 2012). Cependant, des effets ponctuels d'émissions épisodiques sur Forêt Nord pourraient être pris en considération compte tenu que Forêt Nord est la plus proche des sources d'émissions atmosphériques et expliquer l'augmentation des teneurs en S de la litière qui sont plus importantes qu'à Pic du Grand Kaori. Ceci pourrait aussi expliquer pourquoi un plus grand nombre d'espèces montre des variations dans leurs teneurs en S qui sont plus élevées à Forêt Nord qu'aux autres stations forestières plus éloignées. (Vale NC, février 2012).

En parallèle de ces suivis, a été observé en décembre 2010 un phénomène de dépérissement d'arbres dans une forêt située en proche contrebas de l'usine de Vale NC, où des arbres au feuillage dépérissant ont été observés. La zone concernée est une formation rivulaire située le long du cours supérieur du creek de la Baie Nord. Suite à ce constat, une première étude de terrain a été réalisée afin de déterminer le périmètre exact de la zone impactée en se concentrant sur l'espèce la plus largement touchée : *Arillastrum gummiferum*, le chêne gomme. En observant ce dépérissement, Vale NC a aussitôt engagé une série d'investigations afin d'identifier les causes possibles et les facteurs circonstanciels.

Les teneurs en N et S dans la litière et les feuilles des espèces communes, mesurées lors des suivis, laissent suggérer que ce phénomène de dépérissement des chênes gomme peut-être dû à des impacts épisodiques de panaches de SO₂ qui peuvent s'étendre progressivement à la Forêt Nord. La progression semble localisée aux lisières (FN1 et FN4) compte tenu de la densité de végétation forestière et de la position plus protégée aux vents dominants qui influencent le transport des émissions industrielles. L'absence de constat de symptômes foliaires est due à la difficulté d'obtenir des échantillons à la cime des arbres qui est le premier milieu récepteur des émissions atmosphériques.

VIII.5. Constat de dépérissement et premières investigations de Vale NC.

Ce n'est réellement qu'à la fin de l'année 2010 que des phénomènes de dépérissement sur une formation végétale à proximité du site industriel ont été observés en contrebas de l'usine (Figure 35) :

- nécrose des pointes ;
- chlorose des tissus ;
- déformations, gonflements et distorsions des feuilles.

Tous ces phénomènes observés peuvent entraîner la perte du feuillage et aller jusqu'à la mort de l'individu.

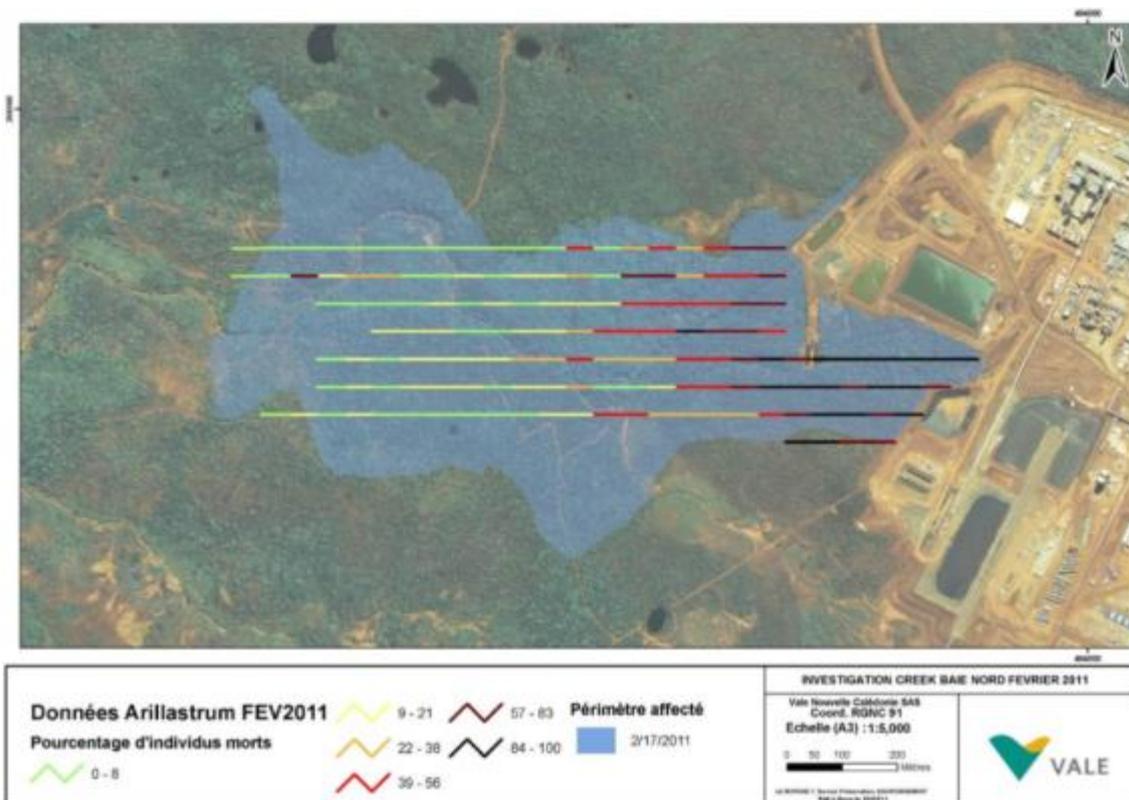


Figure 35: localisation de la zone affectée par un dépérissement des populations floristiques - (source : F. Murray, janvier 2012).

Vale NC a donc souhaité dater et identifier les causes possibles de ces états. Pour cela, un diagnostic de l'état de la végétation a été réalisé tout autour des installations industrielles de Vale NC (en plus des suivis réalisés depuis 2006) puis à partir de leurs observations de terrain. Il s'avère qu'au Pic du Grand Kaori, la population de l'espèce forestière *Nothofagus balansae* a aussi subi un dépérissement étendu. Faisant appel à l'expertise de L'Institut Agronomique Calédonien (IAC), une étude complémentaire a été menée plus particulièrement sur le dépérissement de l'espèce *N. balansae* car cette espèce a aussi été soumise à une défoliation et la mort d'individus matures simultanément sur cinq sites distincts du sud de la Nouvelle-Calédonie et éloignés du projet de Vale NC (F.Murray, janvier 2012). L'étude a conclu que c'était un phénomène lié à la stratégie de régénération de l'espèce, donc sans lien avec une pollution atmosphérique. De ce fait, cette espèce n'est plus étudiée dans le cadre des investigations sur le dépérissement.

Les raisons avancées concernant le dépérissement de *Arillastrum gummiferum* (chêne gomme) sont de plusieurs ordres :

- des changements hydrologiques ;
- des modifications au niveau de la qualité des eaux superficielles ;
- des maladies propres aux espèces ou des attaques de ravageurs ;
- les biocides (substances, produits chimiques regroupant les pesticides, produits antiparasitaires) qui sont utilisés dans les tours de refroidissement de la centrale électrique à charbon de Prony Energies sur le site industriel de Vale NC afin d'éviter toute contamination bactérienne en particulier par les légionnelles ;
- les gaz atmosphériques (oxyde d'azote, ammoniac, dioxyde de soufre/ particule soufrées) ;
- des variations dans la disponibilité en nutriments. (Vale NC, octobre 2011).

Le Tableau 48 expose l'analyse des possibles causes à l'origine du dépérissement observé et y synthétise les conclusions des différentes études qui ont traité du sujet.

Tableau 48: analyse des possibles sources de dépérissement et conclusions des études - (Source : Vale NC, octobre 2011).

Hypothèses	Conclusions
Régime hydrologique et /ou qualité des eaux	Aucune corrélation entre la répartition des individus affectés et le réseau hydrographique. Pas de gradient de sévérité associé au réseau. Qualité des eaux de surface et souterraine inchangée.
Maladie, parasites ou ravageurs	Aucun indice parasitaire observé à l'origine du dépérissement
Qualité atmosphérique (oxyde d'azote, ammoniac, dioxyde de soufre) Emissions canalisées ou diffuses Biocides Qualité des eaux de pluie	Qualité de l'eau de pluie normale Gradient d'affectation croissant vers l'usine Crêtes et canopées les plus affectées Espèce <i>Arillastrum gummiferum</i> très sensible (étude sur les espèces de la famille des myrtacées)

Il apparaît que la majorité des raisons présentées comme probables soit écartée et que seule la qualité atmosphérique soit finalement retenue comme étant la principale cause du dépérissement à compter de 2010. La mise en cause des émissions atmosphériques implique une analyse des données initiales contenues dans l'état de référence Air.

Le suivi des émissions des cheminées de l'usine de Vale NC et de celles de Prony Energies, et le suivi de la qualité de l'air ont été mis en corrélation avec ce dépérissement d'arbres sous le vent des émissions.

Les gaz NO, NO₂, SO₂ ainsi que l'ammoniac et les poussières ont été étudiés dans le cadre de cette investigation.

En plus des suivis réguliers (présentés dans le Chapitre VII -), un suivi supplémentaire de la qualité des eaux de pluie a été mené par Vale NC qui a procédé à l'installation d'un nouveau pluviomètre à proximité immédiate de la forêt de chênes gomme, ce pluviomètre est nommé U-7. Les mesures de nitrates, sulfates, chlorures, conductivité et pH, assurées dans le cadre des suivis déjà en place, l'ont aussi été pour le pluviomètre U-7

Les valeurs enregistrées par U-7, entre février et mai 2011, montrent pour les nitrates, les chlorures, les sulfates et la conductivité, un pic de concentration. Les documents mis à disposition semblent montrer que les mesures sur les 4 autres pluviomètres s'arrêtent au moment où la station U-7 est mise en service, donc à partir de février 2011 (date supposée). La mesure des nitrates sur le pluviomètre de l'Usine semble montrer une augmentation constante entre août 2005 et août 2009. Le pluviomètre du Parc de la Rivière Bleue/Ouanerou, opérationnel en février 2010, donne tout de suite des données importantes avec un pic en novembre 2010 (Vale NC, octobre 2011). Les unités des valeurs présentées dans les documents graphiques n'étant pas précisées, il n'est pas possible de compléter cette partie avec des résultats plus précis.

Les chlorures mesurés dans les eaux de pluie collectées par le pluviomètre de l'usine donnent des résultats en dent de scie entre février 2004 et août 2005, puis une augmentation faible mais constante jusqu'à août 2009. A partir de cette date, deux autres pluviomètres sont relevés pour enregistrer une forte chute suivie d'une forte hausse avec un pic en novembre 2010 (Vale NC, octobre 2011). Les unités des valeurs présentées dans les documents graphiques n'étant pas précisées, il n'est pas possible de compléter cette partie avec des résultats précis.

Les concentrations de sulfates montrent une augmentation constante mais faible entre août 2005 et novembre 2009. A partir de cette date, une forte baisse est aussi enregistrée (jusqu'à zéro, ce qui pourrait signifier un arrêt temporaire de cette station), suivie d'une forte hausse jusqu'en février 2011 (comme pour le pluviomètre de la Base-vie).

La conductivité enregistrée permet d'observer deux pics pour trois stations (usine, Base-vie et Parc Provincial de la rivière Bleue/Ouanerou) en novembre 2009 et novembre 2010.

Pour ce qui est des valeurs de pH, les données disponibles ne permettent pas de donner des chiffres exacts, cependant il est observable que les données de pH sont stables entre février 2005 et février 2006 avec une moyenne d'environ 5. Ensuite, on peut constater entre février 2009 et février 2010 une forte augmentation jusqu'à des valeurs moyennes de 6.2-6.7 pour le pluviomètre de l'usine (Vale NC, octobre 2011).

VIII.6. Méthode des suivis de la végétation à partir de 2010

Après avoir réétudié les résultats des suivis de l'air et de la qualité des eaux de pluie, Vale NC a procédé à nouveau à une analyse chimique des feuilles, de l'écorce et de la litière pour mesurer un certain nombre de paramètres détaillés dans le Tableau 49 ci-après. Toutefois, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs (Vale NC, octobre 2011).

Tableau 49 : éléments analysés par type d'échantillons. En noir les échantillons analysés en métropole, en bleu les échantillons analysés en Australie – (source : Vale NC, 2011).

Données	Feuille	Litière	Ecorce	Sol
pH				✓
Conductivité				✓
Cendres	✓	✓	✓	
Matière organique	✓	✓	✓	✓
C/N	✓	✓	✓	
N total	✓	✓	✓	✓
N total Kjeldahl				
N échangeable (NO ₂ & NH ₃)		✓	✓	✓
P total	✓	✓	✓	✓
K total	✓	✓	✓	
S total (SO ₄ ²⁻)		✓	✓	✓
Cl total				✓
Na total	✓	✓	✓	✓
Ca total	✓	✓	✓	✓
Mg total	✓	✓	✓	✓
Mn total	✓	✓	✓	
Zn total	✓	✓	✓	
Cu total	✓	✓	✓	
Pesticides				✓
Dioxines et Furanes				✓

Alors que Vale NC a fait le maximum au niveau des investigations qui pouvaient être menées en interne, la société a finalement fait appel à l'expert F. Murray en octobre 2011 afin qu'il puisse identifier les causes de ce dépérissement.

Pour cela, une nouvelle méthodologie a été proposée et mise en place. Elle consiste en plusieurs points listés ci-après (Vale NC, octobre 2011).

1. élaboration du suivi symptomologique : tout d'abord il y a l'élaboration d'un document guide résumant les symptômes identifiés par espèce avec une notion de gradient. Le suivi consiste donc à recenser par espèce la proportion d'individus atteints, la sévérité de l'impact ainsi que la localité. Ce suivi permettra de surveiller l'évolution des symptômes du dépérissement sur les zones impactées.

2. suivi de la qualité de l'air : une station mobile a été installée à proximité de la zone impactée afin de relever au mieux les concentrations et les pics des différents polluants, les plus surveillés étant le SO₂ et le NO₂ avec des mesures en continu. La technique utilisée pour l'échantillonnage *in-situ* de la qualité de l'air est celle des tubes passifs (une dizaine) déployés dans la forêt rivulaire.
3. étude multi-temporelle de la végétation aux abords immédiats du site : cette étude a été réalisée par la société Blue Cham à partir de données satellitaires datées de 2009 à 2011. Elle a pour mission de constater les changements de radiométrie qui sert d'indicateur pour l'activité chlorophyllienne et de déterminer les dates et les périodes au cours desquelles des changements sont observés et de quantifier ces changements, notamment sur la forêt de chênes gomme.

Des résultats étaient attendus en décembre de l'année 2011, compte tenu de résultats intermédiaires peu encourageants l'étude a été abandonnée (comm. pers. Vale NC).

4. analyse critique des modèles de dispersion de Katestone Environmental : une remise en cause du modèle utilisé, des paramètres ayant servis au calibrage, des conditions aux limites du modèle, des quantités d'émissions canalisées et non-canalises prises en compte, de la topographie, etc... a été opérée. Ainsi c'est tout le fonctionnement général du modèle qui est critiqué à ce stade. Cette critique a pour but de mettre en place une nouvelle méthode de modélisation avec de nouveaux paramètres fiables, permettant de prévoir les dépassements des seuils réglementaires, horaires, journaliers et annuels, et d'obtenir une concentration réaliste de chaque polluant au sein de l'usine et dans sa périphérie.
5. une étude sur la sensibilité des espèces florales locales aux polluants : mise en place de la technique de fumigation qui consiste à soumettre des plantes, dans des enceintes contrôlées, à des polluants afin de mesurer les effets concentration/réaction pour les espèces ciblées dans cette étude.

La Figure 36 présente une synthèse chronologique du suivi de la population de chênes gomme affectée par le dépérissement, depuis les premiers constats jusqu'à la mise en œuvre des expérimentations telles que la fumigation.

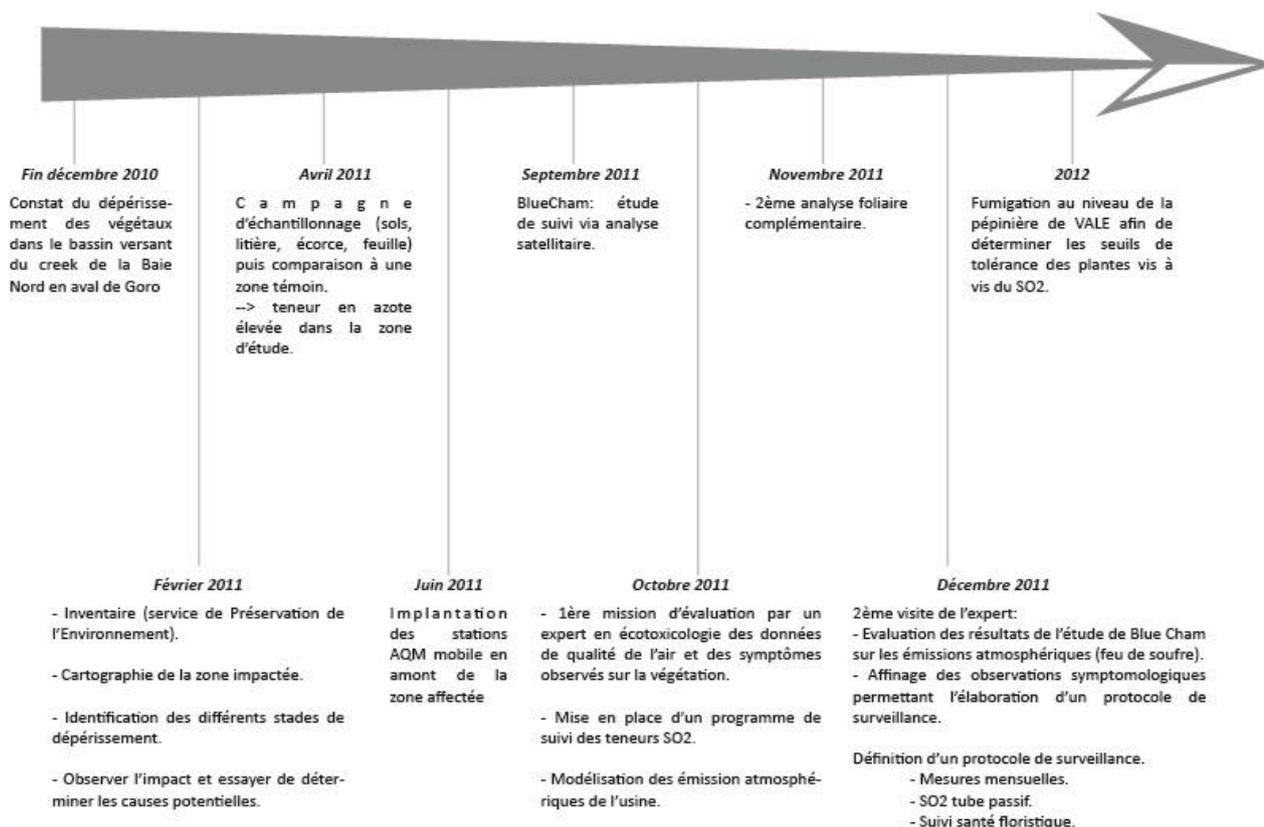


Figure 36: chronologie des suivis à partir de l'analyse du dépérissement - (Vale NC, 2012)

VIII.6.1. Résultats des investigations de F. Murray depuis 2011

VIII.6.1.a. L'expertise terrain

L'analyse dynamique sur la condition des arbres dans le secteur affecté du Creek de la Baie Nord a permis de montrer qu'il y a un lien entre l'impact et la proximité de l'usine. En effet, il est observé que l'impact décroît avec la distance. Le phénomène de dépérissement très ponctuel et localisé touche les individus de plus grande taille de manière plus importante sur les zones les plus proches de l'usine.

Deux expertises sur le terrain ont été menées, une en octobre et l'autre en décembre 2011. Les observations de terrain de la mission de décembre 2011 ont été réalisées sur les sites déjà étudiés en octobre 2011, sur des sites identifiés par l'étude symptomatologique et enfin sur d'autres sites localisés au sein des parcelles permanentes de la Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori suivies depuis 2007.

En gras dans le tableau suivant sont notifiés les sites (1, 2, 3, 6) pour lesquels la cause atmosphérique (SO₂) semble être à l'origine du dépérissement (Tableau 50, Figure 33).

Tableau 50: localisation des sites visités lors des expertises de terrain et des résultats des observations faites - (source: F.Murray, janvier 2012).

Site	Nom usuel	Localisation		Distance au site (km)	Caractéristique du site	Orientation par rapport au site	Formation végétale	Hauteur des formations végétales (m)	Constats
		Sud	Est						
1	∅	22.31803	166.89137	3	∅	Nord-ouest	maquis dense à paraforestier	6 à 8	- branches des chênes gomme en forme de "Corne de cerf", allant jusqu'à l'absence de terminaisons apicales. - beaucoup de poussières sur les feuilles - chlorose interveinale - nécrose marginale du limbe - sévères attaques d'insectes
2	∅	22.33076	166.88840	2	sur une ligne de crête face aux installations	Sud	Population d' <i>Arillatstrum gummiferum</i>	∅	- branches des chênes gomme en forme de "Corne de cerf" dénudées mais de nouvelles branches se développent sur les branches latérales ainsi que sur le vieux bois. - chlorose interveinale - nécrose apicale - symptômes très prononcés sur la partie de l'arbre faisant face aux installations industrielles. - les arbres moins exposés (de l'autre côté de la crête ou à quelques dizaines de mètres de ce site) présentent des symptômes légers
3	∅	22.32467	166.88722	2 km au sud du site 1	versant faisant face aux installations dimensions 20mx20m	Ouest	Population de <i>Gymnostoma deplancheanum</i> et de <i>Lomandra insularis</i>	∅	- <i>Gymnostoma deplancheanum</i> morts ou montrant des dommages sévères au niveau des branches les plus hautes - apparition de branches sur les branches les plus basses. - <i>Lomandra insularis</i> présentent des symptômes spécifiques à une toxicité au SO ₂ .
4	Pointe de l'abattoir	22.30857	166.85756	6	sur une ligne de crête	Nord-ouest	Population d' <i>Arillatstrum gummiferum</i>	∅	- <i>Arillastrum gummiferum</i> sont sévèrement attaqués par les insectes mais pas de symptômes liés aux émissions atmosphériques
5	Tour Telecom	∅	∅	Environ 2 km	∅	Nord-est	∅	∅	- attaques d'insectes - carence nutritive du sol engendrant une chlorose généralisée - pas de signes attribuables aux polluants atmosphériques
6	Station de traitement des eaux usées	∅	∅	800 m	∅	Nord-ouest	∅	∅	- sur la zone la plus élevée : la végétation montre les signes caractéristiques d'une toxicité au SO ₂ avec nécrose apicale et chlorose interveinale. - sur la zone la plus basse, le long du creek de la Baie Nord: dommages observés sur les grands arbres uniquement.

Sur les six sites, quatre montrent réellement des signes caractéristiques d'une toxicité au dioxyde de soufre.

VIII.6.1.b. Analyse chimique

En novembre 2011, une nouvelle analyse foliaire a été effectuée. L'espèce contrôlée est le *Tristaniopsis guillainii* car elle présente des signes évidents de dégradation sur le terrain.

Tableau 51: concentration foliaire en soufre chez l'espèce *Tristaniopsis guillainii* échantillonnée sur les sites impactés où cette espèce montre des dommages importants et sur les sites témoins où les espèces ne présentent aucune dégradation -

(source: F.Murray, janvier 2012).

	Moyenne de soufre (par mg/kg)
Moyenne sites témoins	883
Moyenne sites impactés	1343

Les sites témoins sont les suivants :

- site témoin 1 : pont Creek Pernod ;
- site témoin 2 : route station de pompage
- site témoin 3 : Marais Kiki
- site témoin 4 : station pompage / Barrage de Yaté

Il existe 4 zones impactées, seulement nommées « zone impactée 1, 2, 3, 4 » dans la bibliographie.

Tableau 52: concentrations foliaires en soufre et en azote mesurées sur deux espèces végétales sur sites impactés et sur site témoin. Les échantillons ont été collectés en octobre 2011 puis séchés et broyés avant la digestion (source: F.Murray, janvier 2012).

Espèce et lieu d'échantillonnage	Moyenne S (par mg/kg)	Moyenne N (kj par %)
<i>Tristaniopsos guillainii</i> site témoin	634	0,62
<i>Tristaniopsos guillainii</i> site affecté	1242	0,69
<i>Arillastrum gummiferum</i> site témoin	654	0,8
<i>Arillastrum gummiferum</i> site affecté	756	0,81

Il apparaît à la lecture de ces deux tableaux que les concentrations en soufre sur sites témoins et sites affectés sont différentes sans qu'aucune explication à cela n'ait été avancée dans le document.

La concentration en soufre chez *Tristaniopsis guillainii* est 2 fois plus élevée sur zone impactée que sur zone témoin. Chez *Arillastrum gummiferum*, la tendance est la même avec une augmentation de seulement 15%.

Ces éléments laissent penser que le polluant atmosphérique le plus vraisemblablement responsable des dégradations est bien le SO₂. Or les précédentes études ont montré que les mesures de concentration en SO₂ ne dépassent pas les seuils de protection pour la végétation même si des pics de concentration ont été enregistrés durant la surveillance. Pourtant, une source irrégulière de SO₂ pourrait être responsable, il pourrait s'agir de feux sur le stock de soufre qui est installé en plein air sur le site industriel.

VIII.6.1.c. Stations de mesures de l'air

Les stations installées pour les suivis de l'air ne sont, pour l'expert F. Murray, pas idéalement situées sous le vent dominant de l'usine. Une station mobile installée par Scal Air est présente sur le site de l'usine, proche de la forêt impactée.

La station mobile AQM de Scal'Air, située à côté du site de stockage de soufre, a pu alors enregistrer des données qui correspondent à un feu déclaré ce même jour (Tableau 53).

Tableau 53 : concentrations en SO₂ ambiant mesurées par la station de suivi de la qualité de l'air qui est localisée à l'ouest de l'aire de stockage du soufre et datant du 18/11/2011, durant un incendie au niveau de cette zone – (source : Scal'Air, 2012).

Heure d'enregistrement	SO ₂ (µg/m ³)
13:30	53
13:45	6181
14:00	20524
14:15	3912
14:30	132
14:45	62
15:00	36

Moyenne horaire en Nouvelle-Calédonie : 570µg/m³ de SO₂

Le *Tristaniopsis Guillanii* a permis de montrer que la teneur foliaire en soufre augmentait lors de l'exposition aux installations industrielles. La concentration moyenne maximum entre 13h45 et 14h30 pour cette journée a été de 7687 µg/m³. Une végétation sensible exposée à un tel taux, même de courte durée, a de fortes chances d'être endommagée.

Selon F. Murray, les feux de soufre semblent être la cause la plus probable du dépérissement du chêne Gomme principalement mais aussi d'autres espèces présentes dans la formation végétale.

VIII.6.2. Bilan des résultats et tendance d'évolution

Les résultats des études sur l'état de santé des réserves forestières de Forêt Nord, Pic du grand Kaori et Pic du pin entre 2007 et 2009, ne semblent montrer aucun signe d'impact anthropique, cependant il n'est pas à négliger, notamment pour la station de Forêt-Nord.

Les émissions atmosphériques engendrées par la construction de l'usine n'ont semble-t-il eu aucun effet important sur les formations forestières se trouvant à proximité, que ce soit sur le plan chimique que sur le plan de la régénération. L'impact des poussières quant à lui a été significativement baissé avec l'arrosage et le revêtement de la route d'accès (Vale NC, aout 2011).

Même si les causes des diverses augmentations de concentrations observées lors des campagnes chimiques sur les feuilles, le sol, la litière ont été expliquées par des raisons naturelles, un réel dépérissement a bien eu lieu sur la réserve de la Forêt Nord fin 2010.

Vale NC a fait le maximum au niveau observations et recueils de données mais n'ayant pas les outils nécessaires pour caractériser s'il y a effectivement une cause industrielle ou non au phénomène de dépérissement de la végétation, l'industriel a préféré faire appel à l'expertise de Murray qui avait alors mis en place le suivi initial.

La raison de ce dépérissement semblerait être l'auto-ignition du soufre lors de son stockage.

Cependant des études sont toujours en cours et des suivis sont toujours effectifs pour vérifier les concentrations de SO₂. Toutefois, le SO₂ semble être un facteur non négligeable intervenant dans ce phénomène de dépérissement de la forêt de chêne gomme. Ainsi, des échantillonneurs passifs sont utilisés pour une période de 12 mois.

Les sites d'emplacement de ces échantillonneurs ont été sélectionnés de par leur distance à la source de SO₂, leur accessibilité, leur situation topographique et les arbres propices à l'échantillonnage des particules de SO₂ atmosphériques.

Durant la première année du programme, 27 sites ont été sélectionnés pour un échantillonnage mensuel.

Tableau 54: répartition des échantillonneurs passifs - (source : F.Murray, janvier 2012).

Distance par rapport à l'aire de stockage du soufre ou des lieux dits	Nombre de sites à cette localisation	Commentaires
< 0,5 km	9	Sites identifiés comme étant à haut risque et susceptible de montrer une teneur moyenne en SO ₂ pouvant engendrer des dommages sévères sur les espèces sensibles.
Entre 0,5 et 1 km	5	Sites identifiés comme étant à risque modéré et susceptible de montrer une teneur moyenne en SO ₂ pouvant engendrer des dommages légers sur les espèces sensibles.
Entre 1 et 3 km	5	Sites identifiés comme étant à risque faibles et susceptible de montrer une teneur moyenne en SO ₂ n'engendrant aucun dommage sur la végétation.
Site de calibration avec des stations AQM	2	Site utilisé pour calibrer les échantillonneurs passifs à partir d'analyseurs automatisés, situés à la base vie et à Forêt Nord.
Aire à forte valeur de conservation Forêt Nord et Pic du Grand Kaori	3	Sites utilisés pour évaluer les concentrations de SO ₂ à Forêt Nord (1) et au Pic du Grand Kaori (2)
Sites témoin à plus de 10 km de Vale NC	2	Sites utilisés pour évaluer les teneurs normales de SO ₂ .
Pépinière	1	Site utilisé pour caractériser les concentrations de SO ₂ à l'endroit proposé pour l'étude de fumigation
Total	27	

Les résultats obtenus seront comparés à un modèle de dispersion. Si la comparaison montre que le programme de suivi via les échantillonneurs passifs apporte des résultats cohérents et précis alors celui-ci sera reconduit mais à une échelle plus petite avec environ 6 à 10 sites.

Tableau 55: statut des investigations de janvier 2012 - (source : F.Murray).

Investigations	Statut actuel
Guide symptomologique	En cours
Evaluation du dépérissement de la forêt	En planification
Analyse chimique des feuilles	En cours
Etude de télédétection	En cours
Expertise sur le terrain	Fait
Modélisation de la pollution atmosphérique	En cours
Suivi de la qualité de l'air	Opérationnel
Etude de fumigation	En planification
Echantillonneurs passifs	En cours

Les données que nous avons en notre possession ne vont pas au-delà de janvier 2012. Le tableau ci-dessus permet de visualiser le niveau d'avancement de la méthodologie appliquée par F. Murray à cette même date.

Chapitre IX - Synthèse et résumé du volet 1/2 de la présente étude

Pour la rédaction de cette synthèse des connaissances sur la qualité de l'air et des pluies dans la zone d'influence du projet industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie, il a été procédé à une revue bibliographique de 42 documents mis à disposition par l'OEIL. Ces documents se répartissent en 5 catégories listées ci-après :

- rapports des suivis annuels ;
- rapports des états de référence ;
- rapports d'études ;
- demande d'autorisation et étude d'impact environnemental ;
- documents réglementaires.

Chaque document a été analysé, tant sur la forme que sur le fond. Un certain nombre d'éléments textuels et numériques ont été exploités pour la rédaction de ce volet 1.

Quatre parties distinctes ont été traitées : la réglementation, le suivi de la qualité de l'air, le suivi de la qualité des eaux de pluie ainsi que le suivi de la végétation. Chaque partie concernant les suivis se décompose de la façon suivante :

- documents et informations exploités ;
- réglementation ;
- présentation des états de référence (ou suivi initial pour la partie « végétation ») ;
- présentation des suivis annuels ;
- méthodes et instrumentation ;
- résultats (états de référence et suivis).

Cette synthèse a pour unique but de reprendre pour mémo les points principaux de ce volet qui sont synthétisés dans le chapitre III du volet 2/2 « synthèse des principaux résultats ».

Dans l'ensemble, ce qu'il faut retenir est recensé ci-après.

IX.1. Suivi de la qualité de l'air

- études menées pour l'établissement d'un état de référence « Air », en saison humide et en saison sèche ;
- pour les suivis annuel : peu de données exploitables (à partir de 75% de données disponibles) pour l'ensemble des informations numériques fournies (campagnes de prélèvements pas toutes réalisées, matériel indisponible ou endommagé, dysfonctionnement du matériel, erreurs en laboratoire, etc...) ;
- peu ou pas de justification sur le traitement des données ;
- exploitation souvent peu limpide des données numériques ;
- réseau de stations de suivi qui semble cohérent et effort réel de la part de l'industriel pour la mise en place et le maintien de ces suivis.

- ✚ NO₂ : dans l'ensemble, toutes les concentrations se situent en dessous de la valeur fixée pour l'objectif de qualité ainsi qu'en dessous des valeurs limites pour la protection de la santé humaine et de l'écosystème. Ainsi, et malgré un certain niveau de données inexploitable, il semble que pour le dioxyde d'azote les concentrations mesurées dans l'air soient conformes au regard des valeurs retenues dans le cadre réglementaire ;
- ✚ SO₂ : dans l'ensemble, il n'a été constaté aucun dépassement des valeurs limites pour la protection de la santé humaine et de l'écosystème (qui ont des seuils différents pour ce paramètre). En effet, il faut noter que l'objectif de qualité fixé à 50 µg/m³ (moyenne annuelle) est plus de deux fois supérieur au seuil limite fixé pour la protection de l'écosystème (20 µg/m³ moyenne annuelle) ;
- ✚ PM₁₀ en suspension : il n'a été constaté aucun dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé humaine ni de l'objectif de qualité fixé à 30 µg/m³, même si les stations Port Boisé en 2009 et Base vie en 2011 ont pu afficher des valeurs s'en approchant ;
- ✚ métaux contenus dans les PM₁₀ en suspension : seul le Ni affiche des valeurs pouvant dépasser la valeur cible fixée à 20 ng/m³. Ces dépassements ont été observés en 2009 sur les stations Base vie, Village de Prony et Forêt Nord. Pour les autres métaux pour lesquels il existe un seuil de valeur cible (Pb, Mn, As, Cd), les concentrations moyennes calculées ne dépassent jamais ces seuils. Il est rappelé ici que seule l'année 2009 présentait des données disponibles ;
- ✚ retombées de poussières : les valeurs mesurées sur les stations Forêt Nord et Port Boisé ne dépassent pas la valeur limite fixée à 350 mg/m²/j préconisée par le Ta Luft ;
- ✚ métaux contenus dans ces retombées de poussières : il n'existe pas de valeur limite réglementaire (France ou Nouvelle-Calédonie). C'est pourquoi les résultats des mesures ont été comparés aux valeurs limites des réglementations allemande et suisse. Dans ce cadre, seuls le Ni et le Pb dépassent les valeurs réglementaires. Les autres métaux prédominants sont le Mn, Cr et Zn, naturellement présents dans le sous-sol calédonien.

IX.2. Suivi de la qualité des eaux de pluie

- étude menée pour l'établissement d'un état de référence « Eaux de pluie » menée sur 19 mois à raison d'une fréquence mensuelle ;

- pour les suivis annuels : peu de données exploitables (à partir de 75% de données disponibles) pour l'ensemble des informations numériques fournies (campagnes de prélèvements pas toutes réalisées, matériel indisponible ou endommagé, dysfonctionnement du matériel, erreurs en laboratoire, changement de procédure, etc...) ;
- peu ou pas de justification sur le traitement des données ;
- exploitation souvent peu limpide des données numériques ;
- réseau de stations de suivi qui semble cohérent et effort réel de la part de l'industriel pour la mise en place et le maintien de ces suivis.

✚ pour les paramètres réglementaires :

- sulfates : les moyennes basses de concentration des sulfates évoluent entre 0.8 mg/L et 1.3 mg/L tandis que les moyennes hautes se situent entre 2.5 mg/L et 5.5 mg/L. Ces valeurs montrent que la concentration en sulfates des eaux de pluie évolue dans la gamme des valeurs « normales » citées dans la bibliographie. Ainsi, la très grande majorité des concentrations mesurées sur toutes les stations est en dessous de la valeur moyenne de ce paramètre caractérisant les eaux de pluie, soit 8 mg/L, excepté pour la station Usine en juillet et décembre 2011 (respectivement 16 et 9.2 mg/L) ;
- nitrates : sur les 3 années de suivis, les pics de concentration se retrouvent en avril/octobre 2009, en novembre 2010 et en décembre 2011. Les stations Usine et Parc de la Rivière Bleue apparaissent être les stations les plus soumises aux maxima de concentrations (respectivement 3.9 mg/L en octobre 2009 et 4.9 mg/L en avril 2009). Ces valeurs restent cependant dans la gamme admise des maxima (4.7 mg/L) pour les nitrates dans les eaux de pluie ;
- chlorures : les concentrations en chlorures mesurées au cours des suivis annuels sont équivalentes aux valeurs moyennes « normales » mesurées pour les eaux de pluie. Toutefois, les concentrations les plus élevées ont systématiquement été retrouvées sur la station Usine et le maximum de 16.7 mg/L est dépassé au cours de 3 campagnes (avril 2009, novembre 2010 et juillet 2011) pour la station Usine (3 dépassements), mais également pour la station Port Boisé (1 dépassement), la station Base vie (1 dépassement) et la station Chute de la Madeleine (1 dépassement). Ainsi, sur les 3 années de suivis, les pics de concentration se retrouvent en avril/octobre 2009, en novembre 2010 et en août/décembre 2011 ;
- pH : de façon générale, les pluies sont de nature plutôt acide avec un pH moyen de 6.3 en 2009, 6 en 2010 et 5.7 en 2011, ce qui est conforme aux valeurs moyennes de pH pour les eaux de pluie. De plus, malgré des moyennes en baisse, l'évolution de ce paramètre n'est pas marquée de façon claire vers une acidification des eaux de pluie.

✚ pour les paramètres non réglementaires :

- conductivité : de façon générale, la conductivité des eaux de pluie est faible, évoluant entre 15 et 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les pics de concentration se retrouvent en avril/octobre 2009, en novembre 2010 et en décembre 2011, principalement sur les stations Usine, Base vie et Port Boisé. Il semblerait que l'on puisse noter une tendance à la diminution en lien avec l'éloignement au site ;
- phosphates : la grande majorité des valeurs est inférieure au seuil de détection (0.2 mg/L). Seule la station Base vie affiche des valeurs supérieures à cette limite en janvier et en novembre 2010.

IX.3. Suivi de la végétation

- suivi initial mené de 2006 à 2010 ;
- études d'investigations menées sur les causes du dépérissement d'une population de chênes gommés dans une forêt à proximité du site industriel et minier ;
- l'industriel a fait appel à une expertise externe afin de valider et poursuivre les premières investigations, mettre en place un protocole de suivi adapté au contexte industriel du site ;
- réseau de stations de suivi qui semble cohérent et effort réel de la part de l'industriel pour la mise en place et le maintien de ces suivis ;
- l'industriel semble avoir fourni un travail plus sérieux sur ce suivi que sur les autres concernant le traitement des données numériques (analyses statistiques) et le reporting.

- ✚ les parcelles suivies sur les 3 stations montrent des formations végétales très diversifiées avec une régénération naturelle importante ;
- ✚ la mesure de l'activité photosynthétique montre des végétaux en bon état de santé sur les parcelles de Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori ;
- ✚ les prélèvements effectués sur les sols, les litières et les feuilles de Forêt Nord et du Pic du Grand Kaori montrent des variations temporelles dont :
 - une augmentation significative des teneurs en azote de la litière et des feuilles,
 - une augmentation linéaire des teneurs en soufre de la litière,
- ✚ les teneurs grandissantes en azote et en soufre dans la litière peuvent suggérer que le phénomène de dépérissement de la forêt de Chêne Gomme pourrait s'étendre à la Forêt Nord malgré le fait que les parcelles présentes sur le Pic du Pin (les plus éloignées du site industriel) ont montré les plus fortes augmentations d'azote ;
- ✚ l'absence de symptôme foliaire visuel, synonyme d'impact dû au SO₂, sur Forêt Nord est lié au fait que le prélèvement d'échantillons de feuilles est difficile à réaliser en raison de la hauteur des arbres, alors que cette strate est la première réceptrice des émissions atmosphériques ;
- ✚ des taux plus importants de mortalité sur la parcelle FN1 située sur le bord de la route avec une augmentation significative des teneurs en manganèse dans la litière et ce en raison des dépôts de poussières ferrugineuses apportées par le trafic routier lors de la construction de l'usine.

Liste des Illustrations

Figures

FIGURE 1 : SCHÉMA DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE.	8
FIGURE 2: LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE DE L'AIR ET DES PLUIES DURANT LA PÉRIODE 2002 À 2011 POUR LE SITE INDUSTRIEL ET MINIER DE VALE NC.	11
FIGURE 3: CARTE DE LOCALISATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES LOCALISÉES SUR LES COMMUNES DE YATÉ, MONT-DORE ET NOUMÉA.	12
FIGURE 4: ORIENTATIONS DES VENTS DOMINANTS SUR LES STATIONS ANÉMOMÉTRIQUES DU PROJET MINIER VALE NC EN SAISON HUMIDE ET EN SAISON SÈCHE EN 2005.	15
FIGURE 5: PROFIL D'ALTÉRATION THÉORIQUE LATÉRITIQUE DU MASSIF DE GORO - (SOURCE : SCHÉMA MODIFIÉ D'APRÈS PELLETIER, 2003).	19
FIGURE 6 : CARTE DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET DES BASSINS VERSANTS DE LA ZONE D'ÉTUDES.	21
FIGURE 7: CARTE DE LOCALISATION DES RÉSERVES BOTANIQUES DANS LA ZONE D'ÉTUDE DU PROJET DE VALE NC.	26
FIGURE 8: FRISE CHRONOLOGIQUE DU PROJET SITUÉ À GORO - (SOURCE : HTTP://WWW.VALE.NC/QUI-SOMMES-NOUS/HISTORIQUE).	28
FIGURE 9 : CARTE DES PRINCIPALES INSTALLATIONS DU PROJET DE VALE NC - (SOURCE : VALE NC).	29
FIGURE 10: SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE INDUSTRIEL DE VALE NOUVELLE-CALÉDONIE- (SOURCE : EMR, 2013 D'APRÈS VALE NC).	30
FIGURE 11: PRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE RÉGLEMENTATION QUI ENCADRE LA THÉMATIQUE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE – (SOURCE : EMR).	43
FIGURE 12: CHRONOLOGIE DES RÉGLEMENTATIONS ET DES SUIVIS CONCERNANT LA QUALITÉ DE L'AIR POUR LE PROJET DE VALE NC SUR LE SITE DE GORO, DE 2004 À 2012 - (SOURCE : VALE NC).	57
FIGURE 13: EMBLACEMENT DES STATIONS PRÉCONISÉES PAR LA RÉGLEMENTATION (ARRÊTÉS DE 2004 ET DE 2008) ET LES STATIONS DE SUIVIS DE L'AIR DE 2005 ET ENTRE 2008 ET 2011.	68
FIGURE 14: CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES EN DIOXYDE D'AZOTE SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011. L'AXE DES ORDONNÉES EST UNE ÉCHELLE LOGARITHMIQUE. LES RÉSULTATS PRÉSENTÉS SUR CE GRAPHIQUE SONT ISSUS DE DONNÉES NON EXPLOITABLES (< 75 % DE DONNÉES DISPONIBLES) – (SOURCES : VALE NC, 2008 À 2011).	77
FIGURE 15 : CONCENTRATIONS MOYENNES HORAIRES MAXIMALES EN DIOXYDE D'AZOTE SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011 (L'ANNÉE 2011 NE FOURNIT PAS DE DONNÉE NUMÉRIQUE). LES RÉSULTATS PRÉSENTÉS SUR CE GRAPHIQUE SONT ISSUS DE DONNÉES NON EXPLOITABLES (< 75 % DE DONNÉES DISPONIBLES) – (SOURCES : VALE NC, 2008 À 2011). FN : FORÊT NORD ; PR : PRONY ; PB : PORT BOISÉ ; BV : BASE VIE.	78
FIGURE 16: CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES EN DIOXYDE DE SOUFRE SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011 - (SOURCES : VALE NC, 2008 À 2011).	80
FIGURE 17 : REPRÉSENTATION DES CONCENTRATIONS MOYENNES HORAIRES MAXIMALES EN SO ₂ SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011 (L'ANNÉE 2011 NE FOURNIT PAS DE DONNÉE NUMÉRIQUE) - (SOURCE : VALE NC, 2008 À 2011). FN : FORÊT NORD ; PR : PRONY ; PB : PORT BOISÉ ; BV : BASE VIE.	81
FIGURE 18 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES EN PM ₁₀ EN SUSPENSION SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011 (SOURCE : VALE NC, 2008 À 2011).	83
FIGURE 19 : CONCENTRATIONS MOYENNES JOURNALIÈRES MAXIMALES EN PM ₁₀ SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2008 À 2011. LES RÉSULTATS PRÉSENTÉS SUR CE GRAPHIQUE SONT ISSUS DE DONNÉES NON EXPLOITABLES (< 75% DE DONNÉES DISPONIBLES) – (SOURCES : VALE NC, 2008 À 2011). FN : FORÊT NORD ; PR : PRONY ; PB : PORT BOISÉ ; BV : BASE VIE.	84
FIGURE 20 : CONCENTRATION MOYENNES ANNUELLES EN MÉTAUX DANS LES PM ₁₀ (PARTICULES DONT LE DIAMÈTRE EST INFÉRIEUR À 10 MICROMÈTRES) EN SUSPENSION, SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES EN 2009. (SOURCE : VALE NC, 2008 À 2011).	86
FIGURE 21: FLUX MOYENS ANNUELS DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES EN 2009 - (SOURCE : VALE NC, 2008 À 2011).	87

FIGURE 22 : FLUX MOYENS DES MÉTAUX DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES, REPRÉSENTÉS SUR UNE ÉCHELLE LOGARITHMIQUE BASE 10, SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES EN 2009 - (SOURCE : VALE NC, 2008 À 2011).	88
FIGURE 23 : CHRONOLOGIE DES RÈGLEMENTATIONS ET DES SUIVIS CONCERNANT LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIE POUR LE PROJET DE VALE NC SUR LE SITE DE GORO, DE 2004 À 2012 (GORO NICKEL).	91
FIGURE 24: LOCALISATION DES STATIONS DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET DE SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIE DURANT LA PÉRIODE 2004 - 2011	97
FIGURE 25 : DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIES - (SOURCE : SUIVIS DE LA QUALITÉ DE L'AIR ET DES EAUX DE PLUIES EN 2009 VALE NC).	98
FIGURE 26 : ÉVOLUTION DE LA CONDUCTIVITÉ SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011 - (SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011).	103
FIGURE 27: ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CHLORURES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011-(SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011).	105
FIGURE 28: ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN NITRATES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011(SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011).	107
FIGURE 29 : ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN PHOSPHATES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011-(SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011). NB : L'ÉCHELLE SUR L'AXE DES ORDONNÉES N'EST PAS LINÉAIRE.....	109
FIGURE 30 : ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN SULFATES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011-(SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011).	110
FIGURE 31 : ÉVOLUTION DU PH SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS ÉTUDIÉES DE 2009 À 2011 - (SOURCE: VALE NC, 2008 À 2011).	112
FIGURE 32 : PRÉSENTATION CHRONOLOGIQUE DES SUIVIS MIS EN PLACE POUR LA VÉGÉTATION ENTRE 2006 ET 2011 – (SOURCE : VALE NC, AOÛT 2011 ET FÉVRIER 2012).....	116
FIGURE 33: CARTE DE LOCALISATION DES PARCELLES DE SUIVIS DE LA VÉGÉTATION (SOURCE : VALE NC, AOÛT 2011 ET MURRAY, JANVIER 2012).....	123
FIGURE 34 : SCHÉMA D'ORGANISATION DES PARCELLES SUR UN SITE – (SOURCE : SUIVI DE L'ÉTAT DE SANTÉ DE LA FLORE DES RÉSERVES FORESTIÈRES PROVINCIALES -VALE NC, AOÛT 2011).....	124
FIGURE 35: LOCALISATION DE LA ZONE AFFECTÉE PAR UN DÉPÉRISSEMENT DES POPULATIONS FLORISTIQUES - (SOURCE : F. MURRAY, JANVIER 2012).....	135
FIGURE 36: CHRONOLOGIE DES SUIVIS À PARTIR DE L'ANALYSE DU DÉPÉRISSEMENT - (VALE NC, 2012)	140

Tableaux

TABLEAU 1: MOYENNE DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES MESURÉES PAR LES TROIS STATIONS DU PROJET GORO NICKEL DE 2003 À 2005 PAR RAPPORT AUX STATIONS DE MÉTÉO FRANCE (EN MM) - (SOURCE : GORO NICKEL-SEPTEMBRE 2007).....	13
TABLEAU 2: DISTRIBUTION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX IDENTIFIÉS DANS LA RÉGION DU GRAND SUD - (SOURCE IRD, 2003).	25
TABLEAU 3: CARACTÉRISTIQUES DES RÉSERVES BOTANIQUES SPÉCIALES SITUÉES AU VOISINAGE DU PROJET - (SOURCE : GORO NICKEL - ETUDE D'IMPACT, 2007).	27
TABLEAU 4: LISTE DES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES GÉNÉRÉS PAR LE PROJET ET EFFETS SANITAIRES ASSOCIÉS [SO ₂ (DIOXYDE DE SOUFRE), NO ₂ (DIOXYDE D'AZOTE)] - (SOURCE : GORO NICKEL, 2007).....	31
TABLEAU 5: SYNTHÈSE DES SOURCES DE POLLUTIONS ET POLLUANTS IMPLIQUÉS DURANT LES DIFFÉRENTES PHASES DU PROJET - (SOURCE : GORO NICKEL, ETUDE D'IMPACT-2007).	32
TABLEAU 6: SOURCES DE POLLUTIONS ATMOSPHÉRIQUES ET RISQUES SANITAIRES POUR L'HOMME - (SOURCE : GORO NICKEL, 2007).	33
TABLEAU 7 : LISTE DES MÉTAUX LOURDS CONTENUS DANS LES POUSSIÈRES GÉNÉRÉS PAR LE PROJET ET LEURS EFFETS SUR LA SANTÉ HUMAINE. [SO ₂ (DIOXYDE DE SOUFRE), NO ₂ (DIOXYDE D'AZOTE)] - (SOURCES : GORO NICKEL, 2007 ; HTTP://WWW.ASEF-ASSO.FR).....	34
TABLEAU 8: CRITÈRES UTILISÉS POUR LA DÉFINITION DE L'IMPORTANCE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX RÉSIDUELS - (SOURCE : URS AUSTRALIA, 2006).....	36

TABLEAU 9: PRÉSENTATION DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE RETENUES POUR L'ÉTUDE DES RISQUES SANITAIRES SUR LA POPULATION EN FONCTION DES POLLUANTS ET LEUR ORGANISME RECENSEUR - (SOURCE : GORO NICKEL, 2007).	38
TABLEAU 10 : TENEUR EN POLLUANTS DANS L'AIR SELON LES DIRECTIVES DE LA SANTÉ HUMAINE POUR LES LIEUX D'HABITATIONS PERMANENTS -(SOURCE : KATESTONE ENVIRONMENTAL- MODÉLISATION DE DISPERSION DANS L'AIR POUR LE PROJET GORO NICKEL-MAI 2007).	40
TABLEAU 11 : TENEURS EN POLLUANTS DANS L'AIR SELON LES DIRECTIVES DE LA SANTÉ HUMAINE POUR LA BASE VIE - (SOURCE : KATESTONE ENVIRONMENTAL - MODÉLISATION DE DISPERSION DANS L'AIR POUR LE PROJET GORO NICKEL-MAI 2007).	41
TABLEAU 12: VALEURS DE CONCENTRATIONS SEUILS POUR LA SUISSE.	45
TABLEAU 13: OBLIGATIONS APPLICABLES AU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR-MÉTAUX CONTENUS DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES POUR L'ALLEMAGNE.	45
TABLEAU 14: VALEURS GUIDES RECOMMANDÉES PAR L'OMS - (SOURCE : ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ).	46
TABLEAU 15 : STANDARDS AUSTRALIENS DE LA QUALITÉ DE L'AIR- (SOURCE : WWW.ENVIRONMENT.GOV.AU).	47
TABLEAU 16 : DÉFINITION DES VALEURS LIMITES, OBJECTIFS DE QUALITÉ, SEUILS DE RECOMMANDATION/INFORMATION ET D'ALERTE EXTRAITS DE LA RÉGLEMENTATION MÉTROPOLITAINE EN VIGUEUR POUR DIFFÉRENTS POLLUANTS.	48
TABLEAU 17 : COMPOSITION DES REJETS ATMOSPHÉRIQUES ET LISTE DES POLLUANTS PRINCIPAUX ÉMIS PAR LES ÉMISSAIRES DE LA RAFFINERIE - (SOURCE : GORO NICKEL, 2007).	50
TABLEAU 18: OBLIGATIONS APPLICABLES A VALE NC POUR LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR - GAZ ET POUSSIÈRES EN SUSPENSION - (SOURCE : ARRÊTÉ N° 1467-2008/PS DU 9 OCTOBRE 2008).	51
TABLEAU 19 : OBLIGATION APPLICABLES AU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR – CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DES MÉTAUX CONTENUS DANS LES PM ₁₀ EN SUSPENSION - (SOURCE : VALE NC, 2009).	52
TABLEAU 20 : LISTE ET DÉTAILS DE TOUS LES DOCUMENTS DISPONIBLES POUR LA RÉALISATION DE L'ÉTUDE. LES LIGNES GRISÉES CORRESPONDENT AUX DOCUMENTS QUI N'ONT PAS ÉTÉ FOURNIS À EMR POUR LA RÉALISATION DE LA PRÉSENTE ÉTUDE – (SOURCE : OEIL 2012).	55
TABLEAU 21 : LISTE DES DOCUMENTS DISPONIBLES EXPLOITÉS POUR LA THÉMATIQUE « AIR ».	58
TABLEAU 22 : DONNÉES NUMÉRIQUES DISPONIBLES POUR LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR POUR LES ÉTATS DE RÉFÉRENCE ET LES SUIVIS ANNUELS.	60
TABLEAU 23: POSITIONNEMENT ET CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS PROPOSÉES PAR LES ARRÊTÉS N° 1769-2004/PS N°1466-2008/PS ET LA CONVENTION BIODIVERSITÉ (SOURCE : GORO NICKEL, 2008).	64
TABLEAU 24 : PARAMÈTRES MESURÉS POUR LA DÉFINITION DE LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT ET MÉTHODES DE RÉFÉRENCES ASSOCIÉES.	64
TABLEAU 25 : COORDONNÉES DES STATIONS DE SUIVIS PRÉCONISÉES LORS DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE-AIR ET LEUR SITUATION PAR RAPPORT AU SITE INDUSTRIEL DE VALE NC, AINSI QUE LES TYPES DE MESURES EFFECTUÉES PAR STATION (PARTICULES EN SUSPENSION ET GAZ DANS UN PREMIER CAS ET LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES ET DE MÉTAUX DANS LE SECOND CAS) - (SOURCE : SÉCHAUD LECES 2005).	65
TABLEAU 26 : TABLEAU DE SUIVIS DE L'AIR DE 2008 À 2011 - (SOURCE: GORO NICKEL).	67
TABLEAU 27: ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET SUIVIS DE 2008 À 2011 : RÉCAPITULATIF DE L'INSTRUMENTATION, DES MÉTHODES EMPLOYÉES, DES NORMES UTILISÉES ET DES FRÉQUENCES - (SOURCE : VALE NC, SUIVIS DE 2005 À 2011).	69
TABLEAU 28 : POURCENTAGE DES DONNÉES DISPONIBLES POUR LES MESURES CONTINUES (MOYENNE HORAIRE ET JOURNALIÈRE) EN SO ₂ (DIOXYDE DE SOUFRE), NO ₂ (DIOXYDE D'AZOTE), PM ₁₀ (PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'AIR DONT LE DIAMÈTRE EST INFÉRIEUR À 10 µM) POUR TOUTES LES ANNÉES DE SUIVIS. EN GRAS, LES DONNÉES POUVANT ÊTRE EXPLOITÉES (>75%) ET - = PAS DE DONNÉE DISPONIBLE -(SOURCE : SUIVIS DE GORO NICKEL, 2008-2011).	74
TABLEAU 29 : POURCENTAGE DES DONNÉES DISPONIBLES SUR LES STATIONS DE SUIVIS DE LA QUALITÉ DE L'AIR, POUR LES MÉTAUX CONTENUS DANS LES PM ₁₀ EN SUSPENSION AINSI QUE DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES DE 2008 À 2011. EN GRAS, LES DONNÉES POUVANT ÊTRE EXPLOITÉES (>75%) ET - = PAS DE DONNÉE DISPONIBLE - (SOURCE : GORO NICKEL, 2008-2011)..	75
TABLEAU 30 : LISTE DES DOCUMENTS DISPONIBLES EXPLOITÉS POUR LA THÉMATIQUE « EAUX DE PLUIE ».	92
TABLEAU 31 : DESCRIPTION DES DONNÉES NUMÉRIQUES UTILISÉES DANS LA BIBLIOGRAPHIE POUR LES SUIVIS DE LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIE.	93
TABLEAU 32: LOCALISATION DES STATIONS DE SURVEILLANCE DES EAUX DE PLUIES PRÉCONISÉES PAR LES ARRÊTÉS 1769-2004/PS ET 1466-2008/PS.	94

TABEAU 33 : DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DU SUIVI DES EAUX DE PLUIES PRÉCONISÉ DANS LA CONVENTION POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ.....	95
TABEAU 34: LOCALISATION DES STATIONS DE SURVEILLANCE DES EAUX DE PLUIE DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE (2002-2005)-(SOURCE : VALE NC) 2005).....	95
TABEAU 35: LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVIS POUR LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIE, DE 2008 À 2011 - (SOURCE: VALE NC, 2008).....	96
TABEAU 36: PARAMÈTRES ET MÉTHODES D'ANALYSE DES CAMPAGNES DE MESURES DE LA QUALITÉ DES EAUX DE PLUIES- (SOURCE : GORO NICKEL, ETAT DE RÉFÉRENCE 2005 ET SUIVIS 2008, 2009, 2010, 2011).	98
TABEAU 37 : MOYENNES, MAXIMA ET MINIMA DES CONCENTRATIONS DANS LES EAUX DE PLUIE EN SULFATES, NITRATES, CHLORURES ET PH SUR LES 4 STATIONS SUIVIES DANS LE CADRE DES ÉTATS DE RÉFÉRENCE ENTRE JANVIER 2004 ET JUILLET 2005 – (SOURCE : VALE NC, SEPTEMBRE 2005).....	99
TABEAU 38 : PARAMÈTRES ET VALEURS MOYENNES PERMETTANT DE DÉFINIR LA COMPOSITION MOYENNE DE L'EAU DE PLUIE (SOURCES : HTTP://WWW.AQUAVALOR.FR/; WWW.AQUALIVE.FR).....	100
TABEAU 39 : POURCENTAGE DES DONNÉES DISPONIBLES POUR LES PARAMÈTRES RÉGLEMENTAIRES DES CAMPAGNES DE SURVEILLANCE DES EAUX DE PLUIE DE 2009 À 2011. EN ROUGE LES DONNÉES NON EXPLOITABLES-(SOURCE : VALE NC 2008, 2009,2010 ET 2011).....	101
TABEAU 40 : ESPÈCES VÉGÉTALES RARES AFFECTÉES PAR LA RAFFINERIE ET LE CENTRE INDUSTRIEL DE LA MINE (SOURCE : GORO NICKEL, ETUDE D'IMPACT 2007).	115
TABEAU 41 : LISTE DES DOCUMENTS DISPONIBLES EXPLOITÉS POUR LA THÉMATIQUE « VÉGÉTATION ».	116
TABEAU 42 : DONNÉES NUMÉRIQUES DISPONIBLES POUR LE SUIVI DE LA VÉGÉTATION.	118
TABEAU 43: LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET POSITIONNEMENT TOPOGRAPHIQUE DES PARCELLES PERMANENTES PLACÉES SUR FORÊT NORD (FN), LE PIC DU GRAND KAORI (PGK) ET LE PIC DU PIN (PP) - (SOURCE : VALE NC, AOUT 2011).....	122
TABEAU 44 : ORGANISATION DES PARCELLES ET MESURES SUR LES PARCELLES DE VÉGÉTATION - (SOURCE : VALE NC, AOUT 2011) NA : NON APPLICABLE.	124
TABEAU 45 : SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES (MESURES ET PRÉLÈVEMENTS) DES SUIVIS RÉALISÉS ENTRE 2006 ET 2009 – (SOURCE : VALE NC, AOÛT 2011).	126
TABEAU 46 : PROPOSITION DE RÉDUCTION DU NOMBRE DE PLANTES ANALYSÉES PAR FLUORIMÉTRIE SUR CHAQUE PLACETTE À PARTIR DE 2012 - (SOURCE : VALE NC, FÉVRIER 2012).	127
TABEAU 47 : NOMBRE DE MESURES, DE PRÉLÈVEMENTS ET D'ANALYSES CHIMIQUES RÉALISÉS POUR LA CAMPAGNE DE SUIVI CONCERNANT LA PÉRIODE OCTOBRE 2010 À MAI 2011 - (SOURCE: VALE NC, FÉVRIER 2012).....	128
TABEAU 48: ANALYSE DES POSSIBLES SOURCES DE DÉPÉRISSEMENT ET CONCLUSIONS DES ÉTUDES - (SOURCE : VALE NC, OCTOBRE 2011).....	136
TABEAU 49 : ÉLÉMENTS ANALYSÉS PAR TYPE D'ÉCHANTILLONS. EN NOIR LES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS EN MÉTROPOLÉ, EN BLEU LES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS EN AUSTRALIE – (SOURCE : VALE NC, 2011).	138
TABEAU 50: LOCALISATION DES SITES VISITÉS LORS DES EXPERTISES DE TERRAIN ET DES RÉSULTATS DES OBSERVATIONS FAITES - (SOURCE: F.MURRAY, JANVIER 2012).....	141
TABEAU 51: CONCENTRATION FOLIAIRE EN SOUFRE CHEZ L'ESPÈCE <i>TRISTANIOPSIS GUILLAINII</i> ÉCHANTILLONNÉE SUR LES SITES IMPACTÉS OÙ CETTE ESPÈCE MONTRE DES DOMMAGES IMPORTANTS ET SUR LES SITES TÉMOINS OÙ LES ESPÈCES NE PRÉSENTENT AUCUNE DÉGRADATION - (SOURCE: F.MURRAY, JANVIER 2012).	142
TABEAU 52:CONCENTRATIONS FOLIAIRES EN SOUFRE ET EN AZOTE MESURÉES SUR DEUX ESPÈCES VÉGÉTALES SUR SITES IMPACTÉS ET SUR SITE TÉMOIN. LES ÉCHANTILLONS ONT ÉTÉ COLLECTÉS EN OCTOBRE 2011 PUIS SÉCHÉS ET BROYÉS AVANT LA DIGESTION (SOURCE: F.MURRAY, JANVIER 2012).....	142
TABEAU 53 : CONCENTRATIONS EN SO ₂ AMBIANT MESURÉES PAR LA STATION DE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR QUI EST LOCALISÉE À L'OUEST DE L'AIRE DE STOCKAGE DU SOUFRE ET DATANT DU 18/11/2011, DURANT UN INCENDIE AU NIVEAU DE CETTE ZONE – (SOURCE : SCAL'AIR, 2012).	143
TABEAU 54: RÉPARTITION DES ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS - (SOURCE : F.MURRAY, JANVIER 2012).	144
TABEAU 55: STATUT DES INVESTIGATIONS DE JANVIER 2012 - (SOURCE : F.MURRAY).	145

Bibliographie

ADEME, 2003. Règles et recommandations en matière de Validation des données - Critères d'agrégation - Paramètres statistiques. Document technique, 68 pp.

Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux indices de la qualité de l'air. JORF n°274 du 25 novembre 2004 page 19977, texte n° 48.

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 - 2012 (Volet 2/2), 57 pp.

Goro Nickel, 2004. Etude d'impacts. Tome 3 - Origine, nature et gravité de la pollution - Volume2 - Chapitre 1: émissions atmosphériques -. 24 pp.

Goro Nickel, 2004. Etude d'impacts. Tome 3 - Effets environnementaux du projet - Volume 3 - Effets environnementaux du projet - Chapitre 2 - Qualité de l'air et bruits. 45 pp.

Goro Nickel, 2005. Rapport Etat de références des eaux de pluie. 10 pp.

Goro Nickel, 2006. Etude d'impacts. Annexe III-B-3. Diagramme des émissaires atmosphériques. Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées. 112 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-B-5. Détail des calculs des émissions diffuses de la raffinerie. 16 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-B-2. Caractéristiques des principaux générateurs électriques utilisés en phase de construction. 3 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-B-4. Détail du calcul des émissions de gaz à effet de serre. 4 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Volume III - Section C. Méthode de collecte des données. 5 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-B-3. Diagramme des émissaires atmosphériques. Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées. 3 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Volume III - Section A - Partie 1. Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées - parc à résidus miniers de la Kwé Ouest. 130 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-C-2-2. Goro Nickel, plan de surveillance de la qualité de l'air et des eaux de pluie, avril 2007. 32 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts - Volume III - Section C. Evaluation des effets. 243 pp.

Goro Nickel, 2007. Etude d'impacts - Volume III - Section A - Caractérisation de l'environnement - Chapitre 2: Environnement atmosphérique. 34 pp.

Katestone Environmental, 2007. Modélisation révisée de la dispersion des émissions atmosphériques de projet Goro Nickel, mai 2007. 40 pp.

Katestone Environmental, 2007. Etude d'impacts. Annexe D - Projet Goro Nickel - Méthodologie de modélisation. 8 pp.

Katestone Environmental, 2007. Etude d'impacts. Annexe A - Projet Goro Nickel - Emissions maximum des principaux polluants: SO₂, NO₂, PM₁₀, Co, Cd, Hg et Pb et comparaison avec les directives 1997 - 2002. 75 pp.

Katestone Environmental, 2007. Etude d'impacts. Annexe B - Projet Goro Nickel - émission maximum des polluants supplémentaires, COV, HAP, HCl, Ni, Cd, Hg, Tl, As, Se, Te, Pb et métaux 1997-2002. 58 pp.

Katestone Environmental, 2007. Etude d'impacts. Annexe C- Projet Goro Nickel - Dépôt de particules 1997-2002. 50 pp.

Katestone Environmental, 2007. Etude d'impacts. Annexe III-C-2-1- Modélisation révisée de la dispersion des émissions atmosphériques de projet Goro Nickel, mai 2007. 40 pp.

LBTP / Séchaud, 2005. Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle - Calédonie. Campagne de mesures saison sèche. 46 pp.

LBTP / Séchaud, 2005. Evaluation de la qualité de l'air ambiant avant exploitation de gisements de minerai de nickel et cobalt dans la Province Sud de la Nouvelle - Calédonie campagne de mesures saison humide. 49 pp.

Murray F., 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. 36 pp.

Province Sud de la Nouvelle - Calédonie, 2008. Arrêté n°1769'2004/PS du 15 octobre 2004 autorisant la société Goro Nickel à exploiter une usine de traitement de nickel et de cobalt dont la capacité de production nominale est de 54 000 tonnes de nickel et 5400 tonnes de cobalt par an aux lieux-dits "Goro" et "Prony - est" sur les communes de Yaté et du Mont-Dore.

Province Sud de la Nouvelle - Calédonie, 2008. Convention N° C.238.09 - Fixant les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité.

Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, 2008. Arrêté n°1466'2008/PS du 9 octobre 2008 -Autorisant l'exploitation d'une aire de stockage à résidus et ses cellules de suivi par la société Goro Nickel SAS site de la Kwé Ouest commune de Yaté.

Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, 2008. Arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt sise "Baie Nord" commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine "Kwé Nord" - commune de Yaté. 170 pp.

Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, 2012. Arrêté n°1946-2012/ARR/DIMENC du 5 septembre 2012 fixant des mesures complémentaires relatives au suivi par la société Vale Nouvelle-Calédonie SAS de la qualité de l'air et de la végétation au droit de l'usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt, lieu-dit Goro, commune du Mont-Dore. 1 pp.

URS, 2007. Annexe III-C-1., Méthodologie employée dans l'évaluation des effets environnementaux, novembre 2006. 38 pp.

Vale NC, 2005. Rapport Etat de références de la qualité de l'air. 10 pp.

VALE NC, 2009. Suivi environnemental. Rapport annuel 2008: Suivi de la qualité de l'air ambiant. 37 pp.

VALE NC, 2010. Suivi environnemental. Rapport annuel 2009: Suivi de la qualité de l'air ambiant. 71 pp.

VALE NC, 2011. Suivi environnemental. Rapport annuel 2010: Suivi de la qualité de l'air ambiant. 33 pp.

VALE NC, 2011. Suivi environnemental. Rapport premier semestre 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant. 21 pp.

VALE NC, 2011. Suivi environnemental Rapport annuel 2011: Suivi de la qualité de l'air ambiant. 23 pp.

Vale NC, N'Guyen J-M., 2011. Investigations sur la cause du dépérissement d'une formation végétale dominée par le chêne gomme en aval du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie - rapport d'étape. 71 pp.

Vale NC, 2011. 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. 87 pp.

Vale NC, 2011. Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales - période 2011. 36 pp.

Vale NC, 2011. Guide des symptômes sévères associés au dioxyde de soufre sur la flore indigène du grand sud. 7 pp.

Vale NC, Mc Coy S., 2012. Evaluation des causes du dépérissement des populations de Chêne gomme en aval de l'usine de Vale NC. 2 pp.

Vale NC, 2012. Présentation PPT faite au CA de l'CEIL. 17 pp.

Vale NC, 2012. Présentation de Vale au forum milieux terrestre 2012. 17 pp.

