

EXPLOITATION MINIERE ET VALORISATION DU PATRIMOINE FLORISTIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

Contribution à l'élaboration d'un guide pratique de reboisement des terrains
miniers du Grand Sud

(Sud de la ligne Mont-Dore –Yaté)



MAZZEO Flora
Mémoire de DESS
Juin 2004

Formation co-financée par le Département de La Réunion

Maîtres de stage professionnel

Mr **JAFFRE** Tanguy
Mr **ROBINEAU** Bernard

Maîtres de stage universitaire

Mr **PAILLER** Thierry
Mr **STRASBERG** Dominique

Avis au lecteur :

Le présent document constitue un mémoire de stage professionnel et son contenu est sous la responsabilité exclusive de son auteur.

REMERCIEMENTS

Qu'il me soit permis de remercier tout d'abord Mr Tanguy JAFFRE de m'avoir accueillie au sein du Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale Appliquées de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et de m'avoir fait partager ses connaissances et réflexions sur la problématique de la revégétalisation en Nouvelle-Calédonie.

Je remercie également Mr COLIN, directeur du Centre IRD de Nouméa, pour avoir mis à ma disposition tous les moyens techniques et financiers nécessaires à l'élaboration de ce travail, Mr DAGOSTINI pour ses conseils et son soutien moral tout au long de mon stage, Jacqueline, Laure, William, Jojo et Joseph pour leur présence et leur bonne humeur au cours des moments les plus durs, et enfin Frédérique RIGAULT qui a cru en mon autonomie jusqu'au dernier moment et sans qui ce rapport n'aurait peut-être pas vu le jour.

Mes remerciements vont aussi à Messieurs BONNET, LAJOIE et NAIM-GESBERG, pour m'avoir donné la chance de poursuivre cette formation dans les meilleures conditions.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près comme de loin, à la finalisation de ce travail, en pensant particulièrement à Messieurs PAILLER, ROBINEAU et STRASBERG pour leur ultime relecture.

A Sylvie...

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1. BILAN ENVIRONNEMENTAL	2
1.1. CARACTERISATION DU MILIEU	2
1.1.1. Les écosystèmes terrestres.....	2
<i>Une flore exceptionnelle.....</i>	<i>2</i>
<i>Une faune à découvrir.....</i>	<i>9</i>
1.1.2. Les écosystèmes aquatiques.....	10
<i>Les écosystèmes d'eau douce, des milieux encore peu étudiés.....</i>	<i>10</i>
<i>Des écosystèmes marins souvent menacés</i>	<i>10</i>
1.1.3. Les ressources naturelles.....	10
<i>Des ressources minières importantes</i>	<i>10</i>
<i>Les ressources forestières.....</i>	<i>12</i>
<i>Les ressources hydriques.....</i>	<i>12</i>
<i>Les ressources énergétiques</i>	<i>14</i>
1.1.4. Les aires protégées	16
<i>Les réserves terrestres : un réseau dans le Grand-Sud</i>	<i>16</i>
<i>Les réserves marines</i>	<i>17</i>
1.2. ENVIRONNEMENT SOCIO-ECONOMIQUE	18
1.2.1. Population et démographie.....	18
<i>Localisation et répartition</i>	<i>18</i>
<i>Emploi.....</i>	<i>19</i>
<i>Equipements dans les tribus.....</i>	<i>19</i>
1.2.2. Situation économique	20
<i>Tourisme</i>	<i>20</i>
<i>Collectivités, artisanat et industries</i>	<i>20</i>
1.2.3. Gestion de l'environnement.....	20
<i>Compétences environnementales</i>	<i>20</i>
<i>Réglementation.....</i>	<i>22</i>
<i>Actions menées</i>	<i>23</i>

1.3.	ACTIVITES MINIERES ET EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	23
1.3.1.	<i>Impacts possibles des exploitations minières sur l'environnement</i>	23
1.3.2.	<i>Les techniques d'exploitation plus respectueuses de l'environnement.....</i>	24
	<i>Prospection et sondage</i>	24
	<i>Ouverture des pistes.....</i>	24
	<i>Décharges stériles.....</i>	24
	<i>Extraction</i>	24
1.3.3.	<i>L'impact de Goro Nickel sur le sud calédonien.....</i>	25
1.4.	LA RESTAURATION DES SITES MINIERES	26
1.4.1.	<i>Personnel et services affectés</i>	26
	<i>Province Sud.....</i>	26
	<i>Sociétés minières</i>	27
	<i>Communes</i>	27
1.4.2.	<i>Budgets alloués pour la réhabilitation</i>	27
	<i>Province Sud.....</i>	27
	<i>Société minière : Inco-GoroNickel</i>	28
	<i>Société privée SIRAS pour INCO</i>	28
	<i>Communes</i>	28
1.4.3.	<i>Surfaces restaurées.....</i>	28
	<i>Province Sud.....</i>	28
	<i>Inco-GoroNickel.....</i>	29
	<i>Communes</i>	29
2.	GUIDE PRATIQUE	30
2.1.	LES TECHNIQUES DE REVEGETALISATION	30
2.1.1.	<i>Choix des espèces</i>	30
2.1.2.	<i>Récolte</i>	31
	<i>Période</i>	31
	<i>Techniques de récolte</i>	32
	<i>Extraction des semences et stockage.....</i>	33
2.1.3.	<i>Production – multiplication.....</i>	34
	<i>Germination.....</i>	34
	<i>Bouturage</i>	36
2.1.4.	<i>Installation de la végétation</i>	37
	<i>Préparation du terrain.....</i>	37
	<i>Utilisation du top soil</i>	38
	<i>Plantation</i>	39
	<i>Utilisation de copeaux de bois.....</i>	41
	<i>Utilisation de biotextiles</i>	42

2.2.	FICHES TECHNIQUES DES ESPECES UTILISEES	43
------	---	----

Fiche n°1 : *Alphitonia neocaledonica*

Fiche n°2 : *Codia montana*

Fiche n°3 : *Costularia comosa*

Fiche n°4 : *Flagellaria neocaledonica*

Fiche n°5 : *Guioa vilosa*

Fiche n°6 : *Gymnostoma deplancheanum*

Fiche n°7 : *Hibbertia pancherii*

Fiche n°8 : *Myodocarpus fraxinifolius*

Fiche n°9 : *Tristaniopsis glauca*

Fiche n°10 : *Tristaniopsis guillanii*

Fiche n°11 : *Uromyrtus emarginatus*

Fiche n°12 : *Xanthostemon aurantiacus*

Fiche n°13 : *Xanthostemon multiflorus*

3. PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS.....57

3.1.	ÉTUDES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	57
3.1.1.	L'utilisation des Top soils.....	57
3.1.2.	Les mycorhizes du sol et associations symbiotiques.	58
3.1.3.	Les processus de floraison et fructification à maîtriser.....	58
3.1.4.	L'ensemencement par hydroseeding : une alternative efficace	58
3.2.	LES MOYENS ECONOMIQUES NECESSAIRES	59
3.3.	LES MOYENS REGLEMENTAIRES ET VOLONTE POLITIQUE	59

CONCLUSION.....60

BIBLIOGRAPHIE.....61

SOMMAIRE DES FIGURES ET TABLEAUX

Table des figures :

Figure 1: Maquis ligno-herbacé à hydromorphie temporaire.....	5
Figure 2 : Maquis ligno-herbacé à hydromorphie permanente.....	5
Figure 3 : Maquis paraforestier à chêne gomme (<i>Arillastrum gummiiferum</i>).....	7
Figure 4 : Maquis semi ouvert à dense dominé par <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	7
Figure 5 : Répartition des roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie.....	10
Figure 6 : Profil d'altération sur péridotites en Nouvelle-Calédonie.....	11
Figure 7 : Vue du lac de Yaté.....	13
Figure 8 : Vue du barrage de Yaté après vidange (2003).....	13
Figure 9 : Vue aérienne des éoliennes du col de Plum.....	14
Figure 10 : Schéma technique de la centrale électrique de Yaté	15
Figure 11 : Cartographie des réserves terrestres et marines de la zone d'étude.....	17
Figure 12 : Panneau d'entrée de la pépinière de la SIRAS	26
Figure 13 : Revégétalisation par SIRAS du caniveau périphérique de l'usine de Goro	30
Figure 14 : Technique de récolte des graines de Cyperaceae	32
Figure 15 : Séchage des semences par infrarouge.....	33
Figure 16 : Dépulpage manuel des graines.....	33
Figure 17 : Jeunes plantules en pochons forestiers	35
Figure 18 : Brumisateur pour germination	36
Figure 19 : Préparation du terrain et revégétalisation avec toile de jute	38
Figure 20 : Recolonisation naturelle du top-soil par les Cyperaceae	39
Figure 21 : Plantation des plantules en présence d'engrais.....	39
Figure 22 : Plantation manuelle de jeune plantules.....	39
Figure 23 : Pesée des graines pour le semis manuel	40
Figure 24 : Sac de mélange de graines pour le semis manuel	40
Figure 25 : Ajout d'engrais longue	41
Figure 26 : Semis à la volée d'espèces.....	41
Figure 27 : Copeaux de bois issus de la végétation décapée.....	41
Figure 28 : Mise en place de toiles de jute après plantation et semis.....	42

Table des tableaux :

Tableau 1: Surface des réserves botaniques et minières.....	16
Tableau 2: Coûts de la revégétalisation par la société minière INCO.....	28
Tableau 3 : Coûts de la revégétalisation par la société SIRAS (Hydroseeding)	28
Tableau 4: Surfaces restaurées par INCO depuis 1997	29
Tableau 5 : Surfaces restaurées par la commune de Yaté	29
Tableau 6 : Choix des espèces pour le revégétalisation	31

Avant propos

Le développement économique de la Nouvelle-Calédonie basé sur l'exploitation intensive de nickel risque de mettre en danger ce territoire à la richesse biologique tout à fait exceptionnelle.

Mon projet était ambitieux, trop sans doute, vu le temps disponible. Je me suis attachée néanmoins à montrer qu'il était possible de concilier les impératifs industriels du développement et la préservation du patrimoine biologique à condition de réhabiliter systématiquement les sites miniers dégradés.

Les décideurs, qui sont en train de prendre conscience de l'importance du problème doivent savoir que des solutions techniques existent. C'est pourquoi il m'a semblé utile de mettre au point et de proposer à l'intention des différents opérateurs industriels un véritable guide pratique de réhabilitation des sites miniers.

INTRODUCTION

La Nouvelle-Calédonie, située entre 18° et 23° S et 164° et 167° E, est constituée d'une île principale, la Grande Terre, et de dépendances, qui représentent une surface totale émergée de 18.585 km². La ZEE (Zone Economique Exclusive) a été évaluée à 1.740.000 km² dans l'océan Pacifique. La population est de 196.836 habitants (1996). Avec une densité d'environ 11 hab./km², le Territoire reste peu peuplé. La répartition de la population est très hétérogène avec 68% de la population en Province sud, dont 60% sur environ 1% du Territoire, dans le Grand Nouméa.

Du point de vue géologique, cette île a connu des phases d'obduction qui ont engendré des particularités édaphiques que l'on ne retrouve nulle part au monde. En effet, la Nouvelle-Calédonie possède la plus grand gisement de minerai de nickel mondial, qui la place deuxième exportateur mondial de nickel après le Canada. L'industrie métallurgique, bien que fluctuante, joue donc un rôle primordial dans l'économie du pays. En effet, les activités minières représentent entre 5 et 25% du PIB suivant les années et constituent l'essentiel des exportations du pays. Il existe cependant un fort déséquilibre économique entre la Province Sud, où s'inscrit la majorité des activités tertiaires, et le reste du Territoire.

Du point de vue environnemental, la Nouvelle-Calédonie présente des milieux riches et diversifiés qui la place au 5^{ème} rang mondial de biodiversité. Cependant, ces milieux sont souvent menacés de disparition par les activités minières. Il s'agit donc de préserver prioritairement les zones encore intactes et de mettre en place des stratégies de réhabilitation pour les sites dégradées. Pour cela, un bilan environnemental et socio-économique des zones concernées doit être dressé afin de connaître les particularités de chaque milieu. La mise en place d'un guide pratique de revégétalisation, consultable par les industriels et politiques, doit pouvoir aider à une gestion durable de la ressource minière. Enfin, l'approfondissement des connaissances permettra d'optimiser les techniques de restauration des sites miniers jusqu'à aboutir à une gestion raisonnée et un développement durable de l'activité minier.

1. BILAN ENVIRONNEMENTAL

1.1. Caractérisation du milieu

1.1.1. Les écosystèmes terrestres

Une flore exceptionnelle

Généralité

Le massif du Grand Sud représente, de par sa composition floristique, une entité phytogéographique à part entière en Nouvelle Calédonie. A ce jour, plus de 550 espèces ont été recensées dans le Grand Sud (89 familles et 223 genres), avec un taux d'endémisme spécifique atteignant plus de 90%. Parmi ces espèces, certaines sont extrêmement rares et menacées d'extinction. On citera notamment une des six espèces du genre *Araucaria* présente dans le massif, *Araucaria nemorosa*, qui est gravement menacée d'extinction selon les critères de l'IUCN. (Morat P., 1999) [Annexes 1 et 2]

L'originalité de la flore de ce massif est dû à plusieurs paramètres. D'une part, la composition des sols (sols ultramafiques, pauvres en éléments nutritifs, N,P,K et riches en métaux lourds) a engendré une évolution spécifique des végétaux, qui ont du résister à la toxicité de certains éléments.

D'autre part, le climat humide dont bénéficie le massif du Grand Sud (3100 mm/an), a permis à certaines espèces d'altitude d'occuper des zones plus basses. Par exemple, *Araucaria rulei* que l'on trouve à moins de 350 m dans le massif du grand sud, vit généralement entre 600m et 900m d'altitude sur les autres massifs ultramafiques de l'île (Koniambo, Kaala) (Dagostini G., 1997).

Ces différents paramètres ont induit une grande variabilité des groupements végétaux qui y sont représentés. De plus, certaines formations végétales et espèces associées que l'on observe, telles que les maquis paraforestier à *Gymnostoma deplancheanum* ou à *Arillastrum gummierum*, sont endémiques de cette région.

Les groupements végétaux et espèces associées.

On distingue alors 3 grands types de formations végétales : les forêts denses humides, les maquis miniers et les végétations de zones humides. Chacun de ces groupements possède des faciès variés, selon le degré d'anthropisation du milieu (feu, déforestation...). Une typologie différente est utilisée pour chaque formation. (Jaffre T., 1994, 2003)

Les forêts/

On distingue les forêts littorales des forêts humides sempervirentes de basse et moyenne altitude.

Les forêts du littoral sont présentes sur roches ultramafiques, sur colluvions ultramafiques ou sur corail soulevé à moins de 100 mètres d'altitude. La strate arborée est dominée par *Araucaria columnaris* (pin colonnaire). On retrouve aussi le tamanou de bord de mer (*Calophyllum inophyllum*) ainsi que le cocotier (*Coco nucifera*), et différentes espèces du genre *Pandanus*.

Les forêts humides sempervirentes de basse et moyenne altitude se développent sur sols ferrallitiques, à plus de 100 mètres d'altitude, là où les précipitations annuelles moyennes dépassent 1500 mm.

La strate arborée est composée essentiellement d'essences exploitées en bois d'œuvre, telles que le Kaori (*Agathis lanceolata*), le tamanou (*Calophyllum caledonicum*) ou encore le Houp (*Moutrouziera cauliflora*) et le chêne gomme (*Arillastrum gummiferum*). La strate arborée peut-être surcimmée par des gymnospermes, tels que *Agathis lanceolata*, *Araucaria montana* ou encore *A. bernier*. La strate arbustive comprend entre autre, de nombreuses espèces de palmiers et *Pandanus*. Parmi la strate herbacée, on retrouve essentiellement des fougères, des cypéracées ainsi que de nombreuses espèces d'orchidées endémiques.

On peut distinguer différents faciès au sein des forêts sempervirentes, en fonction de l'abondance de certaines espèces. Par exemple, les forêts à chêne gomme (*Arillastrum gummiferum*) sont un faciès particulier des forêts humides dont il ne reste que quelques fragments isolés qui ont résisté aux feux et aux exploitations forestières.

Les maquis miniers

Ces formations, qui occupent 90% des terrains ultramafiques, s'étendent du niveau de la mer jusqu'au plus haut sommet (le Pic du Pin culmine à 669 m dans le massif du sud) et supportent une pluviométrie annuelle qui peut varier entre 900 et 4000 mm. **[Annexes 3-4-5]**

Il s'agit de formations sclérophylles sempervirentes héliophiles, arbustives plus ou moins buissonnantes ou ligno-herbacées à strate cypéracéenne dense (Jaffré, 1980). Il existe une grande variabilité phytosociologique et structurale au sein de ces formations, avec de nombreuses transitions vers la forêt.

Le maquis ligno-herbacé possède deux faciès différents suivant l'hydromorphie du sol.

- 1- Le maquis ligno-herbacé sur sols ferrallitiques ferritiques bien drainé. Il est constitué d'une strate herbacée cypéracéenne abondante et diversifiée (*Costularia nervosa*, *C. pubescens*, *Lepidosperma perteres*, *Schoenus juvenis*, *S. neocaledonicus*). La composition floristique et physionomique de la strate arbustive varie en fonction de la localisation.

Sur les crêtes et les pentes érodées, la strate arbustive, inférieure à 1,50 m, est composée d'espèces répandues des maquis miniers, la plupart adaptées au feu. On retrouve notamment *Cloezia artensis*, *Myrtastrum rufopunctatum* (Myrtaceae), *Grevillea exul* var. *rubiginosa* (Proteaceae), *Pancheria alternoides* (Cunoniaceae)... Cette formation s'apparente à l'association à *Costularia pubescens* et *Styphelia albicans* (Jaffré, 1980 et Morat P. & al., 1996). Au total, ce sont 87 espèces recensées avec 91% d'endémicité.

Sur les bas-de-pente et piedmonts, la strate arbustive, qui peut atteindre entre 3 m et 6 m, possède, en plus du cortège floristique cité précédemment, des espèces caractéristiques des formations pré forestières. On retrouve notamment *Myodocarpus fragilifolius* (Araliaceae), *Eugenia stricta* (Myrtaceae), *Alphitonia neocaledonica* (Rhamnaceae). 132 espèces ont été observées dans ce type de formation avec un taux d'endémicité supérieur à 90%.

Cette formation végétale est très importante puisqu'elle représente un stade évolué du maquis vers la forêt. De plus, elle forme des ceintures végétales en bas de pente propices à la reconstitution d'une végétation forestière.

Il est donc primordial de préserver ce type de végétation et de réhabiliter prioritairement les sites dégradés. Ceci afin de favoriser la recolonisation naturelle des habitats environnants.

- 2- Le maquis ligno-herbacé sur sols plus ou moins hydromorphes au sein duquel il est possible de différencier 2 sous-faciès. L'un situé sur piedmonts (avec une hydromorphie temporaire), l'autre situé sur les basses plaines (cours d'eau ou zones humides).

Sur piedmont, et bas de pente, cette association à *Costularia comosa* et *Homalium kanaliense*, bénéficie d'un apport en eau et matière organique issu des pentes. La strate herbacée cypéracéenne est constituée essentiellement de *Costularia comosa*, *Costularia stagnalis* et *Lepidosperma perteres*. La strate arbustive, ne dépassant guère 1.50 m de haut est généralement surcimmée d'espèces caractéristiques telles que *Stenocarpus umbelliferus* (Proteaceae), *Xanthostemon aurantiacus* (Myrtaceae) ou encore *Codia nitida* (Cunoniaceae). 185 espèces ont été recensées dans ce type de milieu avec un taux d'endémisme de 94% **(Figure 1).**



Figure 1: Maquis ligno-herbacé à hydromorphie temporaire



Figure 2 : Maquis ligno-herbacé à hydromorphie permanente

Sur les basses plaines, où l'hydromorphie est permanente, la strate herbacée cypéracéenne est dense et continue. On y retrouve des espèces strictement localisées aux zones humides telles que *Costularia xyridioides*, *Schoenus brevifolius*, *Tricostularia guillauminii*. La strate arbustive est très diffuse (moins de 30% de recouvrement) et ne dépasse guère 1.50 m de haut. Il s'y observe des espèces inféodées aux zones humides et caractéristiques de ce type de formation : *Pancheria communis* (Cunoniaceae) et *Cloezia buxifolia* (Myrtaceae). (**Figure 2**)

Dans les cours d'eau, ce maquis prend un faciès différent, avec des espèces ayant une distribution restreinte telles que *Xanthostemon sulfureus* (Myrtaceae), *Myodocarpus sp.* (Araliaceae) ou encore *Serianthes petitiiana* (Leguminosae). On note également la présence de gymnospermes particulières comme *Retrophyllum minor*, espèce rivulaire, mais également *Podocarpus novaecaledoniae* et, peu représentée, *Neocallitropsis pancheri*. Toutes ces espèces sont endémiques de la Nouvelle-Calédonie et sont souvent présente sur la liste rouge de l'IUCN.

Les maquis ligno-herbacés hydromorphes constituent un écosystème original que l'on rencontre uniquement dans le massif du Grand Sud.

Le maquis buissonnant sur sol ferrallitique ferritique induré ou gravillonnaire est un fourré fortement buissonnant avec une strate herbacée réduite. La strate arbustive, constituée d'arbrisseaux ramifiés, peut être plus ou moins haute et dense selon le degré d'évolution du couvert végétal vers une formation de type « forêt ». On distingue donc différents faciès en fonction de la physionomie de la formation végétale, de la nature du sol et des espèces dominantes.

- 1- Le maquis arbustif ouvert sur sol cuirassé représente le stade ultime de dégradation de la végétation. La flore y est peu diversifiée. On retrouve une strate herbacée quasi-nulle (inférieure à 10% de recouvrement, composée principalement de *Costularia arundinacea* (Cyperaceae). La strate arbustive (moins de 30 % de recouvrement), ne dépassant pas 1.50 mètre de haut, est composée essentiellement de *Gymnostoma deplancheanum* (Casuarinaceae) et *Myodocarpus crassilifolius* (Araliaceae) épars qui imprime une physionomie particulière à ce groupement. 88 espèces ont été recensées dans ce type de formation, la plupart étant communes dans d'autres types de maquis minier.



Figure 3 : Maquis paraforestier à chêne gomme (*Arillastrum gummiferum*)

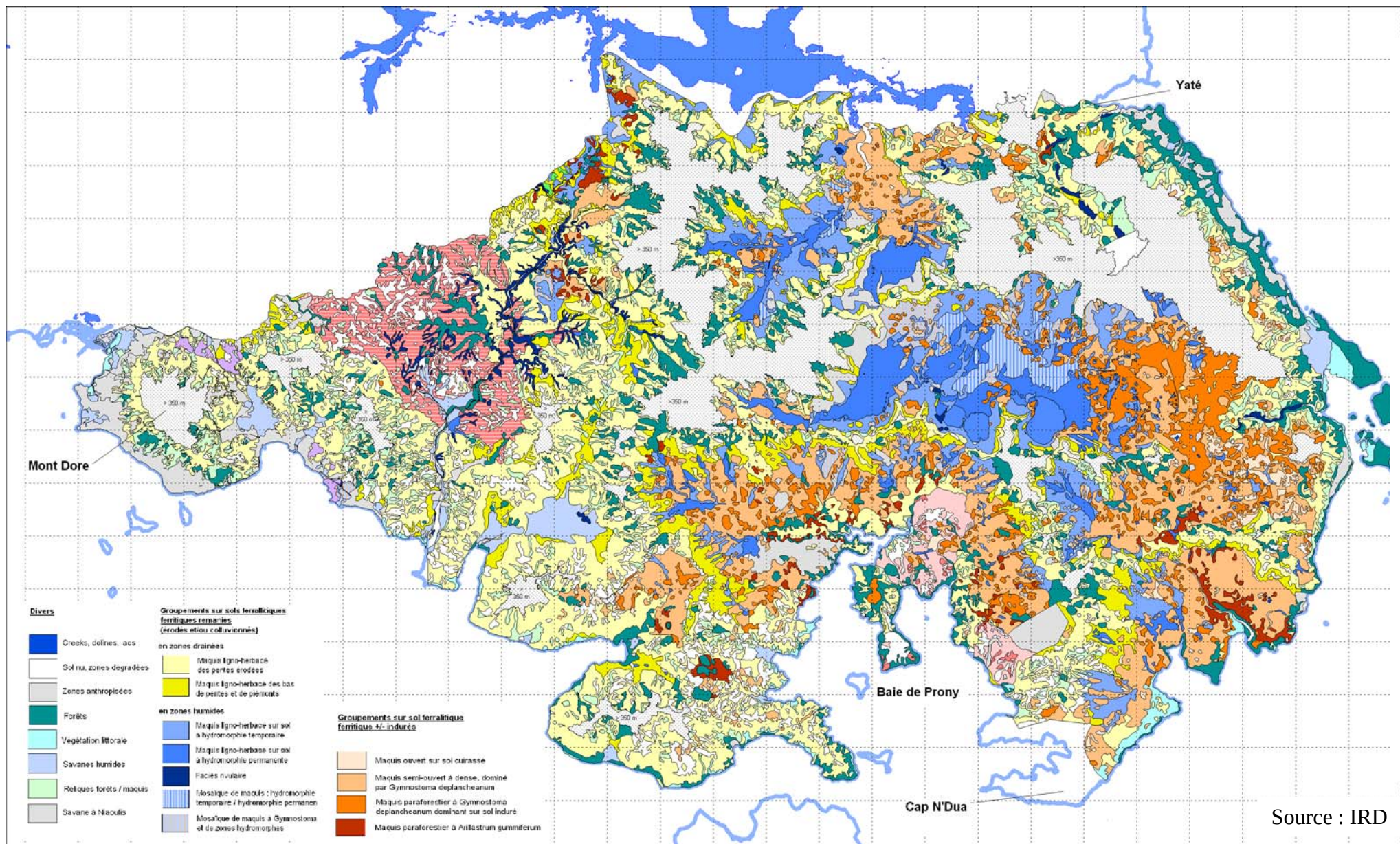


Figure 4 : Maquis semi ouvert à dense dominé par *Gymnostoma deplancheanum*

2- Le maquis arbustif semi-ouvert à dense sur sol ferrallitique gravillonnaire regroupe différents stades de la succession secondaire qui se met en place après la destruction du couvert végétal par le feu. La strate herbacée cypéracéenne ne dépasse pas 20% de recouvrement, et la strate arbustive est essentiellement composée d'espèces grégaires pionnières telles que *Tristaniopsis* spp. ou *Gymnostoma deplancheanum*. On observe cependant une grande diversité floristique au sein de ces formations, puisque 211 espèces y ont été recensées, avec un taux d'endémisme supérieur à 90%.

3- Le maquis paraforestier correspond aux stades d'évolution du maquis arbustif vers des formations plus forestières. La strate herbacée, dont le taux de recouvrement ne dépasse guère les 10% est composée de cypéracées (*Costularia arundinacea* et *Gahnia sieberana*) et de fougères telles que *Stromatopteris moniliformis* (genre monospécifique endémique) ou *Schizaea dichotoma*. La strate arbustive, largement diversifiée, comprend des espèces communes (*Longetia buxoïdes*, *Uromyrtus emarginatus*, *Stenocarpus comptonii*) mais aussi des espèces plus forestières telles que *Syzygium* spp. et *Eugenia* spp. (Myrtaceae) ou encore *Pancheria vieillardii* ou *Codia montana* (Cunoniaceae). Il existe deux types de maquis paraforestier suivant l'espèce dominante la strate arbustive : Le maquis paraforestier à *Gymnostoma deplancheanum* (**Figure 3**) et le maquis paraforestier à *Arillastrum gummiiferum*. (**Figure 4**)

Le maquis arbustif sur sols hypermagnésiens sur serpentinite est un fourré de densité variable, avec une strate cypéracéenne peu fournie. La strate herbacée, composée essentiellement de Cyperaceae (*Gahnia aspera*, *Baumea deplanchei*, *Costularia pubescens*), possède un taux de recouvrement inférieur à 40%, ce qui laisse apparaître les sols érodés. La strate arbustive composée de nano et microphanérophytes comprend les familles des Myrtaceae (*Babingtonia procera*, *Cloezia artensis*, *Xanthostemum multiflorus*, *Uromyrtus ngoyensis*), Proteaceae (*Grevillea gillivrayi*, *Stenocarpus umbeliflorus*), Euphorbiaceae (*Longetia buxoïdes*, *Phyllanthus castus*) ou encore Rubiaceae (*Ixora collina*, *Tarenna microcarpa*). On dénombre plus de 80 espèces inféodées à cette formation végétale avec un taux d'endémisme supérieur à 90%. (Jaffre T., & al. , 2003)



Source : IRD

Les végétations de zones humides

On différencie les zones humides côtières (deltas, mangroves et forêts littorales), qui subissent l'influence marine, des zones humides terrestres à hydromorphie permanente ou temporaire (définies dans les maquis ligno-herbacés).

Les zones humides côtières comprennent les zones deltaïques et les mangroves. Ces dernières ne sont pas cartographiées dans le massif de Gand Sud. Il semble donc que ces formations n'existent pas dans la zone, cependant des relevés de terrains devraient être effectués, notamment au niveau de la baie N'go, afin de vérifier la cartographie actuelle.

Une faune à découvrir

L'état des connaissances sur la faune du Grand Sud est encore très peu avancé. Certaines études ont été réalisées notamment sur les fourmis à la demande de la société Inco. En effet, la famille des Formicidae est reconnue comme un groupe marqueur des habitats, utilisé particulièrement comme indicateur dans le suivi de la réhabilitation des terrains miniers. (Chazeau & al., 2003)

La myrmécofaune

Il existe au moins 98 espèces de fourmis endémiques qui peuplent les terrains miniers soit 53% de la myrmécofaune endémique. Plus de 50% d'entre elles ne sont présentes que dans le Grand Sud. Parmi ces 98 espèces, 27 seulement sont présentes dans les maquis miniers. La myrmécofaune des maquis semble donc moins diversifiée que celle des milieux forestiers. De plus, il faut signaler la présence de 14 espèces introduites envahissantes qui représentent une réelle menace pour les espèces endémiques. En effet, elles sont généralement plus compétitrices et peuvent supplanter les espèces endémiques

L'avifaune

Deux recensements ont été effectués en 2002 pour la Province Sud, dans le massif du Sud. On observe une diversité avi-faunistique plus abondante en forêt qu'en maquis, avec 17 espèces rencontrées dans les forêts et 10 espèces en maquis.. Au total, ce sont 12 espèces endémiques qui ont pu être observées, notamment le Notou («le plus gros pigeon volant au monde»), *Ducula goliath* (Colombidés) qui figure sur la liste rouge de l'IUCN.

L'herpetofaune

Dans l'état actuel des connaissances, 13 espèces de reptiles ont été observées dans le Grand Sud (geckos et scinques), réparties dans quatre genres. Ils seraient tous endémiques du massif du sud, ce qui représenterait 23% des geckos neo-calédoniens et 17% des scinques.

Dans les maquis miniers, on a relevé la présence de 4 geckos et 5 scinques, soit 9 espèces reptiliennes.

1.1.2. Les écosystèmes aquatiques

Les écosystèmes d'eau douce, des milieux encore peu étudiés

Il existe deux types d'écosystèmes d'eau douce : les rivières ou creeks et les lacs. La partie « physique » sera définie à travers les ressources hydriques. En ce qui concerne la faune, 89 espèces ont été répertoriées en 1999, dont 20 % sont endémiques.)

Des écosystèmes marins souvent menacés

Ils sont complexes et diversifiés, mais ne seront malheureusement pas détaillés car les données sont rares et diffuses. Cependant il est important de souligner leur extrême fragilité et vulnérabilité face aux exploitations minières. En effet, les fortes érosions engendrées par le décapage des terrains miniers ont favorisé la sédimentation dans le lagon.

1.1.3. Les ressources naturelles

Des ressources minières importantes

Du point de vue géologique, le massif du Grand Sud calédonien est formé de roches ultramafiques (**Figure 5**), mises en place entre la dernière phase de l'Eocène (-37 Ma) et le début du Miocène. Ces roches ont recouvert les terres émergées lors d'une phase d'obduction. Caractérisées par une forte teneur en magnésium, nickel, chrome et cobalt, les roches ultramafiques représentent un intérêt économique majeur pour le pays. Le nickel, notamment, représente la ressource minière la plus abondante en Nouvelle-Calédonie avec des réserves considérables.



Figure 5 : Répartition des roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie

Issue de l'altération des péridotites (**Figure 6**), le minerai de nickel se présente sous différentes formes suivant le degré d'altération de la roche mère (péridotite). (PELLETIER B., 2001)

Deux types de minerai sont alors disponibles :

Les **saprolites** correspondent à des roches partiellement décomposées sous l'action de la percolation des eaux du sol, plus ou moins chargés en acide après avoir traversé la matière végétale en décomposition à la surface du sol. L'altération se traduit par une augmentation de la porosité de la roche. Ce minerai contient entre 1% et 3% de minerai de nickel.

Les **latérites** constituent un horizon plus évolué et plus altéré. Elles ont une teneur beaucoup plus faible en nickel (0.8 à 1.8%) Les principaux constituants sont des hydroxydes ferriques. Dans la partie supérieure du profil d'altération, on retrouve le stade ultime d'altération : les cuirasses et grenailles.

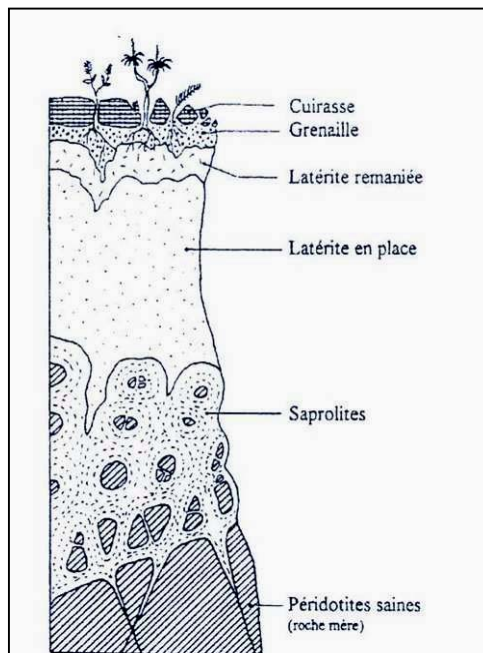


Figure 6 : Profil d'altération sur péridotites en Nouvelle-Calédonie

Dans le massif du Sud, la principale ressource minière provient des latérites. Cette ressource, qui représente les 2/3 du minerai de nickel du territoire, devrait faire l'objet d'une exploitation par une société minière canadienne (Inco Limited) à travers son projet « Goro Nickel » (www.inco-ltd.com).

L'exploitation du minerai ne peut se faire qu'à travers des exploitations à ciel ouvert, type carrière, après décapage des horizons supérieurs du sol (cuirasses et grenailles). Ces techniques d'exploitations, dommageables à l'environnement, ont été nettement améliorées depuis les années 1970. Elles constituent, cependant, une des premières causes de perturbation et de disparition des milieux naturels en Nouvelle Calédonie après le feu (McCoy & al., 2002).

Les ressources forestières

Dans le Sud, 5 périmètres distincts ont été reboisés par la province : Champ de Bataille, Madeleine, Faux bon secours, Marais kiki et Ouénarou. Au total, ce sont plus de 500 ha de plantation à vocation de bois d'œuvres qui ont été réalisées depuis 1986. Seize espèces différentes ont été utilisées dont 13 sont endémiques au territoire. On citera notamment les Araucariaceae, (*Araucaria nemorosa*, *A. rulei* et *A. luxurians*) qui sont des espèces endémiques inscrites sur la liste rouge de l'IUCN. (Com. Pers. Province Sud) [ANNEXE 6]

NB : Il faut signaler l'exploitation « coutumière » d'espèces endémiques, telles que le Kaori et le chêne gomme, par les populations locales pour des besoins quotidiens (constructions de cases, bois de chauffage...).

Les ressources hydriques

Du point de vue hydrographique, le massif de Grand Sud est une zone très particulière. Faisant partie d'une unité géologique à part entière et soumis aux vents dominants, ce massif est caractérisé par un plateau parsemé de dépressions et de lacs permanents résultant de l'altération profonde des péridotites. Les rivières qui coulent sur les latérites présentent un régime hydrologique particulier. Elles rejoignent brutalement la mer par de fortes pentes entre des berges rocheuses.

Les bassins versants (ORSTOM, 1980)

Yaté

Le bassin versant de Yaté, d'une superficie de 436 km², est le plus important du Sud. Son débit mensuel varie selon les saisons : inférieur à 30 m³/s de juillet à décembre (saison sèche) et supérieur à 30 m³/s le reste de l'année. On observe un pic au-dessus de 60 m³/s entre mars et avril. Les crues annuelles peuvent atteindre des débits supérieurs à 1000 m³/s.

Rivière des lacs

Sa superficie est de 69 km². Son débit ne dépasse pas 5 m³/s pendant la saison sèche et varie entre 5 et 10 m³/s de janvier à mai. Les crues annuelles observées atteignent 190 m³/s.

Kwé

D'une superficie de 32.5 km², le bassin versant de la Kwé est le plus petit du massif. Son débit ne dépasse pas 5 m³/s et aucune crue annuelle n'a été enregistrée. Aujourd'hui, l'équilibre de ce bassin versant est menacé par la construction d'un barrage, pour l'usine de « Goro Nickel ». L'eau ainsi retenue servirait en effet à refroidir la centrale électrique et permettrait d'alimenter la « basse vie ».

Les lacs permanents

le lac de Yaté (Figure 7)

C'est un lac artificiel, d'une capacité de 300 millions de m³, s'est formé suite à la construction du barrage hydro-électrique de Yaté. Avec une superficie de 42 km², c'est la plus grande étendue d'eau douce de Nouvelle Calédonie.



Figure 7 : Vue du lac de Yaté

Une grande vidange est effectuée tous les trente ans afin de vérifier l'état de la voute; la dernière date de 1992. Par ailleurs, Enercal, la société qui gère le barrage, procède, tous les 10 ans, à une petite vidange ; la dernière a eu lieu en 2003 (**Figure 8**).

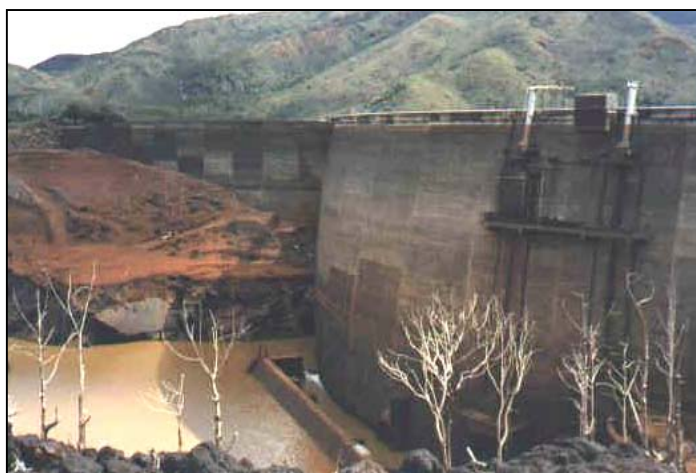


Figure 8 : Vue du barrage de Yaté après vidange (2003)

Outre le lac de Yaté, le Grand Sud calédonien possède 2 autres lacs permanents : le lac en huit et le Grand-Lac. Au niveau de la Plaine des Lacs, un grand nombre de zones aquatiques sont présentes. A l'heure actuelle, très peu de données sont disponibles sur ces ressources hydriques.

Les ressources énergétiques

Dans le massif du Grand Sud et de façon générale, deux types d'énergie sont disponibles : hydraulique et éolienne. Cependant, un grand nombre d'habitants des tribus du Sud utilisent des groupes électrogènes ou encore des cellules photovoltaïques pour s'éclairer.

Energie éolienne

Le pays a su tirer profit de ses particularités géologiques et climatiques pour développer l'énergie éolienne (énergie renouvelable préférable pour la protection de l'environnement).



Figure 9 : Vue aérienne des éoliennes du col de Plum

Deux sociétés exploitent aujourd'hui l'éolienne :

EEC – Electricité et Eaux de Calédonie

Gérée par la Société EEC (Eaux et Electricité Calédonienne), les douze premières éoliennes ont été installées en 1992, sur les sites de Prony, Plum (**Figure 9**), Cap N' Dua au sud de la Grande Terre. Le site d'installation est un terrain minier de 4 km² avec un dénivelé de 440 mètres. Le terrassement a nécessité la réhabilitation de la piste d'accès au site et l'ouverture de la piste de desserte des futures éoliennes. Lorsque le vent atteint 50 km/h, l'éolienne fournit sa puissance maximale de 225 kW.

Si le vent dépasse 90 km/h, les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du vent). L'éolienne ne produit plus d'électricité tant que la vitesse du vent reste supérieure à 90 km/h, et la génératrice est déconnectée du réseau. 20 éoliennes ont été installées, mais seulement 5 machines sont en état de fonctionner. Le cyclone Erica, en mars 2003, en avait déjà détruit 5, les autres sont pour l'instant en panne.

Vernier SA Pacifique & Biotech

Ce groupement de sociétés exploite le plus grand parc éolien de France. Situées à Prony, les 31 éoliennes permettent de produire 6.8 MW. L'énergie ainsi produite est revendue à EEC et permet d'alimenter le réseau du Mont Dore. Un projet sur 10 ans est actuellement en cours d'étude. Il prévoit la construction d'une centrale de 20 machines tous les ans, sur l'ensemble de territoire. (Com. Pers.)

Energie hydraulique

Le barrage de Yaté inauguré en 1959, en remplacement d'un ouvrage précédent datant de 1927, a été construit pour obtenir une production plus importante et plus régulière. Ce barrage, du type en voûte, possède un mur en aile qui s'appuie sur une digue de 56 m de haut. La centrale électrique installée en contrebas, au village de Yaté, est gérée par la société ENERCAL. Elle permet de produire 323 millions kWh par an, soit 1/4 de l'énergie électrique consommée sur le territoire.

L'eau arrive dans la conduite forcée et fait tourner la turbine qui entraîne l'alternateur. L'électricité produite (8 600 volts) est transformée en haute tension de 150 000 volts pour être acheminée plus facilement. Elle sera réduite à 15 000 volts pour les fours de la SLN, et à 220 volts pour les particuliers. (**Figure 10**)

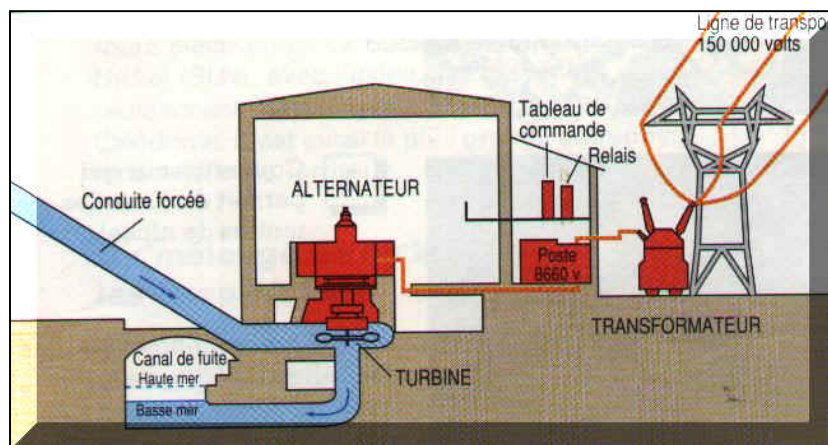


Figure 10 : Schéma technique de la centrale électrique de Yaté

La plus grande partie de la production de la centrale est réservée à l'usine de nickel de la SLN. Cette usine a d'ailleurs pour projet d'atteindre les 75000 tonnes de minerai extrait par an, ce qui engendre une augmentation importante de sa consommation en électricité. La SLN utilise un procédé pyrométallurgique (avec des fours électriques) pour traiter le minerai de nickel.

1.1.4. Les aires protégées (Figure 11)

Les réserves terrestres : un réseau dans le Grand-Sud

Au sud de la ligne Mont-Dore Yaté, il existe un réseau de 7 réserves spéciales minières et botaniques, pour une superficie totale de 4464 ha. Au sein de ces réserves, toute récolte et tout déplacement de minéraux et de végétaux y sont interdits. Toutes prospections, recherches ou exploitations minières y sont interdites. (**Tableau 1**)

Tableau 1: Surface des réserves botaniques et minières

Nom	Superficie (ha)
Yaté barrage	546
Fausse Yaté	387
Pic du grand Kaori	307
Forêt Nord	280
Cap Ndua	830
Pic du pin	1482
Forêt cachée	635

Ces réserves ont été créées par l'arrêté territorial 72-395 CG du 17/08/1972. Elles représentent les derniers massifs de forêts denses humides du Grand Sud calédonien et furent mise en place dans le but de les préserver des activités minières. En 1980, leur statut fut précisé et leur gestion fut donnée au service des eaux et forêts dépendant du Territoire. A la suite des accords de Nouméa, en 1998, et des transferts de compétence aux Provinces en matière d'environnement, les réserves situées en Province Sud ont été placées sous contrôle de la Direction des Ressources Naturelles (DRN) service des parcs et réserves terrestres de la Province Sud.

A ces réserves botaniques et minières, on peut ajouter la réserve spéciale de faune de la Haute Yaté, d'une superficie de 15.900 ha, qui inclue le Parc Provincial de la Rivière Bleue. Au sein de cette réserve, toute pêche, chasse et introduction d'animaux (chats et chiens) sont strictement interdites.

Les réserves marines

La réserve Intégrale Yves Merlet s'étend entre l'île des Pins et la Grande Terre, sur près de 17.200 hectares. Elle comprend les récifs du canal de la Havannah à la Passe de la Sarcelle, ainsi que les îlots Kié et Améré. Cette zone comprend, d'une part, les eaux et les fonds maritimes et d'autre part les îlots récifs et parties émergeant à la basse mer. Tout accès y est strictement interdit.

La réserve de la baie de Prony comprend l'îlot Casy et le récif aiguille de Prony. Ce dernier, unique au monde, est une formation calcaire résultant d'une forte activité thermique, issue des grands lacs. Le périmètre de la réserve est défini par un cercle de 200 mètres de rayon centré sur l'aiguille. Au sein de cette réserve, il est strictement interdit de chasser ou capturer les animaux terrestres ou marins, de cueillir, enlever ou déplacer tout minéral, corail et végétal et de troubler les oiseaux lors de la nidification. Cette réserve s'étend sur 157 hectares.

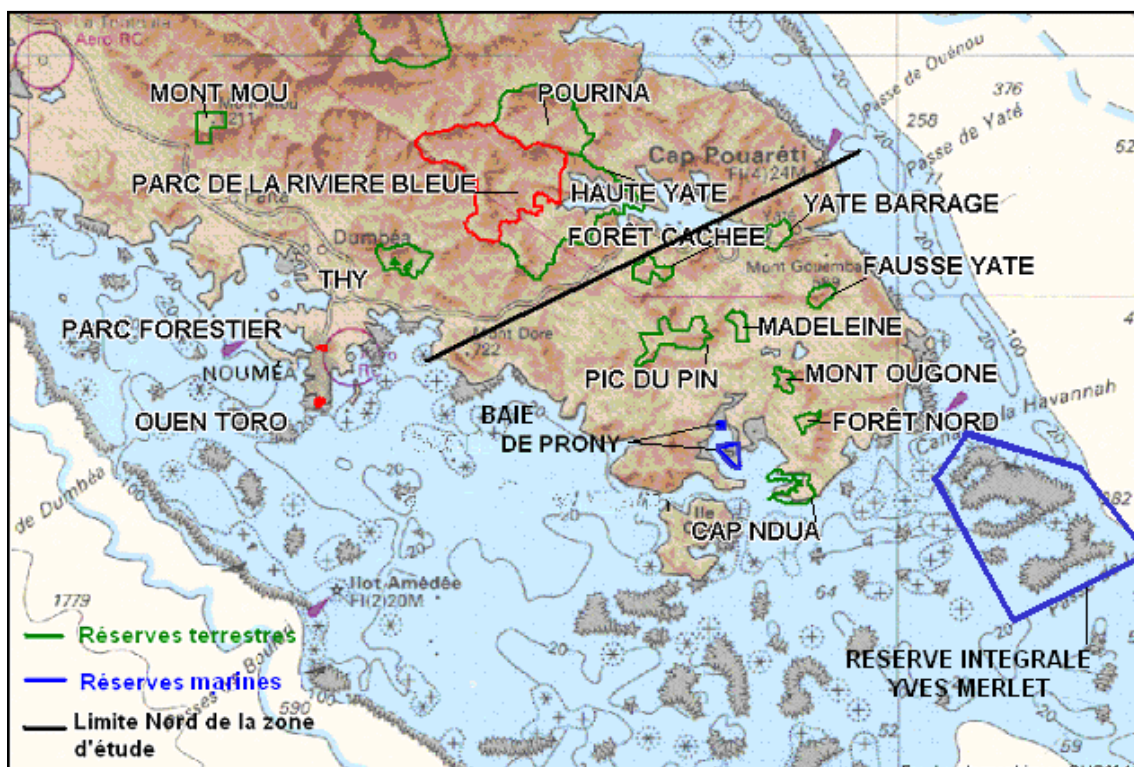


Figure 11 : Cartographie des réserves terrestres et marines de la zone d'étude

1.2. Environnement socio-économique

1.2.1. Population et démographie

Localisation et répartition (ISEE, 1998)

Le Grand Sud calédonien fait partie de l'aire coutumière Djubea-Kapone et est divisé en deux communes : Mont-Dore et Yaté. [ANNEXE 7]

La commune du Mont-Dore est limitrophe à la commune de Nouméa et la commune de Yaté est limitrophe à la commune du Mont-Dore.

Mont-Dore

En dehors d'une population d'environ 30 000 ha, composée de différentes ethnies (mélanésienne, wallisienne, futunienne, tahitienne, européenne, indonésienne...), la commune du Mont-Dore comprend 2 districts coutumiers (Iles Ouen et Pont des français) au sein desquels on retrouve 3 tribus (Conception, Saint-Louis et Ouara). On distingue Conception et Saint-Louis, qui font partie du district coutumier Pont des Français (1500 habitants), se situent à proximité de Nouméa. La tribu de Ouara, la seule du district Ile Ouen compte une centaine d'habitants. Au total ce sont plus de 1700 habitants répartis en 310 foyers qui peuplent les tribus du Mont-Dore.

Yaté

La commune de Yaté, d'une superficie de 133 840 ha, essentiellement mélanésienne, comprend 4 tribus réparties dans 3 districts coutumiers différents. La tribu de Goro (district coutumier de Goro) compte 230 habitants. La tribu de Touaourou du district coutumier de Touaourou compte 500 habitants (dont 360 résidents). La Tribu de Unia, appartenant au district coutumier de Unia est la tribu la plus peuplée du grand sud, avec 900 habitants.

Enfin, la commune de Yaté possède une tribu indépendante Waho, (qui n'appartient à aucun district coutumier). Elle se situe entre les tribus de Touaourou et Unia et compte 250 habitants.

Au total, se sont 3500 habitants qui peuplent les tribus du Grand Sud calédonien.

Emploi

D'après les chiffres de l'ISEE datant de 1996, on constate que les communes du Mont Dore et de Yaté sont fortement touchées par le chômage. En effet, ces deux communes ont basé leur économie sur l'agriculture et la pêche, mais beaucoup d'actifs restent sans travail. Cependant, l'usine de Goro Nickel embauche essentiellement des gens de Yaté et Goro. L'emploi local est fortement favorisé. On peut même parler d'emploi « micro local » puisque ce sont exclusivement les gens des tribus de Yaté qui seront employés par la société Inco dans son projet d'exploitation minière.

Taux de chômage :

Mt Dore = 23.8% (Ouara : 14% ; Conception : 15% ; Saint Louis : 25%)

Yaté = 21.9% (Goro : 17.8% ; Touaourou : 18.7% ; Unia : 24.5% ; Waho : 23%)

Equipements dans les tribus

Mont Dore

Au Mont-Dore, la tribu de Ouara possède une école primaire tandis que les tribus de Conception et Saint-Louis possèdent chacune une école privée.

Du point de vue des équipements médicaux, les tribus de Saint-Louis et Ouara, qui sont équipées d'une salle de soin, reçoivent une vacation médicales une fois par mois. La tribu de Conception, plus proche de Nouméa, ne possède aucun équipement médical.

En ce qui concerne la distribution en eau, toutes les tribus du Mont Dore sont alimentées soit par un réseau d'adduction d'eau potable ou par la rivière (Conception, Saint-Louis), soit par des citernes publiques (Ouara)

Yaté

A Yaté, les tribus de Goro, Unia et Touaourou possèdent chacune leur école privée tandis que Waho ne possède aucun équipement d'enseignement. Du point de vue médical, seul la tribu de Touaourou ne dispose d'aucune vacation médicale. Les autres tribus sont équipées d'un dispensaire et reçoivent des vacations médicales 12 fois par mois.

Les tribus de Touaourou et Goro sont alimentées en eau par les rivières proches, tandis que Unia et Waho ont dû se doter de forages pour puiser les eaux souterraines.

1.2.2. Situation économique

Tourisme

La commune de Yaté possède 3 gîtes ruraux : le gîte de Iya, le gîte de Kanua-Port Boisé et le gîte St Gabrielle avec une capacité d'accueil qui dépasse les 100 personnes (les 3 gîtes réunis).

Ces installations sont pourvues de bungalows équipés de sanitaires et de douches ainsi qu'un lieu de restauration (bougna, plateaux de fruits de mer).

Collectivités, artisanat et industries

La commune du Mont-Dore, proche de Nouméa, commence à bénéficier d'équipements tels que : piscine municipale, centre sportifs, centre culturel, zone industrielle et artisanale ainsi que différents commerces et administration.

La commune de Yaté compte 5 écoles maternelle et primaire réparties dans les différentes tribus. On notera aussi la présence de 5 industries : Enercal gère le barrage de Yaté ; Goro-Ni filiale de Inco Ltd a pour projet d'exploiter le minerai de nickel et de cobalt ; 3 autres entreprises communales.

1.2.3. Gestion de l'environnement

Compétences environnementales

Depuis les accords de Nouméa, signés le 05 mai 1998, la Nouvelle-Calédonie dispose d'un statut à mi-chemin entre un Territoire d'Outre Mer et un pays autonome. Ce statut a été déterminé par la loi organique n°99-209 du 19 mars 1999. L'organisation institutionnelle actuelle résulte donc de ces accords. (www.gouv.nc)

Les Provinces sont des collectivités territoriales administrées librement en assemblées. L'assemblée de la Province Sud est constituée de 40 conseillers élus au suffrage universel direct pour un mandat de cinq ans. Parmi eux, 32 sont membres du Congrès. Les trois assemblées de Province forment le Congrès du Territoire qui élit un gouvernement collégial (exécutif de la Nouvelle-Calédonie). Les délibérations par lesquelles le Congrès adopte des dispositions relevant de la compétence de la Nouvelle-Calédonie sont appelées « Lois du pays »

Le sénat coutumier est l'assemblée des représentants des 8 aires coutumières (Hoot Ma Whaap, Paici-Camuki, Ajie-Aro, Xaracuu, Djubea-Kapone, Iaai, Drehu, Nengone). Il comprend 16 membres, 2 par aires coutumières. Ils sont désignés par chaque conseil coutumier selon les usages reconnus par la coutume et s'exprime pour toutes des disposition concernant l'identité Kanak.

L'Etat légifère, le Congrès régleme, la Province organise et gère. Le Comité Economique et Social et le Conseil Coutumier du Territoire donnent leurs avis au Congrès, aux assemblées des Provinces et au Haut-Commissaire de la République.

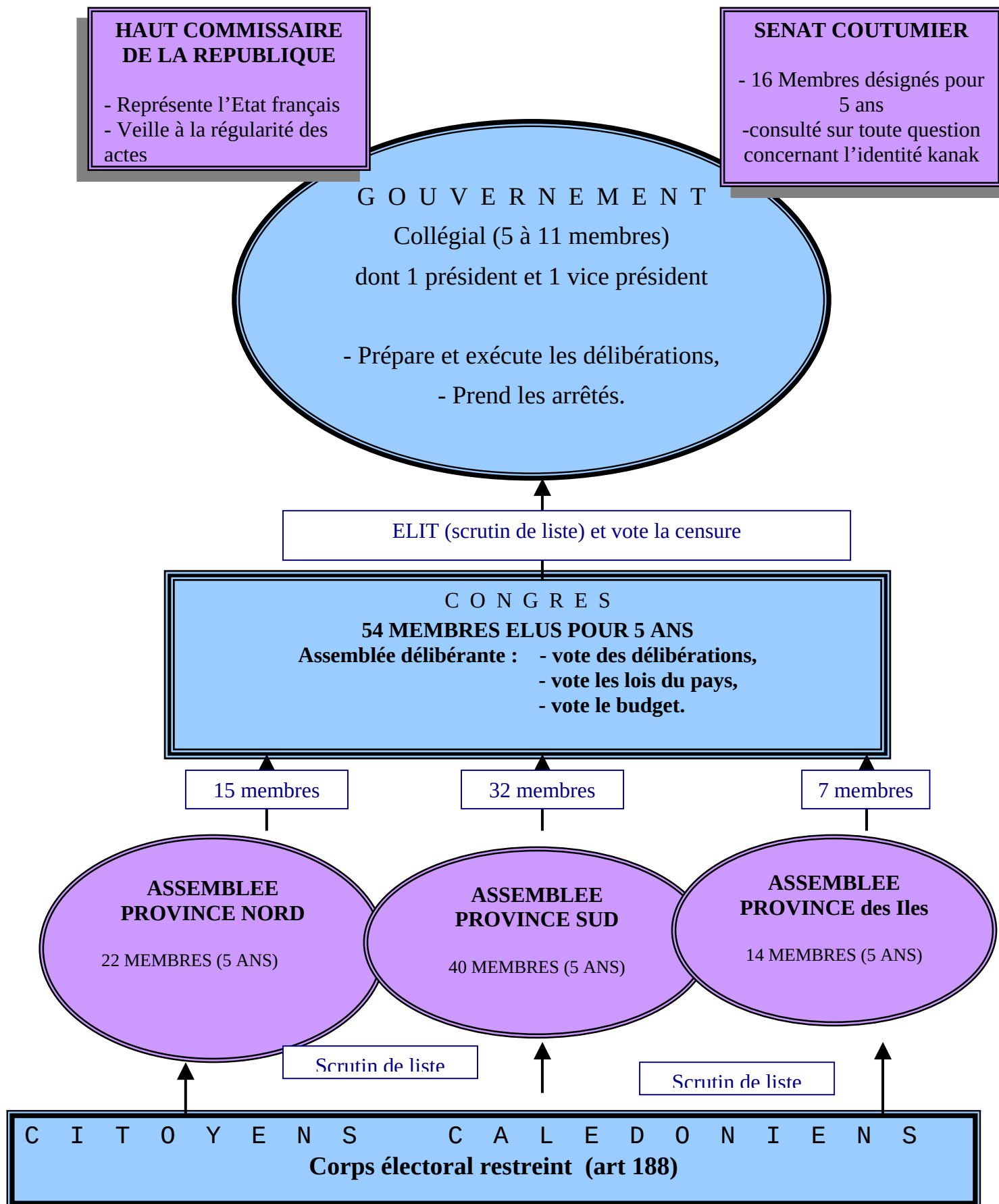
Chaque Province dispose de compétences dans toutes les matières qui ne sont pas réservées par la loi à l'Etat, à la Nouvelle-Calédonie ou aux Communes. Elles ont notamment compétence en matière d'environnement.

L'Etat français est compétent dans les domaines suivants : affaires et relations extérieures, contrôle de l'immigration, monnaie trésorerie, défense, justice, fonction publique de l'Etat, maintien de l'ordre public, sécurité civile, enseignement du second degré, enseignement supérieur, recherche, droit du travail, formation professionnelle, et propriété foncière.

La Nouvelle-Calédonie ne fait pas partie de la Communauté Européenne, le droit et les programmes communautaires ne s'y appliquent donc pas. Elle bénéficie cependant d'un régime spécial d'association en tant que « Pays et Territoire d'Outre Mer ». Les accords liant les PTOM à l'Union Européenne sont moins avantageux que la situation des DOM, qui font partie intégrante de l'Europe, mais plus avantageux que ceux passés avec les Pays d'Afrique par exemple.

En Nouvelle-Calédonie, la compétence en matière d'environnement appartient strictement aux Provinces. Cependant, la répartition des compétences telle que la fiscalité entre le Territoire et les Provinces, rend difficile la gestion et la protection de l'environnement.

LES INSTITUTIONS DE NOUVELLE-CALEDONIE



Réglementation

Réglementation internationale

Parmi les conventions internationales ratifiées par la France, un certain nombre s'applique en Nouvelle-Calédonie : citons la CITES (sur les espèces protégées) et la convention de RAMSAR (sur les zones humides). D'autre part, il existe des conventions régionales telles que la convention de Nouméa sur la protection des ressources naturelles dans le Pacifique Sud.

Toutefois, ces conventions ont bien souvent un effet limité en Nouvelle-Calédonie. Par exemple, on a pu assister, en 2002, à la construction d'une voie rapide de dégagement à l'ouest de Nouméa, qui traverse de part et d'autre une mangrove constituée d'individus atteignant 8 m de haut. On se demande alors si la convention de RAMSAR ratifiée par la France s'applique effectivement en Nouvelle-Calédonie. (IUCN, 2003)

Réglementation territoriale

En ce qui concerne les exploitations minières, très peu d'outils réglementaires sont actuellement disponibles. Dans l'attente d'un « décret de police », la réglementation minière reste vague ; aucune obligation pour diminuer les pollutions physiques n'ont été prises. Pour leur image de marque les sociétés minières s'efforcent de contrer ces pollutions notamment dans le domaine de la gestion des écoulements des eaux et des décharges de stériles.

La DIMANC, ancien Service des Mines, est chargée du contrôle de l'exploitation minière mais dispose de peu de moyens humains et financiers.

Ce « Schéma de mise en valeur des richesses minières » donnera les grandes lignes directrices en matière d'exploitation minière et de gestion de l'environnement. Ce document, qui dépend du gouvernement de Nouvelle-Calédonie, devait voir le jour au courant de l'année 2004. Cependant, les élections provinciales qui ont eu lieu en mai 2004 ont reporté l'échéance. En effet, le changement de majorité au congrès de Nouvelle Calédonie a engendré des perturbations politiques qui ont eu des répercussions sur les orientations en matière de réglementation minière.

Actions menées

Il existe depuis les années 1990 des mesures d'aide et de restructuration de la filière mine.

- Le comité COREMINES a pour objet de conseiller les entreprises concernées, de leur proposer des mesures d'adaptation ou de reconversion éventuelle. Il agréé, le cas échéant, le plan de redressement afin de garantir les possibles prêts de restructuration. C'est la Trésorerie Générale de Nouvelle-Calédonie qui assure l'instruction des dossiers.
- Le Fond de Concours pour le Soutien Conjoncturel du secteur Mine a été défini par la délibération n°161 avec une dotation de 450 MXPf (million de francs CFP). Il permet la prise en charge partielle des cotisations sociales patronales et le financement de projet de réhabilitation d'anciens sites miniers (Service des mines, 2000).

1.3. Activités minières et effets sur l'environnement

1.3.1. Impacts possibles des exploitations minières sur l'environnement

Depuis la première moitié du 20^{ème} siècle, l'accroissement des activités minières et la modernisation des techniques, ont révélé l'importance de cette industrie et de ces impacts sur l'environnement. (Bradshaw A.D., 1982)

Différents types d'impacts ont été mis en évidence :

- destruction du couvert végétal
- modification du paysage
- perturbations hydrologiques
- modifications des processus d'érosion et de sédimentation
- dégradation de la qualité des eaux et perturbation des équilibres lagunaires à cause d'une sédimentation trop importante
- destruction de population d'espèces végétales ou animales rares (destruction de la biodiversité)
- génération de bruits, poussières et vibrations

1.3.2. Les techniques d'exploitation plus respectueuses de l'environnement.

C'est au début des années 70 que la prise de conscience des problèmes environnementaux liés aux exploitations minières a permis de mettre en œuvre de nouvelles techniques. Les premières ont été mises en place en collaboration avec les mineurs et des spécialistes en mécanique des sols dès 1975. Ces méthodes modernes interviennent à différentes étapes de l'exploitation. (Cherrier J.-F., 1990 ; Pelletier B., 2001)

Prospection et sondage

- S'il n'existe aucun piste d'accès, les sondage de reconnaissance sont effectués à l'aide de foreuses héliportée afin d'éviter l'ouverture de pistes inutiles.

Ouverture des pistes

- Pour des sondages plus détaillés (dans le cas où la prospection laisse penser la présence d'un filon), une foreuse traditionnelle montée sur camion est indispensable. L'ouverture des pistes se fait maintenant à l'aide de pelle mécanique, en évacuant systématiquement les déblais vers des sites de décharge stable. Autrefois, les pistes étaient ouvertes à l'aide de bulldozer ce qui entraînait une destruction importante de la végétation en aval.

Décharges stériles

- La mise en décharge stable des stériles miniers suivant la technique des verses à stériles ; les latérites stériles sont étalées en couches compactées et consolidées par des blocs rocheux avec une pente de talus et une épaisseur limite. Un système de décanteur avec drain et barrage rocheux permet de limiter la mise en solution de particules. Autrefois, les stériles étaient déversés sans précaution dans les zones de talwegs

Extraction

- La phase d'extraction des recouvrements latéritiques se fait aujourd'hui avec beaucoup de soin. Tous les déblais sont évacués pour être mis en décharge stable. L'ouverture de piste adaptées à la taille des engins se fait systématiquement en gardant un merlon de terre coté aval. Ainsi, la circulation des eaux de ruissellement peut être contrôlée et la mise en place de décanteur permet de diminuer l'apport de matière en suspension dans les cours d'eau ou le lagon.

1.3.3. L'impact de Goro Nickel sur le sud calédonien

L'entreprise canadienne INCO a le projet d'exploiter les gisements de minerai de nickel et de cobalt de Goro. Il est prévu de développer une mine à ciel ouvert, de construire une usine de traitement et un port en eau profonde. L'extraction du minerai se fera à ciel ouvert et le traitement se fera grâce à un procédé de lixiviation à l'acide sulfurique à haute pression. Ce nouveau procédé « hydrometallurgique », connaît peu d'essais convaincants dans les autres pays. Il est basé sur la mise en pulpe du minerai par adjonction d'eau, la lixiviation des métaux avec de l'acide sulfurique dans un autoclave à haute pression et haute température. La récupération d'abord du nickel puis cobalt se fait par extraction sélective dans des solvants. Les effluents acides seront traités à la chaux afin d'être neutraliser avant d'être rejetés dans le milieu naturel. (INCO, 2001)

Une usine pilote, intégrée sur le site de Goro, a d'abord été construite afin de démontrer la viabilité de ce nouveau procédé hydrometallurgique et de recueillir des données nécessaires à l'étude d'impact. Cette dernière, effectuée par la compagnie INERIS, prend en compte six éléments environnementaux importants en Nouvelle-Calédonie:

- milieu atmosphérique et impact potentiel sur la santé humaine
- écosystèmes terrestres
- quantité et qualité de l'eau douce de surface et souterraine
- communauté récifale et habitat lagunaire
- baleines à bosse
- emploi et économie

Selon le Service des Parcs et Réserve de la Province Sud, l'étude d'impact de l'installation classée n'est pas crédible puisqu'elle est « systématiquement favorable au projet » avec des données invérifiables, qui « manque d'impartialité ». Par exemple, il est écrit dans l'étude d'impact qu'il faut prévoir l'extinction naturelle ou des baisses importantes de population d'espèces gravement menacées tel que *Xanthostemon sebertii* qui n'est localisé que sur le site de la future usine. L'utilisation du terme « extinction naturelle » dans le cadre d'un développement industriel semble inadapté (Province Sud, 2003).

Autre exemple, les impacts éventuels sur les réserves Spéciales Botaniques « Forêt Nord » située à quelque centaine de mètres à l'est du site et Grand Kaori/Grand Lac situé à 3 km n'ont pas été pris en compte. ([www. environmentaldefense.org](http://www.environmentaldefense.org))

Il est important de souligner que ces réflexions ont été faites à partir de documents annexes (contre-expertise de la Province Sud et d'ONG) puisque l'étude d'impact ne m'a pas été communiquée au cours de mon stage.

1.4. Restauration des sites miniers

1.4.1. Personnel et services affectés

La réhabilitation des sites miniers dépend de différents organismes. Tout d'abord, la Province Sud a, à sa charge, la réhabilitation des mines orphelines (celles qui n'ont plus de propriétaires). Les autres mines, même fermées, restent du ressort des sociétés qui les exploitent. Cependant, l'absence de réglementation en matière d'environnement et d'exploitation minière, rend la restauration facultative pour ces sociétés.

Province Sud

Elle a en charge la réhabilitation des mines orphelines, dans la mesure où il existe un intérêt environnemental (problème de pollution des eaux) ou paysager (populations locales à proximité). Deux services interviennent dans le cadre de ce programme : La DRN (Direction des Ressources Naturelles) réalise les travaux de réfection des pistes d'accès, pour les aménagements hydrauliques (décanseurs), ainsi que pour la préparation du sol (sous-solage). La DDR (Direction du Développement Rural) a pour mission d'effectuer ou de faire effectuer par des sociétés privées, les travaux de revégétalisation proprement dit. (Com. Pers.)

La DDR fait donc appel à des sociétés privées :

- Pour la production : la DDR sous-traite avec des pépiniéristes agréées en fonction du cahier des charges : techniques de germination précises *etc...* Par exemple la société SIRAS (Société Internationale de Réhabilitation et d'Aménagement des Sites) (**Figure 12**) ou encore des pépinières privées artisanales.



Figure 12 : Panneau d'entrée de la pépinière de la SIRAS

- Les graines sont achetées à l'IAC (Institut Agronomique Calédonien) Les espèces utilisées sont généralement endémiques (exemple pour La Coulée où 12 espèces endémiques ont été plantées), les espèces exotiques (Gaïac, Bois de fer) sont plantées en guise de brise-vent.
- Pour les plantations, la DDR fait appel à des sociétés privées. En général, deux contrats sont établis avec deux sociétés distinctes afin de dynamiser l'économie locale.

Sociétés minières

Il n'existe actuellement aucune exploitation minière en cours au sud de la ligne Nouméa-Yaté. Cependant, la société Inco, dans son projet d'exploitation de Goro, une usine pilote. Elle avait pour but de tester le procédé d'exploitation et de traitement du minerai. Le service environnement d'Inco a mis en place une pépinière et y emploie 13 personnes originaires de Yaté et réfléchit à la revégétalisation de ses mines et de ses futures verres à lixivats « neutralisés ». Un problème se pose déjà, quant à ses derniers. Ils seraient en effet à l'origine de libération de Chrome hexavalent (Cr^{6+}) hautement toxique pour tout être vivant.

Communes

La délibération n°104 du 20 avril 1989 permet aux fonds communaux de l'environnement de percevoir une partie de l'impôt sur les sociétés dû par les opérateurs miniers, et destiné à la réhabilitation des sites miniers dégradés avant 1975. La commune de Yaté a donc créé un fond communal de l'environnement afin de pouvoir percevoir des versements de la part de sociétés minières.

Les crédits varient suivant les bénéfices de la société ; en général, ce sont les grosses sociétés telles que SLN qui disposent de crédits. Les versements peuvent atteindre 10 à 25 Millions XFP par communes et par an en période de fortes bénéfices. L'utilisation de ces crédits reste sous l'entière responsabilité de la commune.

Les communes du Mont Dore et Yaté touchent généralement peu de subvention car la SLN comme les autres sociétés minières n'ont pas beaucoup exploités.

1.4.2. Budgets alloués pour la réhabilitation

Province Sud

Un budget de 15 à 30 Millions XFP par an est alloué pour la réhabilitation des mines orphelines, avec une participation de l'état de l'ordre de 5 MXPF. Les coûts varient suivant les mines (travaux d'aménagements variables), ils tournent généralement entre 1.5 et 2 Millions XPF par Ha : 2/3 du budget sont réservés pour l'aménagement hydraulique. Aujourd'hui, grâce au service hydraulique de la province sud les coûts ont pu être divisés par 2 par rapport à une entreprise privée (Province Sud, 2003).

Société minière : Inco-GoroNickel

D'après les données communiquées par la société Inco, voici les budgets alloués à la revégétalisation depuis la création de l'usine pilote.

Tableau 2: Coûts de la revégétalisation par la société minière INCO

Année	Surface m²	Coût m²/\$US
1999	1100	3.94
2000	2600	2.88
2001	5820	2.55
2002	6557	1.99
2003	7000	PAS DE DONNEES

Société privée SIRAS pour INCO

Tableau 3 : Coûts de la revégétalisation par la société SIRAS (Hydroseeding)

Année	Surface m²	Coût m²/\$US
2002	11030	13.27

Communes

D'après les données communiquées par le service de mines (la DIMANC), la commune de Yaté aurait bénéficié de subvention de la part de sociétés minières au titre de la délibération 104, cependant, les données sur les budgets alloués et surfaces restaurées n'ont pas été diffusées.

1.4.3. Surfaces restaurées

Province Sud

Dans ces programmes interannuels de revégétalisation, la Province Sud prévoit de réhabiliter 10 Ha/an.

En 2001, la province sud a réhabilité la mine Odette, au Mont Dore, soit 5,3 ha. En 2002, ce sont 10 ha de la mine Saint Gabriel (Crest 2) qui ont été réhabilités. Le programme de 2003 concerne la mine EBV4 située à Plum. En 2004, il portera sur la mine de La Coulée (20 Ha), qui sera totalement revégétalisée en 2 ans (Province Sud, 2003).

Inco-GoroNickel

D'après les chiffres communiqués par Inco, la société aurait déjà réhabilité plus de 4,4 ha sur le site de la future usine de Goro Nickel

Tableau 4: Surfaces restaurées par INCO depuis 1997

Mine	Date	Nombre d'espèces	Surface (ha)	Densité de plants à l'hectare
Goro	1997	PAS DE DONNEES	0.6	4745 pl / ha
Goro	1999	13	0.1	70.000 pl / ha*
Usine pilote	2000	19	0.6	600.000 pl / ha*
Col antenne	2001	35	0.6	8063 pl / ha
Kuebini	2002	53	0.7	2366 pl / ha
Caniveau	2002**	1	1.1	2.000.000 pl / ha*
Col antenne	2003	57	0.7	PAS DE DONNEES

* germination par m² après un an

** essai d'ensemencement hydraulique par la SIRAS

Communes

La commune de Yaté étant dotée d'un fond communal de l'environnement, elle a pu profiter, au titre de la délibération n°104, de dotations de la part de sociétés minières.

Tableau 5 : Surfaces restaurées par la commune de Yaté

Mine	Date	Nombre de plantation	Surface (ha)	Densité de plants à l'hectare
Crest 2 St Gabriel	94-95	3400	4.5	755 pl / ha
Crest 2 St Gabriel	2002	15365	10	1536 pl / ha

2. GUIDE PRATIQUE

2.1. Les techniques de revégétalisation

2.1.1. Choix des espèces

Le choix des espèces pour la réhabilitation de terrains miniers dépend des conditions du sol et des microclimats générés par l'aménagement topographique de la mine. Cependant, il faudra aussi prendre en compte les considérations économiques et écologiques.

L'utilisation de plantes exotiques est fortement déconseillée par les spécialistes. En effet, la plupart de ces espèces ne sont pas adaptées aux conditions extrêmes des sites miniers (Mc Coy, 2002). Le taux de survie et la vitesse de croissance de ces espèces sont alors trop faibles pour qu'elles soient utilisées pour la revégétalisation. De plus, il a été reconnu que l'introduction de plantes exotiques dans un milieu naturel peut devenir une réelle menace pour la flore et la faune locale si l'espèce introduite se révèle être une peste végétale. En effet, les espèces ligneuses ou herbacées (telles que les Gramineae) exotiques présentent un risque de feu (Cornu A. & al. 2001, Mc Coy S. & al. 1999) et une menace biologique pour la diversité végétale environnante. Il faut donc rester très vigilant quant à l'introduction d'espèces exotiques (**Figure 13**).



Figure 13 : Revégétalisation par SIRAS du caniveau périphérique de l'usine de Goro avec des graminées exotiques. 5 mois après la strate herbacée morte représente un risque de feu non négligeable.

Les espèces endémiques représentent alors le seul potentiel pour la revégétalisation des mines. Le choix des espèces devra se faire selon les critères pédologiques et climatiques de la parcelle à restaurer. Les conditions d'«après mines» sont tellement extrêmes (ensoleillement maximum, forte érosion) qu'il faudra sélectionner les espèces pionnières ayant le meilleur comportement vis-à-vis des conditions environnementales.

Comportements requis pour les espèces sélectionnées :

Résistance aux radiations solaires élevées

Résistance au vent et aux fortes précipitations

Adaptation aux carences nutritionnelles

Toxico-résistance aux fortes teneurs en métaux lourds (Cr, Ni, Co...)

Résistance aux feux et aux inondations

Multiplication rapide en populations viables

Bon comportement vis-à-vis de l'érosion

Au total, 50 espèces endémiques ont déjà donné des résultats prometteurs et remplissent les critères ci-dessus.

Tableau 6 : Choix des espèces pour le revégétalisation

Type d'espèce	Intégration au site	Vitesse de croissance	Soutien à la croissance	Taux de mortalité des jeunes plants	Résistance au feu
ENDEMIQUE	> 38 millions d'années	lente	aucun	faible	bonne
EXOTIQUE	artificielle	rapide	Ajout d'engrais	importante	mauvaise

2.1.2. Récolte

Période

La récolte des semences doit se faire quand le fruit a atteint sa maturité physiologique mais avant qu'il ne libère les graines. La maturation du fruit se repère essentiellement par des critères de taille ou de couleur, l'état des connaissances sur la fructification des espèces de maquis minier étant encore au stade embryonnaire.

En ce qui concerne la récolte des fruits déhiscentes (*Carpolepis*, *Grevillea*), un suivi des populations pendant la période de fructification est nécessaire. En effet, une fois mûrs, les fruits s'ouvrent et libèrent les graines. La récolte est alors impossible. Ceci constitue donc un handicap sévère pour la programmation de récoltes massives. La création d'un champ semencier peut alors être une alternative efficace pour ce type d'espèces.

Techniques de récolte

Elles varient selon la taille de l'individu et les caractéristiques des fruits.

Pour les arbres de taille moyenne, entre 5 et 10 mètres, la collecte des graines consiste à ébrancher, à l'aide de scies flexibles, les rameaux portant le plus de fruits. Pour les espèces rares, d'accès difficile, il peut-être intéressant de disposer une bâche, à un mètre de hauteur, afin de pouvoir récupérer les grains tombées.

Pour les arbres de petite taille (entre 3 et 5 mètres de haut), les graines sont collectées à la main ou à l'aide d'un aspirateur portable (alimenté par batteries). Cette technique peut-être particulièrement efficace pour collecter les graines de Myrtaceae, Proteaceae, Cunoniaceae et Cyperaceae. (**Figure 14**)



Figure 14 : Technique de récolte des graines de Cyperaceae avec un aspirateur portable

En ce qui concerne les Cyperaceae, la récolte manuelle doit être effectuée lorsque les conditions climatiques sont calmes, puisque le vent est susceptible de disperser les semences. Si les fruits sont déhiscents, il est possible de mettre en place un filet sur les fruits afin de récupérer les graines mûres.

Extraction des semences et stockage

Les méthodes d'extraction des semences varient suivant le type de fruit (déhiscent, sec ou charnu) et son abondance. Dans tous les cas, le fruit doit subir une période de séchage avant le dépulpage et le conditionnement des graines. (**Figures 15 et 16**)



Figure 15 : Séchage des semences par infrarouge

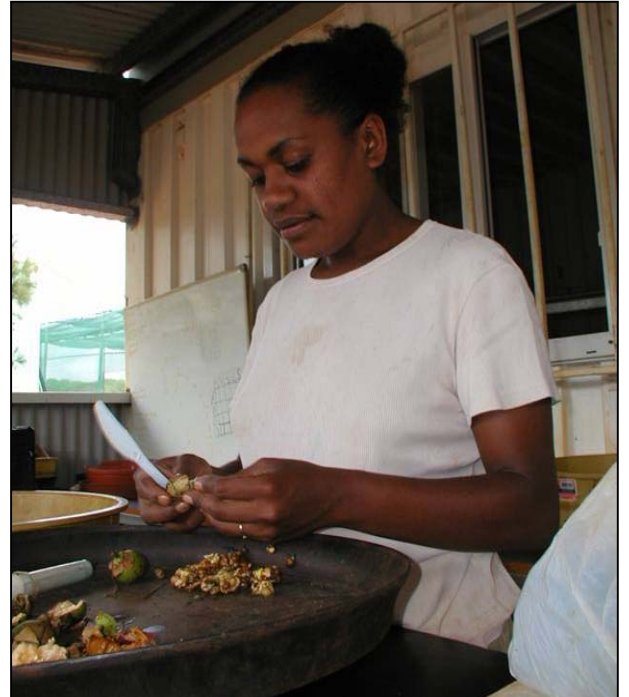


Figure 16 : Dépulpage manuel des graines

Fruits secs et déhiscents : les fruits, disposés sur un tamis, sont exposés à un ensoleillement maximum. Les graines libérées vont alors tomber à travers le tamis jusque dans un réceptacle.

Fruits secs : les graines sont détachées des tiges et séchées au soleil.

Fruits en capsules : si les graines sont enfermées dans une membrane, une scarification est nécessaire afin de libérer les graines qui seront alors récupérées.

Fruits à pulpe sèche : ils doivent tremper dans l'eau pendant 12 heures avant d'être mis à sécher au soleil. La pulpe est alors écrasée afin d'en extraire les graines.

Fruits charnus contenant une graine (drupes) : la graine est extraite manuellement et ensuite séchée. Pour les espèces produisant beaucoup de petits fruits, un système mécanique de scarification utilisant les principes de mouillage/séchage peut être nécessaire.

Fruits charnus contenant plusieurs graines (baies) : les graines sont séparées de la pulpe en utilisant une scarification humide avec un tamis dont le maillage doit pouvoir laisser passer les graines jusque dans le réceptacle.

Une fois extraites, les graines devront être stockées dans un milieu confiné, avec le moins d'air possible. Le taux d'humidité doit être stabilisé entre 35 et 40 % dans du gel de silice et la température ne doit pas dépasser les 5°C. Les variations de température sont déconseillées car elles affectent les graines et diminuent leur chance de survie.

2.1.3. Production – multiplication

Germination

La période de germination commence par la levée de dormance des graines, qui peut-être induite facilement par différentes méthodes. (Jaffre T. & al., 1991)

Eau ébouillante : Portée à ébullition pendant quelques minutes, les graines sont ensuite refroidies puis séchées (pour éviter le pourrissement) avant de germer. Les graines qui restent à la surface sont considérées comme non-viables et sont donc éliminées du lot.

Scarification physique : cette technique consiste à faire une encoche dans la couverture de la graine afin de permettre l'entrée de l'humidité et le début de la germination. Cependant, il faut remarquer que cette technique prend du temps et ne peut-être utilisée que pour de faibles quantités de graines. Des techniques plus automatisées, à l'aide de papier de verre ou de lit de sable, sont utilisées sur *Alphitonia neocaledonica*.

Scarification chimique : Elle consiste à immerger des graines dans une solution d'acide dilué. Cette technique permet de traiter une plus grande quantité de graines, cependant il faut rester extrêmement vigilant quant au dosage chimique, particulièrement pour l'acide sulfurique.

Fermentation : cette technique s'utilise pour des espèces dont la dissémination se fait essentiellement par les oiseaux. Ces espèces ont généralement besoin que les graines soient digérées avant de germer. On peut alors utiliser des solutions vinaigrées, ou alors laisser fermenter ces graines dans un sac de sable mouillé, en plein soleil.

Lessivage des inhibiteurs : cette technique utilisée pour la germination de fruits charnus, nécessite l'immersion des graines dans de l'eau et la lexivation par les eaux de ruisseau. Cependant, ce procédé est lent, il faut compter au moins 2 mois pour obtenir une lexivation totale des inhibiteurs.

Les hormones de croissance : Ce traitement peut-être intéressant pour la multiplication par bouturage d'espèces rares. Il consiste à tremper les graines dans une solution à 1-5% d'acide gibbérellique pendant 12 heures. Une fois sorties, les graines sont séchées et la solution peut-être réutilisée si elle est conservée à l'abri de la lumière dans une pièce réfrigérée.

Après avoir subi le traitement adéquat, les graines sont semées sur un plateau de germination marqué du nom de l'espèce et de la date du semi. Le nombre de graines semées sur un plateau doit être suffisamment faible pour ne pas entraîner de sur-population et donc diminuer le taux de germination.

Un suivi régulier du nombre de germinations doit permettre de déterminer le taux de germination de chaque espèce. Ces résultats aideront par la suite à sélectionner les espèces qui réagissent le mieux pour la réhabilitation de sites miniers. [ANNEXE 8]

Quand les plantules atteignent 1cm de haut, elles sont transplantées dans des pochons forestiers, remplis de terreau composé pour 2/3 d'humus issu du broyage des végétaux défrichés et pour un tiers de gravier. (**Figure 17**)



Figure 17 : Jeunes plantules en pochons forestiers

Les plateaux de germination et les pochons forestiers sont entreposés sous des toiles d'ombrage à 50% ; les pochons y resteront pendant 6 à 12 mois selon les espèces avant d'être transférés vers une zone d'acclimatation (25% d'ombrage), pour ensuite être plantés sur mine.

L'arrosage se fait par brumisateuse une fois par jour, 15 minutes en fin d'après midi.

(Figure 18)

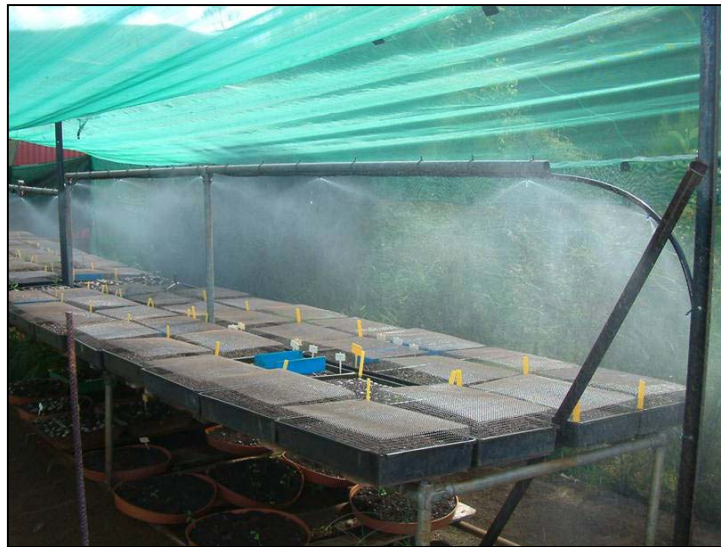


Figure 18 : Brumisateuse pour germination

Bouturage

Cette technique est notamment utilisée pour multiplier des espèces rares qui produisent peu (*Xanthostemon sebertii*) ou pas (*Serianthes petitiana*) de graines.

Elle consiste à prélever de jeunes pousses d'arbre et de stimuler le développement d'un système racinaire par l'utilisation d'hormones de bouturage.

Le bouturage se fait en plusieurs étapes.

- Il est recommandé de récolter les boutures par temps humide et de les conserver au - frais dans du papier humide jusqu'à ce qu'elles soient plantées
- Désinfecter la bouture et le pochon forestier en les immergeant 15 minutes dans une solution à 2 g/l de Benlate (fongicide Benomyl)
- Remplir les pochons de terreau (2/3 humus, 1/3 mélange de sol)
- Tremper le pied de la bouture dans un gel d'hormone de croissance et la planter
- Effeuer 2/3 de la bouture
- Vaporiser les boutures jusqu'à l'apparition de racines (entre 3 et 6 mois)

La technique de bouturage présente de nombreux avantages :

- Multiplier les espèces qui ne produisent pas de graines
- Accélérer le processus de floraison et fructification
- Produire des plants à partir de peu d'individus (exemple des espèces rares)

Cependant il existe un certain nombre d'inconvénients

- La production de racines sur les boutures peut être endommagée par la pluie ou le vent,
- Les boutures doivent donc être conservées à l'abri de ces perturbations climatiques
- La production d'un grand nombre d'individus à partir d'un seul plant mère peut engendrer des phénomènes de dépression de consanguinité au sein de la population.

Une fois produits, par bouturage ou par germination, les plants seront mis en terre sur les parcelles à revégétaliser.

2.1.4. Installation de la végétation

Les travaux de plantation commencent par la préparation du terrain à revégétaliser. Les plus grandes surfaces à revégétaliser sont représentées par les mort-terrains (stériles) de latérite mais il faut aussi considérer les déblais et bas-côtés des pistes d'accès, ainsi que les aires de stockage de résidus miniers. Dans le projet hydrometallurgique de Goro Nickel, sur 1 tonne de minerai extrait, les lexivats chimiques représenteront 97 %. A cela, 30 % de calcaire sera additionner pour les neutraliser. Ces résidus permettront de reboucher « les trous » après exploitation. En attendant, ils combleront une vallée naturelle.

Les opérations de revégétalisation englobent les semencements des graines et la plantation de plants en tube. Elles se font généralement pendant la période humide c'est-à-dire de janvier à mars.

Préparation du terrain

La préparation de la zone à revégétaliser devra suivre différentes étapes

Les travaux de terrassement doivent être terminés en décembre afin de laisser le temps au terrain de se stabiliser avant de commencer les opérations d'ensemencement et plantation.

La pente du terrain à revégétaliser ne doit pas dépasser 45°.

Des terrasses doivent être mise en place si la hauteur de la pente dépasse 6 m. Ces terrasses permettront l'accès d'un véhicule. (**Figure 19**)

Des drains doivent être creusés perpendiculairement et sur le haut de la pente afin de limiter le lessivage des graines et éléments organiques lors de fortes pluies.



Figure 19 : Préparation du terrain et revégétalisation avec toile de jute

Utilisation du top soil

De façon générale, les terrains à revégétaliser sont hostiles à l'implantation de la végétation. La récupération de la terre végétale (top soil) est souvent le facteur le plus important d'une revégétalisation réussie d'un site. La terre végétale contient une banque de graines et de champignons microbiens (*mycorhize*) qui maintiennent une activité biologique dans le sol et constituent des associations symbiotiques essentielles à la croissance de différentes espèces de maquis ultramafiques. Il est donc important de pouvoir recouvrir la zone à revégétaliser d'environ 30 cm de terre végétale afin de favoriser l'implantation de la couverture végétale.

L'utilisation du top soil semble donc être l'alternative la plus efficace mais reste encore au stade embryonnaire. En effet, des contraintes techniques et financières sont un frein à son utilisation. Le stockage du top soil demande encore beaucoup de recherches. En effet, on ne connaît ni la forme de stockage la mieux adaptée, ni la durée limite de stockage (combien de temps les graines sont encore viables, combien de temps les mycorhizes restent actifs...) (**Figure 20**).

Un travail de recherche reste donc à faire afin d'optimiser l'utilisation des top-soils.



Figure 20 : Recolonisation naturelle du top-soil par les Cyperaceae

Plantation [ANNEXE 9]

Une fois le terrain préparé, les opérations de plantation vont pouvoir commencer. Elles doivent être effectuées pendant la saison humide (de janvier à mars) afin de limiter le stress hydrique des jeunes plants. Les plantes en tubes, sorties de la pépinière, sont plantées avant les semis. (**Figures 21 et 22**)

Une fois sortie du tube, les jeunes plants sont mis en terre tous les 1.5 mètres en présence d'engrais de type NPK. Cet engrais est à libération lente. Il fournira les éléments nutritifs nécessaire à la croissance de la plante pendant un an. L'ajout d'hydrorétenteur peut limiter la dessiccation des plants pendant une période plus sèche.



Figure 21 : Plantation des plantules en présence d'engrais et d'hydrorétenteur



Figure 22 : Plantation manuelle de jeune plantules

La plantation d'espèces pionnières ayant une croissance rapide et des associations fongiques (*Gymnostoma* par exemple) permet d'une part de limiter rapidement l'érosion et d'autre part d'avoir des effets bénéfiques sur les graines présentes dans la terre végétale.

Semis

Un mélange de 21 espèces est préalablement préparé en fonction de la zone à revégétaliser. Les mélanges se font par pesée des graines, suivant leur densité. En effet, pour chaque espèce utilisée, le nombre moyen de graines pour 100g a été préalablement déterminé. Ces données permettent de calculer le nombre moyen de graines pour chaque espèce. (**Figures 23 et 24**) [ANNEXE 10]

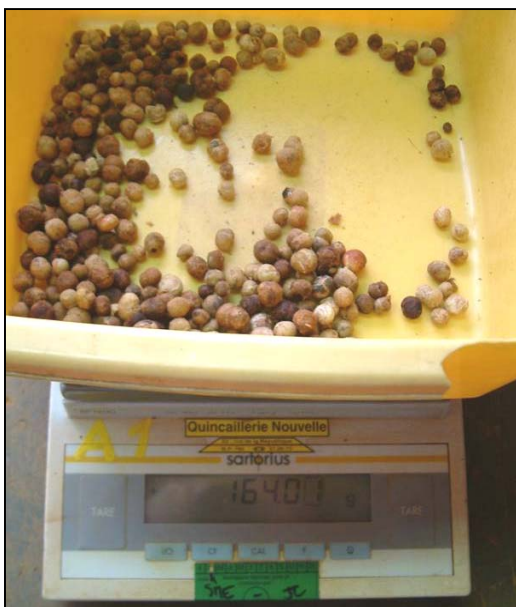


Figure 23 : Pesée des graines pour le semis manuel



Figure 24 : Sac de mélange de grains pour le

La composition du mélange permet d'obtenir une végétation composée de :

- 2- 10 à 20 % d'arbres
- 3- 40 à 50 % d'arbustes
- 4- 20 à 30 % de cypéracées
- 5- 5 % de lianes

[ANNEXE 11]

De l'engrais NPK à action longue est ensuite ajouté au mélange (**Figure 25**).

Le semis se fait par dispersion manuelle (**Figure 26**) mais l'ensemencement hydraulique bien que plus coûteux semble être plus efficace (Rigault, 1996).



**Figure 25 : Ajout d'engrais longue durée
au mélange de graines**



**Figure 26 : Semis à la volée d'espèces
endémiques après plantation**

Les espèces utilisées sont toutes endémiques et proviennent des formations végétales des alentours.

Utilisation de copeaux de bois

Une fois le semis terminé, le terrain est recouvert de copeaux de bois issus du broyage des végétaux récupérés lors des opérations de défrichements (**Figure 27**).



Figure 27 : Copeaux de bois issus de la végétation décapée

Cette technique présente différents avantages :

- retenir l'humidité du sol
- limiter le développement de mauvaises herbes
- recycler les végétaux défrichés
- limiter l'introduction de plantes exotiques potentiellement envahissantes présentes dans les copeaux commerciaux

Utilisation de biotextiles

La toile de jute est utilisée sur les pentes afin de limiter l'érosion du sol provoquée par le ruissellement. Elle permet aussi d'éviter le balayement des graines par le vent. La toile est fixée dans le sens de la pente à l'aide de sardines métalliques (**Figure 28**).

Ce matériau biodégradable maintiendra l'humidité nécessaire aux plants et favorise la formation d'un horizon humifère.



Figure 28 : Mise en place de toiles de jute après plantation et semis

La mise en place de la toile de jute représente la dernière étape des travaux de revégétalisation. Un suivi régulier de la zone à revégétaliser permet de surveiller les taux de reprises, de germination, de croissance des différentes espèces. Ces données serviront à améliorer les techniques de revégétalisation des terrains miniers du Sud.

2.2. Fiches techniques des espèces utilisées

Toutes les espèces utilisées ont été choisies suivant différents critères, énumérés précédemment. Cependant, un certain nombre de données sont manquantes, notamment en ce qui concerne la multiplication de certaines espèces. Des études ont toutefois déjà été menées par des sociétés privées telles que SIRAS et INCO, mais les données scientifiques n'ont pas été communiquées.

Pour chaque espèce décrite, un bref récapitulatif de la taxonomie a été fait. Une description générale de la plante permet de reconnaître certaines particularités propres à chacune des espèces. (Jaffre T. et Pelletier B., 1992)

Les illustrations montrent, pour chaque espèce, un aperçu des parties végétales importantes, telles que les inflorescences, fruits ou graines.

Cette liste d'espèces préconisées pour la réhabilitation écologique des terrains miniers de Nouvelle-Calédonie n'est pas exhaustive. En effet, ce sont plus de 50 espèces qui montrent de bons comportements pour la revégétalisation, cependant, un grand nombre de paramètres restent encore à définir de manière précise afin d'optimiser les techniques de revégétalisation.

Alphitonia neocaledonica

Présentation

Nom botanique : *Alphitonia neocaledonica* (Schltr.)

Famille : Rhamnaceae

Nom vernaculaire : pomaderris

Origine : genre comprenant 3 espèces, toutes endémiques

Statut : endémique de Nouvelle-Calédonie

Description générale

Type : arbuste

Hauteur : 1 à 3 mètres

Feuillage : coriace avec pilosité rousse sur la face inférieure

Fleurs : blanches

Fruits : charnus noirs quand ils sont secs

Graines : assez grosses, plus ou moins hémisphériques



Fleurs

Ecologie

Habitat : forêt dense humide, maquis,

Fourrés secondarisés entre 50 et 1000 mètres

Sols : ferrallitiques



Comportement

Espèces pionnières, bon comportement sur merlons et pistes



Revers de feuille et inflorescence

Multiplication

Récolte : décembre à janvier

Prégermination : traitement par scarification ou trempage dans l'eau de javel 1.2 % pendant 5 minutes

Conservation : froid sec

Semis : à la volée

Levée : 1 à 2 semaines



Fruits et graines

Codia montana

Présentation

Nom botanique : *Codia montana* Forster & G. Forster

Famille : Cunoniaceae

Statut : genre endémique de Nouvelle-Calédonie (13 espèces)

Description générale

Type : arbuste

Feuilles : opposées

Fleurs : blanches en capitules

Graines : très petites, se disséminent par le vent

Ecologie

Habitat : maquis minier entre 100 et 1000 m

Sols : latéritique

Comportement

Espèce pionnière sur décharge



Jeune individu en fleur



Jeune individu avec bourgeons

Multiplication

Récolte :

Prégermination :

Conservation : DONNEES INDISPONIBLES

Semis :

Levée :

Repiquage :

Délai de plantation :

Costularia comosa

Présentation

Nom botanique : *Costularia comosa* (C.B. Clarke) Kuek.

Famille : Cyperaceae

Statut : espèce endémique de Nouvelle-Calédonie
genre comprenant 12 espèces



Fleurs

Ecologie

Habitat : large répartition écologique, de 0 et 1000 m

Sols : ultramafiques

Comportement

Plante pionnière recolonisant les sites dégradés, les décharges, merlons, pistes et fronts de taille

Multipliation

Récolte : janvier avec une aspirateur portable

Prégermination : aucun traitement

Semis : à la volée ou par hydroseeding

Levée : 3 à 5 semaines de latence



Vue d'ensemble

Description générale

Type : herbacée

Feuille : plane d'environ 1 cm de large

Fleurs : hampe florale pouvant atteindre 1 m

Graines : nombreuses, de 2 à 5 mm, dissémination par le vent



Fruits



Graines

Flagellaria neocaledonica

Présentation

Nom botanique : *Flagellaria neocaledonica* Schlr.

Famille : Flagellariaceae

Statut : autochtone

Description générale

Type : roseau herbacé

Hauteur : supérieur à 2 m

Feuilles : rubanées avec extrémité en spirale

Floraison : septembre

Fleurs : inflorescence terminale avec fleurs jaunes

Fruits : blancs

Graines : petites et rondes

Multiplication

Récolte : novembre

Prégermination : aucun traitement

Semis : à la volée

Levée :



Extrémité des feuilles



Inflorescence

Comportement

Plante très commune



Fruits

Ecologie

Habitat : forêt, maquis, zone humide dégradée

Sols : ultramafiques

Guioa vilosa

Présentation

Nom botanique : *Guioa vilosa* Radlk.

Famille : Sapindaceae

Statut : espèce endémique de Nouvelle-Calédonie

Genre comprenant 10 espèces

Description générale

Type : arbre / arbuste

Hauteur : 1 à 15 m

Feuilles : velues

Floraison : Octobre novembre

Fleurs : blanche à 5 pétales

Fruits : déhissents à 3 loges

Ecologie

Habitat : forêt, maquis, zone humide dégradée

Sols : ultramafiques

Comportement

Plante très commune



Rameau velu



Inflorescence

Multiplication

Récolte : novembre

Prégermination : aucun traitement

Semis : à la volée

Levée :



Fruits et graines



Gymnostoma deplancheanum

Présentation

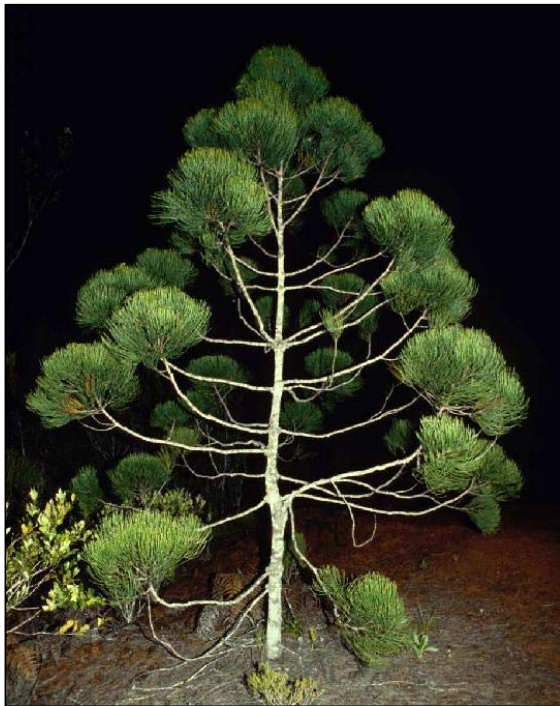
Nom botanique : *Gymnostoma deplancheanum*
(Miq.) L. Johnson

Nom vernaculaire : Bois de fer du Sud

Famille : Casuarinaceae

Statut : en Nouvelle Calédonie, ce genre est représenté par 8 espèces toutes endémiques

Particularité : symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote du genre *Frankia*



Jeune individu

Description générale

Type : arbre

Hauteur : peut atteindre 15 mètres

Feuilles : réduites à des minuscules écailles

Fleurs : espèces dioïques, fleurs mâles plus à l'extrémité des ramules

Fruits : en cônes ligneux sphériques rouges à marrons

Graines : petites et légères



Fleurs mâles

Ecologie

Habitat : maquis minier du sud jusqu'à 900 m

Sols : ultramafiques

Comportement

Croissance lente par rapport aux *Casuarina*

Multipliation

Récolte : mi-décembre à mi-février

Pré-germination : pas de traitements nécessaires

Conservation :

Semis : à la volée ou hydroseeding

Levée : rapide



Fruits

Hibbertia pancheri

Présentation

Nom botanique : *Hibbertia pancheri* (Brongn. & Gris) Briq.

Famille : Dilleniaceae

Statut : genre composé de 24 espèces dont 23 sont endémiques



Vue d'ensemble

Description générale

Type : arbrisseau

Port : en boule

Feuilles : groupées par 10 environ avec pilosité laineuse ferrugineuse

Fleurs : jaunes, 15 à 20 mm de diamètre, 4 à 5 sépales et à très rares staminodes

Floraison : octobre.



Fleurs

Ecologie

Habitat : maquis ligneux

Sols : ultramafiques

Comportement

Espèce pionnière cicatricielle

Multiplication

Récolte :

Prégermination :

Semis : DONNEES INDISPONIBLES

Levée :



Inflorescence



Fruits

Myodocarpus fraxinifolius

Présentation

Nom botanique : *Myodocarpus fraxinifolius* Brongn. & Gris

Famille : Araliaceae

Origine : genre endémique de Nouvelle-Calédonie comprenant 10 espèces

Statut : endémique de Nouvelle-Calédonie

Description générale

Type : petit arbre

Hauteur : 3 à 6 mètres

Feuilles : dentées

Flours : blanches

Fruits : en bouquet terminal

Graines : petites ailées



Feuilles

Ecologie

Habitat : forêt dense humide et maquis

Sols : ultramafiques

Comportement



Individu en fleur

Multiplication

Récolte :

Pré-germination :

Conservation :

Semis :

Levée : DONNEES INDISPONIBLES

Repiquage :

Délai de plantation :



Inflorescence

Tristaniopsis glauca

Présentation

Nom botanique : *Tristaniopsis glauca*

Famille : Myrtaceae

Origine : genre endémique composé de 13 espèces

Statut : espèce endémique

Description générale

Type : petit arbre ou arbuste buissonnant

Hauteur : 1 à 6 mètres

Feuillage : feuilles pétiolées vert glauque coriaces

Fleurs : jaunes orange de janvier à mars

Fruits : entre 3 et 5 mm

Graines : 2 à 3 mm



Individu en fleur



Fleurs

Ecologie

Habitat : maquis du Sud entre 10 et 1000 mètres

Sols : rocheux ferrallitiques



Fructification

Comportement

Espèces pionnières sur décharges

Multiplication

Récolte : mai à août

Prégermination : aucun traitement

Semis : à la volée

Conservation : température ambiante

Levée : une à trois semaines

Particularité

Contient des substances anti-paludiques

Tristaniopsis guillainii

Présentation

Nom botanique : *Tristaniopsis guillainii*

Famille : Myrtaceae

Origine : genre endémique composé de 13 espèces

Statut : espèce endémique

Description générale

Type : petit arbre ou arbuste buissonnant

Hauteur : 1 à 6 mètres

Feuillage : feuille pétiolé vert glauque coriace

Fleurs : jaunes orange de janvier à mars

Fruits : entre 3 et 5 mm

Graines : 2 à 3 mm



Détail de fleurs

Comportement

Espèces pionnières sur décharges

Ecologie

Habitat : maquis du Sud entre 10 et 1200 mètres

Sols : rocheux ferrallitiques



Rameau en fleur

Multiplication

Récolte : septembre à novembre

Prégermination : aucun traitement

Semis : à la volée

Conservation : froid sec

Levée : une à trois semaines



Fruit



Graines

Uromyrtus emarginatus

Présentation

Nom botanique : *Uromyrtus emarginatus* (Pancher ex Brongn. & Gris) Burret

Famille : Myrtaceae

Origine : genre endémique composé de 11 espèces

Statut : endémique de Nouvelle-Calédonie

Description générale

Type : arbuste

Feuillage : vert

Fleurs : blanches

Fruits : baies noires

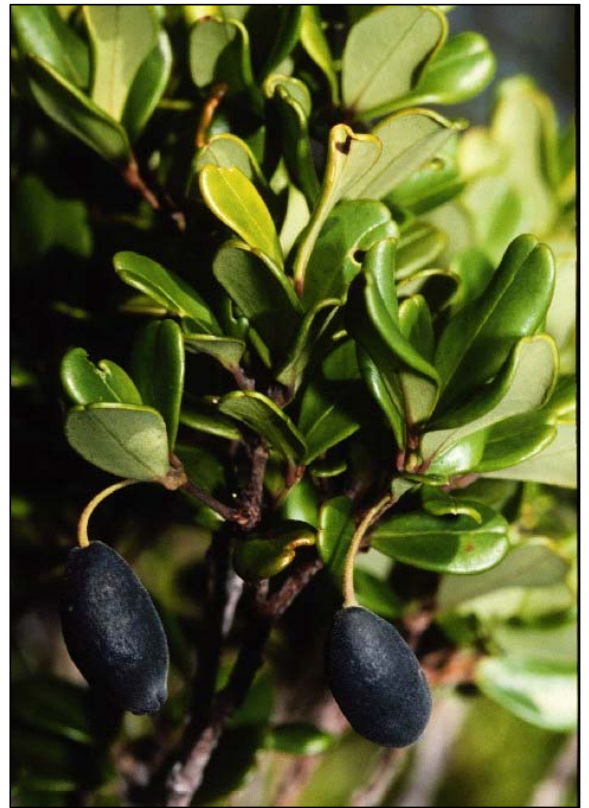
Graines : de petites tailles plusieurs par baie

Comportement

Espèce pionnière de merlons de pistes



Rameau avec fleurs



Rameau avec fruits

Ecologie

Habitat : maquis entre 100 et 1000 mètres

Sols : ultramafiques

Multiplication

Récolte :

Prégermination :

Conservation :

Semis : DONNEES INDISPONIBLES

Levée :

Repiquage :

Délai de plantation :

Xanthostemon aurantiacus

Présentation

Nom botanique : *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr.

Famille : Myrtaceae

Origine : genre endémique composé de 20 espèces

Statut : endémique de Nouvelle-Calédonie



Vue d'ensemble

Ecologie

Habitat : sud de la grande terre

Sols : ferrallitique



Individu en fleur

Description générale

Type : arbuste

Hauteur : 1-2 m

Feuillage : vert

Fleurs : orangées

Fruits : secs ligneux (3-4 loges)

Graines : petites et aplaties, plusieurs par loges

Multiplication

Récolte :

Prégermination :

Conservation :

Semis :

DONNEES INDISPONIBLES

Levée :

Repiquage :

Délai de plantation :



Rameau avec fruits

Xanthostemon multiflorus

Présentation

Nom botanique : *Xanthostemon multiflorus* (Brongn. & Gris) Schltr.

Famille : Myrtaceae

Origine : genre endémique composé de 20 espèces

Statut : endémique de Nouvelle-Calédonie

Description générale

Type : arbre

Hauteur : jusqu'à 25 m

Feuillage : varié

Fleurs : jaunes de décembre à juillet

Fruits :

Graines :



Individu en fleur



Détail fleur

Ecologie

Habitat : en dessous de 600 m

Sols : variés

Comportement

Multiplication

Récolte :

Prégermination :

Conservation :

Semis :

Levée :

Repiquage :

Délai de plantation : DONNEES INDISPONIBLES

3. PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

3.1. Études scientifiques et techniques

Les recherches sur la revégétalisation ont commencée il y a une quinzaine d'année. Des premiers tests de germination ont été mis en place par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et portait déjà sur des espèces endémiques.

D'autres recherches ont été faites par CIRAD-CTFT devenu IAC. Elles ont porté sur différentes espèces endémiques et exotiques (Serrailh J.-M., 2001).

Aujourd'hui il reste encore différents axes à explorer :

3.1.1. L'utilisation des Top soils

Le top soil représente les 10 premiers centimètres du sol des maquis. Il contient une banque de graines considérable et une activité fongique et microbienne sans doute indispensables à la germination et à la croissance des espèces du maquis

Une fois défriché, le sol de surface est récupéré par « grattage mécanique » puis passer un crible afin de séparer les débris végétaux, les blocs rocheux et le terreau organique.

A l'heure actuelle, très peu d'études ont été faites sur les modes de stockage de top soil, les durées de vie des micro-organismes et leurs rôles dans la germination et la croissance de la végétation.

De façon générale, il est préférable de stocker la terre végétale entre juin et décembre ; les activités biologiques étant réduites en raison du climat plus froid et plus sec. De plus, il est important de limiter le temps de stockage afin d'éviter l'étouffement du sol.

Outre le problème biologie, la gestion des tops soils pose aussi des problèmes techniques et financiers. La zone de stockage doit être suffisamment grande pour que le sol soit étalé au maximum. Des rangées de 2 m de haut placées perpendiculairement à la pente (pour retenir les sédiments) et recouvertes d'une toiles de jutes (pour limiter l'érosion par le vent et la pluie) seront mises en place par Inco, après décapage du couvert végétal.

Cependant, il reste un énorme travail de recherche scientifique et technique avant d'arriver à une gestion cohérente et raisonnée des top soils.

3.1.2. Les mycorhizes du sol et associations symbiotiques moteurs de la croissance des espèces de maquis.

Les sols miniers sont généralement toxiques et hostiles à l'implantation du couvert végétal. La présence de métaux lourds et l'absence quasi-totale d'éléments nutritifs à engendré une sélection naturelle des espèces de maquis minier. La plupart de ces espèces ont donc élaborées des associations symbiotiques racinaires avec des bactéries fixatrices d'azote permettant d'augmenter l'apport d'éléments nutritifs. Par exemple, la plupart des Casuarinaceae telle que *Gymnostoma deplancheanum*, sont en association symbiotiques avec des bactéries du genre *Frankia*. On connaît aujourd'hui très peu de choses sur ces associations. Des recherches menées par l'Université de Nouvelle-Calédonie et l'IRD sont actuellement en cours notamment sur les espèces hyperaccumulatrices de nickel tels que *Niemeyera accuminata*, *Psychotria douarrei*, *Hybanthus austrocaledonicus*, *Homalium kanalense*,...

.

3.1.3. Les processus de floraison et fructification à maîtriser

Les périodes de floraison et fructification de la plupart des espèces de maquis ont été définies par simple observation de terrain. Cependant, aucune recherche n'a été effectuée sur les facteurs induisant ces deux processus. Un réel travail de recherche scientifique devrait être mis en place afin de connaître précisément les conditions de **germination** de toutes les espèces de maquis. Ces données seraient intéressantes pour le choix des espèces utilisées en restauration. De même, des études sur la **fructification** des espèces de maquis, notamment les espèces ligneuses, permettraient d'appréhender la durée de la succession végétale attendue.

3.1.4. L'ensemencement par hydroseeding : une alternative efficace

Vu les surfaces décapées en Nouvelle-Calédonie, l'ensemencement par hydroseeding semble être une alternative efficace pour la réhabilitation des sites miniers. Cette technique est particulièrement efficace pour revégétaliser de grandes surfaces sur des parois ou des terrains inaccessibles, on estime à 5 ha la surface revégétalisée par jour. Elle consiste à projeter une pulpe de graines, de mulch (matière organique fibreuse) et d'engrais à l'aide d'un « canon à graine » monté sur un camion.

En Nouvelle-Calédonie, cette technique, encore très coûteuse, est peu utilisée. Cependant, des recherches doivent être menées concernant les espèces utilisées notamment sur les techniques de récoltes. En effet, 50 à 100 kg de graines sont nécessaires pour revégétaliser 1 ha. La création de champs semenciers semble alors indispensable.

3.2. Les moyens économiques nécessaires

Il serait intéressant de déterminer les surfaces totales décapées en Nouvelle-calédonie, et de calculer les moyens économiques nécessaires pour les réhabiliter.

Grâce à des photos aériennes, il serait possible d'estimer ces surfaces. A partir des budgets annuels dont disposent les sociétés minières, les Provinces ainsi que les communes, on pourrait alors estimer le temps nécessaire à la réhabilitation de l'ensemble des mines.

On pourrait alors élaborer une réelle planification de la revégétalisation en Nouvelle-Calédonie. Par la suite, si les plans d'exploitation prévoient la préparation des talus, la remise en état des pistes, l'utilisation des « top soil », les travaux pourront être minimisés et les techniques de revégétalisation optimisées.

3.3. Les moyens réglementaires et volonté politique

A l'heure actuelle, la Nouvelle-Calédonie ne dispose d'aucun outils pour légiférer les exploitations minières.

Il aurait fallu mettre en place un document ayant valeur de police, avant d'accorder les droits d'exploitations aux sociétés minières, notamment à INCO, qui projette de construire une usine de traitement chimique à Goro. La mise en place d'un tel document doit permettre d'orienter les projets d'exploitations, de surveiller les techniques utilisées et de faire appliquer les grands principes de protection de l'environnement qui sont bien souvent bafoués en Nouvelle-Calédonie.

Sans ces outils réglementaires, aucune gestion durable des ressources minières ne pourra être envisagée.

CONCLUSION

Avec une économie essentiellement basée sur l'exploitation minière, la Nouvelle-Calédonie doit faire face aux problèmes environnementaux générés par cette industrie. Alors que les transferts de compétences entre la France et la Calédonie promettent une autonomie à long terme, la Nouvelle-Calédonie devra planifier et réglementer l'exploitation minière, afin d'aboutir à une gestion durable de ses ressources. C'est essentiellement une volonté politique qui permettra de concilier exploitation minière et protection de l'environnement. Bien que ces deux termes soient opposés, ils restent cependant intimement liés.

Des mesures de protection des zones sensibles et caractéristiques des milieux naturels doivent impérativement être prise, afin d'envisager une restauration écologique des zones dégradées. Ceci sera possible grâce à l'approfondissement des recherches aussi bien dans le domaine scientifique que technique. Une unité cohérente devrait être mise en place par les différents acteurs locaux afin d'optimiser ces recherches.

De plus, un travail de conscientisation par la sensibilisation à l'environnement serait indispensable et permettrait à la population locale de s'intégrer aux projets économiques. Un effort de communication et d'information permettrait de crédibiliser les différents projets économiques auprès des citoyens.

Enfin, la Nouvelle-Calédonie possède, de part son patrimoine naturel et culturel, un attrait touristique original, qui représente un réel potentiel économique qu'il serait intéressant de développer. Elle s'orienterait alors vers un développement économique durable.

BIBLIOGRAPHIE

- **BRADSHAW, A.D.**, 1982, Mines wastes reclamation, Traduction partielle de PELLETIER B., SLN, document interne.
- **CHAZEAU, J. & al.**, 2003, Recherche des caractéristiques faunistiques des habitats se trouvant sur les sites retenus pour l'installation des infrastructures minières et industrielles du complexe de Goro Nickel, Rapport de consultance Goro Nickel – IRD, p.40.
- **CHERRIER, J.-F.**, 1990, Reverdissement des terrains miniers en Nouvelle-Calédonie, Bois et forêt des tropiques n°225 p.5-23.
- **CORNU, A. & al.**, 2001, Espèces endémiques et restauration écologique en Nouvelle-Calédonie, Bois et forêt des tropiques n°268 p. 57-68.
- **DAGOSTINI, G. & al.**, 1997, Inventaire et caractérisation de la flore et des groupements végétaux du massif de la Tiébaghi, Convention sciences de la vie botanique n°9 ORSTOM.
- **IUCN**, 2003, Biodiversité et conservation en Outre Mer: Nouvelle Calédonie, p. 149-169.
- **INCO**, 2001, Résumé non technique du projet, Tome 1, p.18.
- **JAFFRE, T.**, 1980, Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie, Travaux et documents de l'ORSTOM Thèse p. 273.
- **JAFFRE, T. & al.**, 1994, La végétalisation des anciens sites miniers, Bois et forêt des tropiques n°242.
- **JAFFRE, T. & al.**, 1994, La flore, caractéristiques et composition floristique des principales formations végétales, Bois et forêt des tropiques n°242.
- **JAFFRE, T. & al.**, 2003, Identification typologique et cartographique des groupements végétaux de basse altitude du Grand Sud calédonien et des vallées de la Tontouta : Caractéristique botanique et écologique des écosystèmes représentatifs, convention Province Sud-IRD, p.84.
- **JAFFRE T. & al.**, 2004, Inventaire floristique des unités de végétation de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel, Rapport de consultance pour Goro Nickel.
- **JAFFRE, T. et PELLETIER, B.**, 1992, Plantes de Nouvelle-Calédonie permettant de revégétaliser des sites miniers: manuel d'identification d'espèces indigènes ou endémiques au territoire qui s'implantent spontanément sur les anciennes mines des massifs ultramafiques et dont la reproduction est possible en pépinière, ORSTOM SLN.
- **JAFFRE, T. et RIGAULT, F.**, 1991, Recherches sur les possibilités d'implantation végétale sur sites miniers, Convention science de la vie, botanique, n°5, p.80.
- **McCOY, & al.**, 1999, Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia, journal of biogeography, 26, p.579-594.
- **McCOY, & al.**, 2002, Species selection for revegetation of the Goro Nickel project area in New Caledonia.
- **MORAT, P. & al.**, 1986, Affinités floristiques et considérations sur l'origine des maquis miniers de la Nouvelle-Calédonie, Bulletin Museum National d'Histoire Naturelle, Paris 4^{ème} série, 8, section B, Adansonia, n°2, p.133-182.

- **MORAT, P. & al.**, 1999, Menace sur les taxons rares et endémiques de la Nouvelle-Calédonie, bulletin de la société botanique du centre-ouest nouvelle série n° spécial 19.
- **ORSTOM**, 1980, Atlas de Nouvelle-Calédonie.
- **PELLETIER, B.**, 2001, L'industrie minière et l'environnement, SLN, document interne,
- **PROVINCE SUD**, 2003, Remarques et observations relatives au dossier de demande d'autorisation d'exploiter des ICPE de Goro Nickel dans le cadre de son projet minier et hydrometallurgique dans la région de Goro / Prony, DDR, document interne.
- **PROVINCE SUD**, 2003, Réhabilitation et reverdissement de la mine Odette, document interne DDR/DRN, p. 3.
- **RIGAULT, F. & al.**, 1996, Contribution à la mise au point de techniques d'ensemencements hydrauliques sur sites miniers: implantation d'espèces locales en relation avec les conditions climatiques, Convention sciences de la vie botanique n°8 ORSTOM/SLN, p.60.
- **Service des Mines**, 2000, Rapport d'activité, pp.25-27.
- **SARRAILH, J.M.**, 2001, Bilan des recherches menées par l'IAC sur la revégétalisation des sites miniers, documents internes IAC.

Sites internet :

- www.endemia.nc
- www.gouv.nc
- www.environmentaldefense.org
- www.inco-ltd.com
- www.province-sud.nc

ANNEXES

ANNEXE 1 : Catégorie et critères IUCN (1994) pour les taxons inscrits sur la liste rouge.

ANNEXE 2 : Structure des catégories IUCN.

ANNEXE 3 : Nombre d'espèces endémiques, vulnérables ou menacées dans les différentes formations de maquis minier dans le Grand Sud.

ANNEXE 4 : Comparaison du nombre d'espèces classées selon les critères IUCN et la surface des principales formations de maquis miniers du Grand Sud.

ANNEXES 5 : Surface des différents groupements végétaux au sud de la ligne Mont Dore/Yaté.

ANNEXE 6 : Espèces utilisées en reboisement par la Province Sud.

ANNEXE 7 : Cartographie des communes et aires coutumières de Nouvelle-Calédonie.

ANNEXE 8 : Essaie de revégétalisation par plantation de INCO.

ANNEXE 9 : Composition floristique des espèces utilisées en plantation par INCO.

ANNEXE 10 : Essai de revégétalisation par ensemencement de INCO.

ANNEXE 11 : Composition floristique du mélange de graines pour le semi d'INCO .

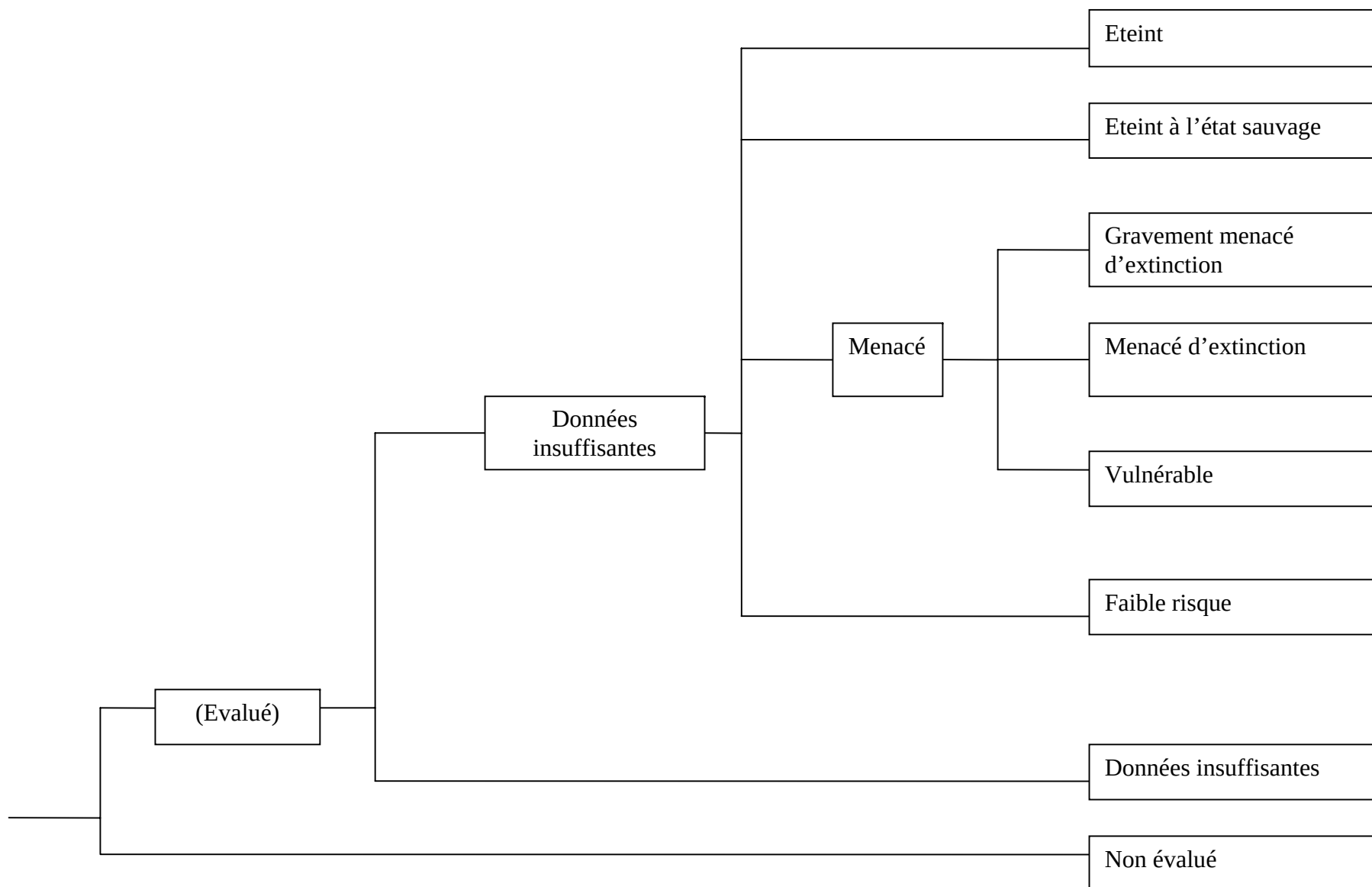
ANNEXE 1

Catégorie et critères IUCN (1994) pour les taxons inscrits sur la liste rouge

CRITERES	GRAVEMENT MENACE (CR)	MENACE D'EXTINCTION (EN)	VULNERABLE (vu)	FAIBLE RISQUE	
Réduction de population constatée ou projetée sur dix ans	> 80%	> 50%	> 20%	< 20%	TAXON
Zone d'occupation	< 10 Km ² - 1 seul site - en déclin	< 500 Km ² - 5 sites au plus - en déclin	2000 Km ²	>2000 Km ²	
Population fragile (Nombre d'individus matures)	< 250 - déclin constaté (25% sur 3 ans) - fragmentation (<50)	< 2500 - déclin constaté (20% sur 5 ans) - fragmentation (<250)	< 10 000 - déclin constaté (15% sur 10 ans) - fragmentation (<1000)	> 10 000	RARE
Population réduite (Nombre d'individus matures)	< 50	< 250	< 1000	> 1000	PROTEGE

ANNEXE 2

Structure des catégories IUCN



ANNEXE 3

Nombre d'espèces endémiques, vulnérables ou menacées dans les différentes formations de maquis minier dans le Grand Sud

	Nombre d'espèces inventoriées	Nombre d'espèces endémiques	Nombre d'espèces classées « vulnérables » (VU)	Nombre d'espèces classées « menacée » (EN)	Nombre d'espèces classées « gravement menacées » (CR)	Nombre d'espèces classées « gravement menacée » mais protégées en réserve	Total des espèces « vulnérable » et « menacée »
Maquis ligno-herbacé à hygromorphie permanente	60	51 soit 85 %	7	3	5	-	15
Maquis ligno-herbacé à hygromorphie temporaire	182	171 soit 94 %	9	3	2	-	14
Maquis ligno-herbacé des pentes érodées	87	79 soit 90 %	1	-	-	-	1
Maquis ligno-herbacé de bas de pentes et de piémonts	132	120 soit 91 %	2	1	-	1	4
Maquis ouvert sur cuirasse	88	83 soit 94 %	5	1	1	-	7
Maquis dense dominé par <i>Gymnostoma</i>	208	197 soit 95 %	8	2	3	1	14
Maquis paraforestier à <i>Gymnostoma</i>	305	277 soit 91 %	10	4	2	1	17
Maquis paraforestier à <i>Arillastrum</i>	289	267 soit 92 %	5	1	1	-	7

ANNEXE 4

Comparaison du nombre d'espèces classées selon les critères IUCN et la surface des principales formations de maquis miniers du Grand Sud

Type de maquis	Surface occupée en ha	Proportion d'occupation du sol	Nombre d'espèces classées par les critères IUCN
Maquis des zones humides	9 430.4	14.08	20
Maquis arbustif à paraforestier	4 118.4	6.15	22
Maquis ligno-herbacés bien drainé	21 457	32.03	4
Maquis ouvert à dense dominé par <i>Gymnostoma</i>	10 005.5	14.94	14
Maquis sur serpentinite	160.8	0.24	-
Maquis sur gabbros	2899.2	4.33	1
Surface totale d'étude	66 991.3		

ANNEXE 5

Surface des différents groupements végétaux au sud de la ligne Mont-Dore/Yaté

	SURFACE En ha	OCCUPATION DU SOL (%)
DIVERS		
Creeks, dolines et lacs	10.0	00.01
Zone anthropisée	2962.9	4.42
Sol nu	4036.9	6.03
Forêt	5928.6	8.85
Végétation littorale	599.8	0.90
Zones humides	1289.8	1.93
MAQUIS		
Maquis ligno herbacé sur sol à hydromorphie permanente	2778.0	4.15
Maquis ligno herbacé sur sol à hydromorphie temporaire	4531.6	6.76
Mosaïque de maquis : hydromorphie permanente / temporaire	715.7	1.07
Mosaïque maquis à <i>Gymnostoma</i> et zone hydromorphes	771.5	1.15
Maquis ligno herbacé des pentes érodées	17681.7	26.39
Maquis ligno herbacé de bas de pente et piedmont	3775.3	5.64
Reliques forêts maquis	3966.2	5.92
Maquis très ouvert sur gabbros	697.4	1.04
Maquis ouvert sur gabbros	2133.7	3.19
Maquis à Nioulis sur gabbros	68.1	0.1
Maquis ouvert sur sol cuirassé	598.9	0.89
Maquis semi ouvert à dense dominé par <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	9406.6	14.04
Maquis paraforestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	3278.4	4.89
Maquis paraforestier à <i>Arillastrum gummiiferum</i>	840.0	1.25
Maquis paraforestier rivulaire	633.6	0.95
Savane à Niaoulis	122.7	0.18
Maquis sur serpentinites	160.8	0.24
Surface totale occupée par le maquis	52160 .2	
Surface totale étudiée	66001 .2	

ANNEXE 6

Espèces utilisées en reboisement par la Province Sud

Champ de Bataille : 199 ha de plantation à vocation production de bois d'œuvre
(Mont-Dore)

131 ha	Pin des Caraïbes	1991 à 2002
51 ha	Kaori	1993 à 2003
16 ha	Araucaria	1997 à 2003
1 ha	Chêne-gomme	2003

Madeleine : 183 ha de plantation à vocation production de bois d'œuvre
(Yaté)

107 ha	Pin des Caraïbes	1996 à 1998
53 ha	Kaori	1996 à 2003
15 ha	Araucaria (columnaris, luxurians et nemorosa)	1998 à 2003
5 ha	Chêne-gomme	1997 à 2001
3 ha	Divers : Faux noyer, Mahogany	2001 à 2003

Faux bon secours : 23 ha de plantation à vocation production de bois d'œuvre
(Mont-Dore)

10 ha	Kaori	1999 à 2001
10 ha	Gaïacs	2000 - 2001
3 ha	Chêne-gomme	1999

Marais kiki : 9 ha de plantation à vocation production de bois d'œuvre
(Yaté)

2 ha	Kaori (lanceolata et ovata)	2001 - 2002
5 ha	Araucaria (columnaris, luxurians, nemorosa, montana et rulei)	2001 - 2002
1 ha	Gaïacs	2001 - 2002
1 ha	Mahogany	2001 - 2002

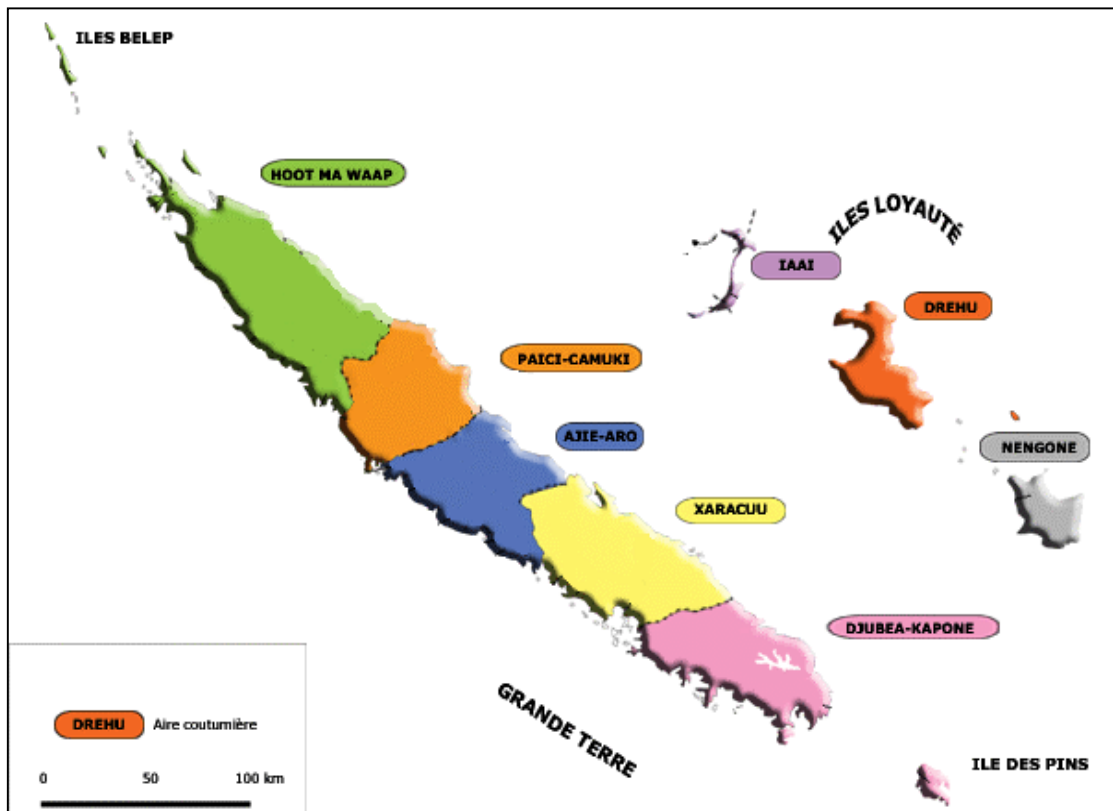
Ouénarou : 137 ha de plantation dont 43 ha à vocation production de bois d'œuvre
(Yaté)

26 ha	Pin des Caraïbes	1992
37 ha	Kaori (lanceolata et ovata)	1986 à 2002
14 ha	Araucaria (columnaris, luxurians, muelleri, rulei, nemorosa, montana et bernieri)	2000 à 2002
14 ha	Chêne-gomme	2000 à 2002
30 ha	Gaïacs	2000 à 2002
16 ha	Divers : bois tabou, faux teck et pomaderris	2000 à 2002

note sur ce périmètre : 86 ha ont été boisés à la pré-entrée du parc provincial de la rivière bleue.
Cette plantation se caractérise non par une vocation de bois d'œuvre mais par l'aménagement paysager d'un site très fréquenté, qui a été basé sur l'utilisation exclusive d'essences locales.

ANNEXE 7

Cartographie des communes et aires coutumières de Nouvelle-Calédonie



ANNEXE 8

Essaie de revégétalisation par plantation de INCO

Plantation des espèces de maquis minier sur le mort terrain en proximité de INCO

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sol ferralitique ferritique gravillonnaire sur les versants nord ouest du dépôt mort terrain situe en proximité du parabolique de télécommunication de l'usine commercial.

Examiner le potentiel de germination des espèces de maquis minier sur des surfaces recouvertes d'une couche de 50cm de terre végétale récupère lors du décapage des zone a maquis ligno-herbace.

Plantations des plantules

Date	23/03/04 a 22/04/04
Nombre de jours	15
Nombre de personnel	10
Parcel A	4331m ²
Parcel B	1271m ²
Parcel C	3256m ²
Parcel D	8638m ²
Totale surface	17496m ²
Quantité de hydroretenteur (g)	34641
Quantité d'engrais Meister 40% N (g)	57735
Nombre de plantes total	11547
Espacement (m)	1,5
Nombre d'espèces endémiques	60

ANNEXE 9

Composition floristique des espèces utilisées en plantation par INCO

FAMILLE	ESPECE	% du total
Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	0.29
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	0.37
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	0.37
Araliaceae	<i>Myodocarpus involucratus</i>	0.05
Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>	0.52
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	1.34
Caesalpiniaceae	<i>Serianthes calycina</i>	0.21
Caesalpiniaceae	<i>Storckia pancheri</i>	0.03
Casauriaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	0.47
Celastraceae	<i>Cassine cunninghamiana</i>	0.26
Connaraceae	<i>Santaloides balanseanum</i>	0.39
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	0.16
Cunoniaceae	<i>Cunonia deplanchei</i>	0.26
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	0.26
Cyperaceae	<i>Gahnia neocaledonica</i>	0.26
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	2.91
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	0.52
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	3.88
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	1.23
Goodeniaceae	<i>Scaevola balansae</i>	0.08
Guttiferae	<i>Garcinia balansae</i>	0.79
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	1.07
Labiatae	<i>Oxera neriifolia (macrocalyx)</i>	3.28
Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>	1.05
Linaceae	<i>Hugonia penicillanthemum</i>	0.47
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	7.50
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	0.52
Myraceae	<i>Arillastrum gummiferum</i>	1.05
Myraceae	<i>Babinotonia leratti</i>	3.09
Myraceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	1.21
Myraceae	<i>Melaleuca brongniartiana</i>	0.26
Myraceae	<i>Metrosideros nitida</i>	0.05
Myraceae	<i>Syzygium frutescens</i>	1.70
Myraceae	<i>Syzygium gasconii</i>	1.05
Myraceae	<i>Syzygium mouanum</i>	0.31
Myraceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	1.91
Myraceae	<i>Syzygium naovensense</i>	6.55
Myraceae	<i>Syzygium waqapenses</i>	1.83
Myraceae	<i>Xanthostemon aurantiacus</i>	5.71
Myraceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	0.79
Oleaceae	<i>Osmanthus neocaledonica</i>	1.36
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratti</i>	5.35
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	1.26
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	1.42
Proteaceae	<i>Stenocarpus comptonii</i>	1.55
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	1.05
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	7.60
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	0.26
Rubiaceae	<i>Gardenia aubrevii</i>	1.83
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	0.52
Rubiaceae	<i>Psychotria olioides</i>	0.92
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	0.37
Rutaceae	<i>Comptonella drupacea</i>	2.80
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	0.52
Sapindaceae	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>	1.91
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	2.25
Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	8.26
Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>	0.66
Sapotaceae	<i>Beccariella brevipedunculata</i>	0.52
Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>	6.03

ANNEXE 10

Essai de revégétalisation par ensemencement de INCO

Essai d'ensemencement des espèces du maquis minier	
Date	19/04/04 to 11/05/04
Nombre de jours	11
Nombre de personnel	10
Surface totale	7991m ²
Surface toile de jute	7991m ²
Quantité d'engrais Fertigene (g)	200000
Quantité d'engrais Meister (g)	50000
Quantité de hydroreteneur (g)	1200
Apport matière organique	Copeaux (first ore)
Quantité d'apport en matière organique (kg)	3000
Quantité de graines total (g)	108074
Nombre d'espèces	48
Quantité de graines (g/m ²)	13,52

ANNEXE 11

Composition floristique du mélange de graines pour le semi d'INCO

Famille	Espec	% du Total (poids par graine)
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	6.35
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	0.21
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	1.20
Celastraceae	<i>Peripterygia emarginata</i>	0.01
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	2.02
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	0.04
Cunoniaceae	<i>Pancheri hirsuta</i>	0.00
Cunoniaceae	<i>Pancheria veillardii</i>	0.01
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	10.40
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	0.45
Ebenaceae	<i>Diospyros parviflora</i>	0.03
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	0.00
Epâcridaeae	<i>Styphelia veillonii</i>	0.04
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	0.04
Euphorbiaceae	<i>Cleidion veillardii</i>	0.03
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	0.07
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	13.88
Flindersiaceae	<i>Flindersia fournieri</i>	0.01
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	3.70
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	16.93
Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	0.11
Myrsinaceae	<i>Rapanea diminuta</i>	0.06
Myrtaceae	<i>Cloezia floribunda</i>	0.09
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	0.14
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	0.89
Myrtaceae	<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	0.06
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	3.33
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	1.05
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	4.55
Myrtaceae	<i>Syzygium pancheri</i>	0.03
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	11.08
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis callobuxus</i>	0.18
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i>	6.55
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillanii</i>	3.03
Myrtaceae	<i>Uromyrtus emarginata</i>	0.71
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myroides</i>	0.00
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	2.28
Myrtaceae	<i>Xanthostemon multiflorus</i>	0.63
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulphureus</i>	0.42
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	0.05
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	0.07
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	2.59
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	1.50
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	4.27
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	0.07
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	0.07
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	0.05
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	0.31
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	0,38

EXPLOITATION MINIERE ET VALORISATION DU PATRIMOINE FLORISTIQUE DE NOUVELLE-CALEDONIE

Contribution à l'élaboration d'un guide pratique de reboisement des terrains miniers du Sud

Auteur : MAZZEO Flora

Résumé :

La Nouvelle-Calédonie, île tropicale du Pacifique Sud, présente de part sa formation géologique, des caractères écologiques notamment botaniques très particuliers. La présence d'importantes ressources minières a engendré le développement de l'industrie métallurgique, et par ce fait, la destruction d'un grand nombre de milieux naturels. Aujourd'hui, les sociétés minières et les institutions commencent à prendre en compte les problèmes environnementaux, notamment en ce qui concerne la revégétalisation des terrains miniers.

Des travaux de recherches techniques et scientifiques ont alors porté sur l'utilisation d'espèces endémiques adaptées aux conditions édaphiques extrêmes des terrains miniers. La mise en place d'un ouvrage pratique, consultable par les acteurs locaux, et regroupant les différentes techniques et méthodes utilisées pour la revégétalisation des mines est une priorité si l'on veut aboutir à une gestion durable des ressources minières. Cependant, les connaissances scientifiques sont encore insuffisantes pour élaborer une réelle méthodologie de la revégétalisation.

De plus, en l'absence de réglementation minière, l'utilisation d'un tel document reste dépendante de volontés politiques. Sans leur soutien, la problématique de l'environnement au sein des exploitations minières ne sera jamais prise en compte.

Ce rapport constitue une première approche dans ce domaine, en ceci, qu'il présente un bilan environnemental et socio-économique. Il rend compte des techniques actuelles de revégétalisation et pourra servir de référence pour les prochains travaux. Enfin, il permettra peut-être de sensibiliser les décideurs dans ce domaine.

Mots clefs : Nouvelle-Calédonie, Grand-Sud, exploitation minière, revégétalisation, bilan environnemental, endémique.