



ANNEXE III-C-5-2

Goro Nickel, *Plan de revégétalisation*, mars 2007



Projet Goro Nickel

Plan de Revégétalisation

Mars 2007



PLAN DE REVÉGÉTALISATION

TABLE DES MATIERES

1.	AVANT-PROPOS	1
2.	OBJECTIFS DU PROGRAMME DE REVEGETALISATION	2
3.	ETAT DES CONNAISSANCES EN MATIERE DE REVEGETALISATION DES SOLS ULTRAMAFIQUES	2
3.1	Historique de la revégétalisation en Nouvelle-Calédonie	2
3.2	Connaissance de l'écologie végétale du Sud.....	4
3.2.1	Définition des groupements végétaux.....	4
3.2.2	Les études phytosociologiques.....	5
3.2.3	Le dynamisme des groupements.....	5
3.3	INVENTAIRES FLORISTIQUES.....	6
3.3.1	Objectifs de l'inventaire botanique.....	6
3.3.2	Historique des inventaires	6
3.3.3	Recommandations suite aux inventaires de l'IRD	7
3.3.4	Les modifications de l'emplacement des installations du Projet Goro Nickel :.....	7
3.3.5	Sauvegarde des espèces rares	8
4.	SELECTION DES ESPECES POUR LA REVEGETALISATION.....	9
4.1	Pourquoi de ne pas utiliser des espèces exotiques ?	9
4.2	Espèces locales	10
4.2.1	Sélection des formations végétales selon les substrats finaux.	10
4.2.2	Critères de sélection des espèces.....	11
4.3	Stockage et manipulation des graines	12
4.3.1	Opération de collecte de graines	12
4.3.2	Techniques de collecte de graines.	13
4.3.3	Extraction des semences.....	14
4.3.4	Stockage des graines	17
4.4	Sortir les graines de leur dormance	17
4.4.1	Traitement à l'eau ébouillante.....	18
4.4.2	Scarification physique.....	18
4.4.3	Scarification chimique.....	18
4.4.4	Fermentation	18
4.4.5	Lessivage des inhibiteurs contenus dans la graine	18
4.4.6	Les hormones de croissance des plantes et autres mécanismes.....	18
5.	PRODUCTION DES PLANTES	20
5.1	Stratégie de production des plantes de Goro Nickel	20
5.2	Opérations à la pépinière.....	20
5.2.1	Manipulation des graines et germination	20
5.2.2	Transplantation des plantules en pochons et alvéoles forestières.....	20
5.2.3	Substrat de germination.....	21
5.2.4	Irrigation.....	21
5.2.5	Production des espèces endémiques par bouturage.....	22
5.3	Formation et sous-traitant pour la revégétalisation	23
5.3.1	Collecte des graines	23
5.3.2	Zones d'acclimatation	23

5.3.3	Main-d'œuvre pour les plantations de revégétalisation.....	23
6.	ETABLISSEMENT DES PLANTES	24
6.1	Ensemencement par dispersion des graines des espèces endémiques.....	24
6.2	Plantation des plants en pochons et alvéoles forestières	24
6.3	Les biotextiles	25
6.4	L'expérience de revégétalisation de Goro Nickel.....	25
6.5	La croissance des plantes sur les résidus	28
6.6	Récapitulatif des essais de revégétalisation	31
6.6.1	Terrassement	31
6.6.2	Revégétalisation	32
6.7	Les études à mener sur la production des plantes et la revégétalisation.....	32
6.7.1	Etudes de conservation des graines.....	32
6.7.2	Les études de germination	32
6.7.3	Etudes de bouturage	33
6.7.4	Les études de croissance dans différents milieux en pépinière et sur champ	33
7.	DEFRICHEMENT ET STOCKAGE DES TERRES VEGETALES.....	36
7.1	Connaissance de la rhizosphère latéritique du Sud.....	36
7.1.1	La rhizosphère des sols ferrallitiques ferritiques cuirassés.....	36
7.1.2	La rhizosphère des sols ferrallitiques ferritiques érodés.....	37
7.1.3	La microbiologie de la rhizosphère des sols ferrallitiques.....	37
7.1.4	La banque de graines dans la terre végétale.....	38
7.1.5	La matière organique et les éléments nutritifs	38
7.2	Historique de l'utilisation de la terre végétale.....	40
7.3	Réutilisation de la terre végétale par Goro Nickel.....	41
7.4	Expérience acquise sur l'utilisation de la terre végétale.....	41
7.5	Rétablissement végétal sur la terre végétale réutilisée après stockage.....	45
7.6	Epannage des graines sur des stocks de terre végétale	45
7.7	Stabilité physique des terres végétales.....	45
7.8	Objectifs du plan de réutilisation de la terre végétale.....	46
7.9	Principes d'utilisation directe ou stockage.....	46
7.9.1	Inconvénients de la terre végétale cuirassée.....	46
7.9.2	Avantages.....	46
7.10	Coordination logistique des travaux de défrichage	46
7.11	Technique de défrichage de la terre végétale	49
7.12	Technique de réutilisation de la terre végétale.....	53
7.12.1	Technique de transfert direct	53
7.12.2	Stockage de la terre végétale	53
8.	PLAN DE REUTILISATION DE LA TERRE VEGETALE PENDANT LA PHASE DE CONSTRUCTION.....	55
8.1	Aires des travaux de construction de l'usine et bassin de stockage des résidus sur la Kwé Ouest.....	55
8.2	Utilisation de la terre végétale des aires d'entreposage et stockage	55
8.2.1	Aire d'entreposage du Col de l'Antenne.....	55
8.2.2	Aire des travaux de construction-Berme Kwé Ouest	56
8.2.3	Aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest	56
8.3	Aires des travaux de construction et développement de la mine de pré-production	57
8.3.1	Exercice minier	57
8.3.2	Carrière de la Kwé Est.....	57
8.3.3	Fosse minière de pré-production	59
8.3.4	Verse à stérile latéritique et voie de roulage de la Kwé Est	60
8.3.5	Centre industriel minier (CIM).....	60
8.4	Bilan topsoil de l'année 2006	61
8.5	Plan de réutilisation de la terre végétale pendant la phase d'opération	67
8.5.1	Banque de graines des terres végétales latéritiques	67
8.5.2	Cartographie des terres végétales.....	67
8.5.3	Techniques d'aération des sols	68
8.5.4	Influence des résidus industriels sur l'activité biologique de la terre végétale	69
8.5.5	Techniques de gestion de la terre végétale.....	69
8.5.6	Planification des défrichages et stockage de la terre végétale	70

8.5.7	Planification des études à mener.....	71
9.	PREPARATION DES TERRAINS A REVEGETALISER	72
9.1	Verses à stérile	73
9.2	Pentes en déblai	73
9.3	Pentes en remblai non consolidé	75
10.	PROGRAMME DE REVEGETALISATION	76
10.1	Les routes d'exploration de la Kwé principale	76
10.2	La route du ferry.....	76
10.3	Pentes de la route du site industriel (usine-port).....	77
10.4	Verse à stérile de l'usine	77
10.5	Le tuyau d'alimentation en eau de Yaté	78
10.6	Col de l'Antenne.....	79
10.7	Pentes du convoyeur et port	80
10.8	Aire d'entreposage du col de l'Antenne.....	80
10.9	Drain périphérique du site industriel.....	81
10.10	Drain de détournement (Centrale électrique)	81
10.11	Village de construction	82
10.12	Centrale à béton	82
10.13	Route d'accès à la mine.....	83
10.14	Route d'accès à l'émissaire du surnageant	83
10.15	Voie de roulage de l'unité de préparation du minerai a la mine	84
11.	NOUVELLE PEPINIERE	85
12.	REVEGETALISATION APRES CESSATION DES ACTIVITES	86
12.1	Plan de revégénéralisation pour la fermeture de la mine	86
12.2	Verse à stériles sur la Kwé Est (VS-KE)	86
12.3	Opérations de revégénéralisation des cellules à résidus	88
13.	COUTS ESTIMATIFS DU PROGRAMME DE REVEGETALISATION	90
14.	BIBLIOGRAPHIE	91

ANNEXES

Annexe 1	Transplantation et sauvegarde des espèces rares et enlèvement du bois commercial – Méthodologie
Annexe 2	Méthodologie d'inventaire
Annexe 3	Procédure de récolte de graines
Annexe 4	État d'avancement des activités de revégénéralisation sur les titres Goro Nickel (2002–2006)
Annexe 5	Résultats des essais de revégénéralisation
Annexe 6	Liste des 176 espèces endémiques testées – Espèces endémiques sélectionnées pour le bouturage
Annexe 7	Programmes de formation
Annexe 8	La nouvelle pépinière – Plans
Annexe 9	La fourmi électrique : <i>Wasmania auropunctata</i>
Annexe 10	Cartographie des stocks de terre végétale

1. AVANT-PROPOS

Le cadre spatial et temporel de ce plan de revégétalisation englobe l'ensemble de la zone du projet Goro Nickel pendant les phases de construction et post-construction (15 années environ). Ce plan est évolutif et sera mise à jour annuellement selon les connaissances qui seront acquises dans le temps. Cette mise à jour permettra de valider les techniques pour les opérations de revégétalisation pendant la phase des opérations.

Ce plan est devisé en cinq parties.

La première partie présente un état des lieux des connaissances sur la revégétalisation, les objectifs de Goro Nickel et les étapes de stockage, pré traitement et germination des graines.

La deuxième partie présente un bilan sur la revégétalisation effectuée par Goro Nickel.

La troisième partie présente les techniques de défrichage ainsi que les procédures à suivre pour la gestion et l'utilisation de la terre végétale ou « top soil ».

La quatrième partie présente des consignes générales pour la réhabilitation des pentes latéritiques.

La cinquième partie présente les plans de revégétalisation pendant la phase construction et post construction par secteur à revégétaliser sur une période de 15 ans.

Des éléments généraux sur les opérations de revégétalisation de la mine pendant les cinq premières années de la mine ainsi qu'à la fermeture des cellules à résidu sont présentés à la fin du document.

Ce plan est basé sur les connaissances acquises en Nouvelle-Calédonie depuis les 10 dernières années, avec le recours à différentes sources de la littérature australienne sur la revégétalisation des sites miniers. Le rapport "Best Practice Environmental Management in Mining" (Environment Australia, 1997) a été utilisé comme support pour les parties concernant la gestion de la végétation et des terres végétales ainsi que pour la réhabilitation des surfaces minières. Ce document est une synthèse basée sur les meilleures pratiques après 30 ans d'études effectuées sur la revégétalisation des sites miniers en Australie. Les chapitres concernant les techniques de récolte, prétraitement et germination des graines sont basées sur des ouvrages concernant la flore Australienne par Ralph (1997, 2003), Stewart (1999), Stewart & Stewart (1999) et Sweedman & Merritt (2006), pour les genres végétaux utilisés en revégétalisation en Nouvelle-Calédonie.

2. OBJECTIFS DU PROGRAMME DE REVEGETALISATION

Dans un contexte général, l'objectif du plan de revégétalisation de Goro Nickel est d'utiliser différentes techniques pour établir **des écosystèmes végétaux autosuffisants**, composés d'une flore similaire à celle existante sur les concessions minières de Goro Nickel. De façon plus précise, le programme de revégétalisation a pour but de:

- Réduire l'érosion des sols due aux activités minières
- Préserver la diversité biologique et génétique de la flore endémique du plateau de Goro et des bassins versants environnants
- Augmenter les connaissances de base sur l'écologie de la végétation ultramafique
- Mettre en évidence les espèces endémiques à potentiel économique
- Créer une conscience environnementale de la flore endémique grâce à une formation des travailleurs et la consultation des communautés locales
- Développer des techniques de revégétalisation adaptées et viables à l'échelle industrielle

3. ETAT DES CONNAISSANCES EN MATIERE DE REVEGETALISATION DES SOLS ULTRAMAFIQUES

3.1 Historique de la revégétalisation en Nouvelle-Calédonie

Les sols ultramafiques de la Nouvelle-Calédonie présentent un grand nombre de problèmes de toxicité pour de nombreuses espèces de plantes, des problèmes liés à leur pauvreté en éléments nutritionnels et à leurs hautes teneurs en métaux (Proctor & Woodell, 1975; Jaffré, 1980; Brooks, 1987; Baker *et al*, 1992). De plus, les dynamiques de la végétation sur ces sols de caractéristiques extrêmes sont mal connues. En Nouvelle-Calédonie, ces propriétés des sols empêchent en grande partie toute forme d'agriculture, minimisant ainsi l'impact de l'homme, mais fournissent une source importante de nickel, de chrome et de fer, ce qui entraîne une activité minière intensive (Jaffré *et al*, 1977; Bird *et al*, 1984; Jaffré *et al*, 1994 c; Pelletier & Esterle, 1995; Jaffré *et al*, 1997 b).

Avant les années 70, les sols ultramafiques pauvres en nickel en provenance des mines (morts terrains ou stériles) étaient déversés dans les vallées environnantes, conduisant à une accumulation massive de sédiments dans les rivières côtières et sur le fond des récifs côtiers (Bird *et al*, 1984). Ces déversements de stériles et morts terrains, datant d'une centaine d'années, sont à ce jour peu colonisées par la végétation, montrant bien que ces sols sont peu favorables à la croissance des plantes. Cette colonisation lente de la végétation est la conséquence de plusieurs facteurs:

- La déstructuration des sols par l'érosion ou les travaux miniers créent un sol qui est physiquement différent (granulométrie argileuse) des sols de surface, propices à un développement naturel de la végétation
- La disparition des éléments nutritifs engendre un milieu plus appauvri que le milieu naturel de départ, notamment en l'absence de matière organique
- L'érosion génère des surfaces pentues avec peu de micro-habitats, nécessaires à l'installation des graines. Ces surfaces érodées deviennent indurées dans le temps par manque de colonisation végétale

- L'utilisation des sols argileux ou leur mise à nue par les travaux miniers, génère des surfaces avec des propriétés comparables à celles des surfaces créées par l'érosion. Celles-ci ne présentent pas les micro-habitats nécessaires pour l'installation de la végétation par graines

On estime qu'une superficie d'environ 800 km² de la Nouvelle-Calédonie (4 % de l'île, 14 % de la zone ultramaïque) est maintenant recouverte par des stériles dus à l'exploitation minière ou par des terres très érodées, conséquence de la dégradation de la végétation par des incendies. Les dégâts environnementaux apparents sur les terres ultramaïques de Nouvelle-Calédonie ont eu pour conséquence une prise de conscience accrue des autorités politiques, des sociétés minières et du public, qui prennent en compte la nécessité d'une revégétalisation des sites miniers.

Les premiers essais de revégétalisation, effectués au cours des années 70, ont surtout porté sur des espèces d'arbres exotiques à croissance rapide (*Pinus caribaea*, *P. elliotti*), des plantes herbacées (*Pennisetum*, *Paspalum*, *Vetiver*) et de grands arbustes autochtones *Casuarina collina*, *Acacia spirorbis* (CTFT, 1971; Cherrier, 1990). Selon Cherrier (1990), l'utilisation d'espèces à croissance rapide pourrait réduire l'érosion des sols en fournissant une couverture végétale rapide, ce qui favoriserait la croissance des plantes en augmentant la concentration en nutriments et la fixation de l'azote dans les terrains (*Casuarina collina*). Cependant, dans la plupart des cas, ces espèces végétales nécessitent un approvisionnement initial lourd en fertilisants afin de diminuer les problèmes de carence en nutriments et la toxicité des métaux. Le taux de mortalité est donc élevé et les espèces sont souvent incapables de se reproduire (Cherrier, 1990; Jaffré *et al*, 1994 c; McCoy *et al*, 1995; Sarrailh, 1997; Sarrailh, 2001; McCoy *et al*, 2002).

Depuis le début des années 90, les travaux de revégétalisation visent à stabiliser les terrains miniers découverts avec une couverture de maquis arbustif, ou de maquis ligno-herbacé, qui fourniraient un milieu adapté à la colonisation par la végétation environnante (Jaffré & Latham, 1973; Cherrier, 1990; Jaffré & Rigault, 1991; Jaffré *et al*, 1994 c; Jaffré *et al*, 1997 b; Lucon *et al*, 1997; McCoy, 1998). Cet accent, mis sur les espèces ultramaïques endémiques, est le résultat d'une volonté locale et internationale de conserver une végétation hautement diversifiée, qui a évolué sur les sols ultramaïques pendant plus de 38 millions d'années. Les différents types de maquis sont donc adaptés aux conditions des divers habitats latéritiques se trouvant sur les concessions minières. Ils pourraient ainsi servir comme source d'espèces pionnières permettant la mise en marche d'une succession secondaire selon le milieu édaphique à revégétaliser (Jaffré & Rigault, 1991; Jaffré *et al*, 1994 c; Jaffré *et al*, 1997 b).

Les travaux effectués depuis 2000 sur les techniques de germination et les études de croissance du maquis ont été réalisés par SIRAS sur les mines de la SLN, par Goro Nickel sur ses concessions, et par l'IAC pour Falconbridge sur le massif de Koniambo. Environ 400 espèces ont pu être produites sur les trois gisements miniers. Étant donné que les recherches sont récentes, surtout au niveau de la croissance des plantes, il est aujourd'hui difficile de tirer des conclusions compte tenu des variations de sols, de climats ainsi que des différentes altitudes à laquelle ces espèces ont été testées. Cependant plusieurs généralités peuvent être présentées:

Les plantes de maquis minier ont un plus faible taux de mortalité.

Elles ont besoin de moins d'apports en éléments nutritifs que des plantes exogènes des latérites.

La revégétalisation d'une pente latéritique avec du maquis minier réduit l'érosion, certes lentement, mais durablement. C'est d'autant plus remarquable si de la toile de jute est établie au départ pour consolider les fines autour des plantes, permettant aux jeunes plants de se développer.

3.2 Connaissance de l'écologie végétale du Sud

3.2.1 Définition des groupements végétaux

La flore ultramaïque de la Nouvelle-Calédonie est reconnue par de nombreux scientifiques comme étant l'une des plus diversifiées en termes d'espèces endémiques, rivalisant avec la richesse des forêts d'Asie du Sud-Est, d'Afrique et d'Amazonie. La végétation du Sud, notamment celle des plateaux de cuirasse de la région de Plaines des Lacs, a fait l'objet de nombreuses expéditions botaniques au cours du XXème siècle, et les collections de la flore sont bien représentées dans l'herbier du Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Nouméa. De plus, cette zone a fait l'objet de thèses en botanique et en écologie (Jaffré, 1980 ; Papineau, 1986 ; McCoy, 1998).

La végétation du plateau de Goro et des bassins environnants est composée d'une mosaïque complexe de 14 différents types de végétation qui possèdent différents niveaux de tolérance aux perturbations extérieures. Cette mosaïque comprend plusieurs types de végétation allant des zones marécageuses dominées par les cypéracées, aux zones de maquis arbustifs et aux zones de forêt humide de basse altitude dans le creux des vallées.

La végétation existant sur le plateau de Goro et les vallées avoisinantes est composée groupements végétaux suivants :

- Maquis arbustif ouvert
- Maquis arbustif semi-ouvert
- Maquis arbustif dense
- Maquis para forestier à *Gymnostoma deplancheanum*
- Maquis para forestier à *Arillastrum gummiferum*
- Maquis ligno-herbacé sur sol érodés des pentes
- Maquis ligno-herbacé des piémonts
- Maquis rivulaire
- Maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie permanente
- Maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie temporaire
- Maquis des dolines
- Forêt humide à *Arillastrum gummiferum*
- Forêt humide sempervirente de basse et moyenne altitude

Végétation du littoral

L'écologie de ces formations a été étudiée en détail par Jaffre (1980), Papineau (1989) et McCoy (1998), mais un inventaire complet de la diversité floristique de ces régions n'a jamais pu être réalisé en raison de la grande surface à étudier, du manque de spécialistes, et des descriptions incomplètes de la plupart des familles de plantes (Rubiaceae, Cunoniaceae, Araliaceae, Myrsinaceae – c'est à dire les 2/5^{ème} de la totalité de la flore).

3.2.2 Les études phytosociologiques

Les études phytogéographiques de Jaffré (1980) ont démontré que chaque groupement végétal existe sur des types de sols avec des propriétés chimiques ou physiques distinctes. Cependant, la composition floristique de chaque groupement peut être influencée par des perturbations naturelles (cyclones, inondations) et anthropogènes (feux).

Les maquis sur sols drainés sont les maquis les mieux représentés dans le Sud. Ils recouvrent 96 % de l'emprise du projet. Ils sont caractérisés par une flore sclérophylle sempervirente issue de l'ancienne couverture forestière ayant régressée par des feux répétés. Il y a deux grands groupements de maquis liés à deux types de latérites. Le premier est le maquis ligno-herbacé des pentes et piémonts se trouve sur des latérites des crêtes entourant le bassin de la Kwé. Il s'agit de sols remaniés et peu profonds par rapport aux latérites des plateaux recouvertes de cuirasse. Ce type de sol contient le deuxième groupement, les maquis arbustifs et forestiers.

Les maquis des zones humides regroupent les maquis ligno-herbacés sur sol à hydromorphie permanente ou temporaire, le maquis rivulaire (cantoné aux berges des rivières) et la végétation des dolines. Ils sont peu représentés dans l'emprise des 29 ans de la mine, mais ils contiennent de nombreuses espèces endémiques aux zones humides du grand massif du Sud.

Les études phytosociologiques de Jaffré (1980) montrent que chaque groupement a des associations d'espèces dominantes bien précises. Ainsi, les maquis des sols humides sont représentés par un maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie permanente, appartenant à l'association *Pancheria communis* et *Cloezia buxifolia*, et le maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie temporaire, qui appartient à l'association *Homalium kanaliense* et *Costularia comosa*.

Les associations phytosociologiques pour les maquis sur sols drainés sont moins précises. Le maquis ligno-herbacé des pentes érodées appartient à l'association *Costularia pubescens* et *Styphelia albicans*, le maquis ligno-herbacé des piémonts correspond à l'association *Codia discolor* et *Eugenia stricta*. Les deux groupements maquis arbustifs sur cuirasse peuvent être rapprochés de l'association à *Tarenna hexamera* et *Gardenia aubreyi* (Jaffré, 1980). Toutefois, les formations arbustives montrent une évolution vers des formations para forestières sur le même substrat, indiquant que les variations floristiques ne sont pas strictement liées aux sols (Jaffré, 1980, Jaffré *et al*, 1994b).

3.2.3 Le dynamisme des groupements

Le dynamisme des groupements végétaux est lié aux tolérances de la flore, aux conditions édaphiques et aux degrés de résilience face aux perturbations naturelles ou anthropogènes. Les incendies et les cyclones sont les perturbations les plus communes sur le plateau de Goro. Des études paléobotaniques du lac Xéré Wapo indiquent qu'il y avait un régime de feux avant l'arrivée des hommes il y a 3000 ans (charbon daté à 30 000 ans) (Hope & Paske, 1998). Cependant, la végétation existant sur Goro a été perturbée par des feux plus récents et répétés pendant les exploitations forestières et les acheminements de bois et de minerai à Prony par voies ferrées entre 1870 et 1940. L'effet de ces feux répétés a largement réduit l'étendue des forêts à *Arillastrum*, qui se sont cantonnées aux thalwegs des vallées. Les formations para-forestières à *Arillastrum* représentent les vestiges des forêts humides à *Arillastrum* qui ont été endommagées en grande partie (90 %) par des feux sur les versants du bassin de la Kwé, dont le dernier incendie enregistré date des années 80. La plupart de la végétation entre la haute Kwébini et la Plaine des Lacs fut détruite par le feu en 1991-1992, et un incendie a dégradé les formations forestières entre la Capture et la Madeleine en 1995. Cette zone est maintenant largement composée d'espèces tolérant des feux (Morat *et al*, 1986 ; Jaffré *et al*, 1998).

Deux réserves spéciales de forêt humide de basse altitude : la Forêt Nord et le Pic du Grand Kaori, se situent dans les limites des propriétés de Goro Nickel et constituent des types de végétation extrêmement sensibles, sans doute les dernières grandes surfaces de forêt dans la baie de Prony.

Le plateau de Goro est composé d'un plateau de cuirasse légèrement incliné vers le Sud et morcelé en sous-plateaux par des réseaux karstiques, formant parfois des dolines et creeks. Les maquis arbustifs et para-forestiers se trouvant sur les différentes parties du plateau ont subi des changements floristiques, selon la protection aux feux offerte par les dolines et les surfaces rocheuses de cuirasse. Des études phytosociologiques et des évolutions structurelles effectuées par McCoy (1998) ont démontré que les maquis arbustifs ouverts, semi-ouverts, denses et les maquis para-forestiers sont les stades d'une succession secondaire suite à des feux répétés dans le passé. L'âge de ces formations a été estimé à partir des cernes de croissance annuelle des *Dacrydium araucarioides*, une espèce dominante du plateau, extrêmement sensible aux incendies. Les maquis arbustifs ouverts et semi-ouverts ont environ 30-40 ans. Les maquis arbustifs denses ont environ 60-75 ans et les maquis para-forestier à *Gymnostoma* sur le nord du plateau de Goro ont entre 100-150 ans (McCoy *et al*, 1999).

Cette succession peut paraître lente par rapport aux autres pays tropicaux. Toutefois, les informations écologiques des formations végétales du plateau de Goro sont la base fondamentale des études de sélection des espèces pour la revégétalisation. Elles donnent des éléments fondamentaux sur le développement et la composition floristique des essais de revégétalisation.

Les stades initiaux de succession sur cuirasse sont composés d'espèces pionnières (*Alphitonia neocaledonica*, *Costularia comosa*, *Gymnostoma deplancheanum*, *Longetia buxoides*, *Grevillea exul* var. *rubiginosa*, *Hibbertia lucens*, *Stenocarpus umbelliferus*). Ceux-ci créent des conditions d'ombrage et de matière organique établissant un régime hydrique de surface, facilitant ainsi l'activité microbienne autour des racines (McCoy *et al*, 1995) et favorisant la survie d'autres espèces. Les développements de biomasse végétale entre maquis arbustif et maquis para-forestier sont largement générés par une augmentation en abondance de *Gymnostoma deplancheanum*. Le lien *Frankia* et *Gymnostoma* permet non seulement à cette espèce d'obtenir l'azote atmosphérique, mais aussi d'établir un cycle d'accumulation d'azote permettant l'évolution floristique de la végétation (McCoy, 1998).

3.3 inventaires floristiques

3.3.1 Objectifs de l'inventaire botanique

Les inventaires botaniques des zones à exploiter ou susceptibles de recevoir les stériles sont réalisés de préférences au moins 6 mois avant l'enlèvement de la végétation. Cet inventaire a pour objectif :

- La localisation et la distribution des espèces rares
- La collecte de semences et l'étude des besoins de germination des espèces rares

A ce jour, environ 775 espèces de plantes phanérogames ont été recensées sur l'aire du projet et les bassins versants environnants comprenant la Plaines des Lacs et Prony (Jaffre, 2000; Jaffre *et al*, 2004; Munzinger *et al*, 2004; Munzinger *et al*, 2005). Ces espèces présentent un taux d'endémisme de 95 %.

Les critères publiés par Morat *et al* (1986, 1994), Jaffre *et al* (1998 b), Jaffre (2000) ; Jaffre *et al* (2004), Munzinger *et al* (2004), Munzinger *et al* (2005) et les listes d'espèces de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) sont utilisés pour déterminer la rareté d'une espèce en Nouvelle-Calédonie et plus particulièrement pour les inventaires effectués dans le Sud.

Les procédures à suivre pour réaliser l'inventaire floristique d'un secteur sont présentées à l'annexe 2.

3.3.2 Historique des inventaires

Les inventaires de l'IRD et GNI entre 2000 et 2005 ont été effectués en fonction des priorités des travaux de développement du projet Goro Nickel pendant la phase 1. Les inventaires de l'IRD

concernant les zones des installations de la déclaration minière sont dans les rapports de l'IRD intitulés "Priorité 1" rendu à la DRN (27/09/02 ref :d2002/1021/mbo/mg), "Priorité 2" rendu à la DRN (9/09/03 ref : g-dg-en-c-2003-0097-mb-fs), "Priorité 3" rendu à la DRN (5/01/04 ref : g-dg-en-c-0002-jpg-hn-2004-01-05), "Priorité 4" rendu à la DRN (2/01/03 ref : g-dg-en-c-2003-0061-gmn-fs). S'ajoutent le rapport intitulé "S1-S4" et le rapport intitulé "S6-S9" correspondant à des inventaires supplémentaires entrepris par l'IRD en 2004 sur des nouvelles zones établies pendant la phase 2 du projet, notamment l'aire du stockage des résidus de la Kwé Ouest.

3.3.3 *Recommandations suite aux inventaires de l'IRD*

Les rapports produits suite aux inventaires floristiques sur les sites des installations industrielles et minières de Goro Nickel, entre 2001 et 2004, ont conduit à des séries de recommandations et de mises en garde concernant les formations fragiles et les espèces rares.

La recommandation la plus courante, dans les rapports de priorité de l'IRD, est la **protection des lambeaux de forêts humides** à *Arillastrum* et celle des forêts humides sur éboulis. Les forêts humides à *Arillastrum* les plus intactes se trouvent dans le Kwé Est en aval de la verse à stériles, ainsi que sur les versants Est et Sud de la Kwé Nord en amont de l'exercice minier. Ses grandes formations forestières couvrent une surface discontinue d'environ 20 hectares sur les zones de piémonts/pentes à éboulis entre les sources du KN1 et KN2.

Les forêts humides sur éboulis se trouvent au lieu dit "l'entonnoir", en amont de la Kwé Est et sur les versants Est, Ouest, Nord et Sud du Mt Ongoné ainsi que le versant Sud de la Kwé Ouest à l'intérieur de l'emprise de l'aire de stockage des résidus.

Les bases des recommandations de sauvegarde sont fondées sur des faits scientifiques et réels démontrant que les forêts humides sont en régression dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie suite à **une augmentation des fréquences des incendies** (Jaffré *et al*, 1998 b). La disparition des lambeaux de forêt dans le bassin de la Kwé réduirait le potentiel génétique des dernières formations forestières et réduirait leur aptitude à se reproduire et à se régénérer. Ceci entraînerait la disparition des espèces de la flore ainsi qu'une ressource économique renouvelable en essence forestière (*Arillastrum gummiferum*, *Montrouziera gabriellae*, *Agathis lanceolata*).

La deuxième recommandation concernant les formations végétales vise la sauvegarde des **maquis rivulaires**. Ce type de maquis a une répartition cantonnée au Sud de la Nouvelle-Calédonie où se trouvent des rivières dans les bassins versants de la Plaine des Lacs. Cette aire restreinte se traduit par une flore composée d'espèces semi-aquatiques avec une répartition réduite, et qui pourrait subir des conséquences graves et irréversibles si une augmentation des perturbations des rivières advenait (Jaffré *et al*, 1998b). Les surfaces de maquis rivulaires occupées par des installations du projet sont limitées au bassin de la Kwé et au bassin de la baie Nord. Cependant des mesures de sauvegarde devraient être établies pour les espèces les plus rares (*Neocallitropsis pancheri*, *Rauvolfia sevenetii*).

Le troisième groupement végétal, le maquis para-forestier, présente des conditions propices au développement à long terme des lambeaux de forêts humides et mériterait, si possible, d'être utilisé comme milieu de reconstitution des formations forestières.

3.3.4 *Les modifications de l'emplacement des installations du Projet Goro Nickel :*

La phase 2, après la revue du projet en 2003-2004, a modifié l'emplacement de nombreuses installations en vue de réduire l'emprise au sol du projet et de réduire ainsi son impact sur l'environnement.

L'aire de stockage des stériles, se situant au lieu-dit « l'entonnoir » en amont de la vallée de la Kwé Est, contenant des formations forestières primaires (forêt humide sur éboulis et forêt rivulaire + forêt humide à *Arillastrum gummiferum*) et ayant une hydrologie méconnue, a été supprimée du projet.

Les parties basses du bassin de la Kwé, inventoriées par l'IRD pour le réservoir d'eau du projet en phase 1, ont aussi été supprimées de la phase 2 du projet. Le bassin de sédimentation, dans la phase 2 du projet sur la Kwé Nord, contient des formations végétales rivulaires inventoriées pour le réservoir d'eau, mais sur une plus petite surface.

Le centre industriel minier a été déplacé au niveau de l'unité de traitement de minerai pour éviter un impact sur les forêts à *Arillastrum* sur les piémonts des crêtes rocheuses de la Kwé Nord.

L'aire de stockage des résidus, dans la partie haute du bassin de la Kwé Est, sera utilisée comme verse à stériles pour les opérations de pré-production de la mine. C'est ainsi que le bassin de sédimentation de l'ancien aire de stockage des résidus a aussi été supprimé dans la phase 2 du projet, épargnant une autre forêt à *Arillastrum*.

3.3.5 Sauvegarde des espèces rares

Les opérations concernant la localisation, la surveillance et la sauvegarde des espèces rares fait l'objet d'un plan de sauvegarde de la biodiversité déjà présent dans la déclaration minière de mars 2005. Les sections ci-dessous présentent une synthèse des éléments clé de ce plan.

(La méthodologie pour la transplantation des espèces rares est présentée à l'annexe 1)

Les espèces rares

Depuis 1996, un effort concerté est effectué pour s'assurer que les populations des espèces rares soient bien recensées sur l'aire du projet. Actuellement, 28 espèces sur les 60 existantes dans l'aire du projet (y compris dans les réserves botaniques) ont été localisées, sont suivies de façon hebdomadaire et sont produites à partir de graines ou de boutures (Les espèces sélectionnées pour les bouturages sont présentées à l'annexe 6). La présence d'autres espèces rares identifiées par les inventaires de l'IRD est basée sur des références d'herbier qui donnent peu d'information sur leur localité. Ces espèces non localisées feront l'objet de recherches sur des zones à l'extérieur des réserves pendant les prochaines cinq années dans le cadre des suivis hebdomadaires sur les espèces rares déjà produites.

Conservation et enrichissement des habitats

Dans le cadre du plan de sauvegarde de la biodiversité, un **conservatoire de la biodiversité** sera établi, englobant le bassin versant de la Rivière Wadjana, et les plateaux de cuirasse sur le versant Sud de la Kuébini (586 hectares). Les milieux forestiers et les maquis, dans cette aire conservatoire, sont particulièrement adaptés à l'implantation et à la protection des espèces rares. L'aire de conservation, les aires d'extension des réserves existantes et les zones de surveillance d'espèces extrêmement rares sont présentées en annexe 1 (Carte).

4. SELECTION DES ESPECES POUR LA REVEGETALISATION

4.1 Pourquoi de ne pas utiliser des espèces exotiques ?

De nombreux travaux de recherches (cf. chapitre 3.1) ont été effectués sur la sélection des espèces à utiliser pour la revégétalisation, en particulier sur l'utilisation d'espèces exotiques à potentiel économique (espèces permettant la fixation de l'azote, cultures céréalières, fourragères, sylviculture).

Plusieurs raisons sont actuellement mises en avant par les compagnies minières et les scientifiques pour justifier la « non-utilisation » des espèces exotiques en Nouvelle-Calédonie:

- La plupart des espèces exotiques ne sont pas adaptées aux conditions des sites miniers de la Nouvelle-Calédonie. Leur croissance et leur reproduction sont très faibles à moins d'utiliser de fortes doses de fertilisants et de maintenir ces dosages sur de longues durées.
- L'utilisation de fertilisant en continue, en vue de faciliter la bonne croissance des espèces exotique, pourrait entraîner une mise en compétition entre les espèces exotiques et les espèces locales sur les surfaces latéritiques. Ceci pourrait conduire à l'extinction progressive des espèces locales ultramafiques et de ce fait classer les espèces introduites comme mauvaises herbes (Jaffre et al, 1998).
- Les hautes herbes (Graminées) indésirables pourraient entraîner un risque de feu pour les infrastructures de Goro Nickel.
- L'introduction des graminées fourragères dans des opérations au niveau d'autres mines de Nouvelle-Calédonie a favorisé l'augmentation des populations de cerfs (Cerfs rusa), ce qui a ensuite généré une perte importante de la végétation sur les zones revégétalisées et les zones environnantes.
- Les espèces ligneuses ou herbacées exotiques aux terrains miniers présentent un risque de feu et une menace biologique pour la diversité de la végétation environnante (Jaffre *et al*, 1998).
- Les herbicides ne sont pas efficaces pour le contrôle des mauvaises herbes lorsque d'autres plantes doivent continuer leur croissance au milieu de celles-ci.

Le plan de revégétalisation Goro Nickel ne prévoit pas d'intégrer des espèces exotiques pour une stabilisation rapide des terres à revégétaliser sauf dans certains cas précis qui sont les suivants :

La mise en place d'une végétation pionnière dans les bassins à résidus contenant un substrat dont les propriétés physiques et chimiques n'ont pas d'équivalent sur le territoire.

La mise en place d'une végétation pionnière sur des sols complètement déstructurés et présentant un risque majeur de pollution des eaux côtières par une érosion massive des pentes et une sédimentation accrue (gabbros).

La mise en place d'une végétation pionnière sur des fortes pentes à accès difficile ou dangereux (extérieur de digues, bassins de sédimentations).

Ces zones seront stabilisés en utilisant des techniques d'ensemencement hydraulique avec des **graminées ne produisant pas de graines** (ex: Sorgho), des légumineuses exotiques et des graines de maquis minier.

Compte tenu de la problématique épineuse de l'utilisation des espèces exotiques dans la revégétalisation des latérites en Nouvelle-Calédonie, leur utilisation en revégétalisation par Goro Nickel se portera plus sur le « préventif » que sur le « curatif ». Dans ce but, des contrôles très stricts

seront mis en place pour toutes les espèces exotiques fournies par les sous-traitants afin de déterminer leur utilité potentielle et leur caractère invasif. Ces contrôles sont les suivants:

Les espèces exotiques qui seront testées doivent exister naturellement sur le territoire (même si c'est une espèce exogène).

Des garanties juridiques de la provenance des graines (type de sol, habitat) doivent être fournies.

Leur statut écologique dans leur pays d'origine (envahissant, non envahissant, risque de propagation de feu) et les pays où elles ont été introduites selon les réglementations phytosanitaires en vigueur en Nouvelle-Calédonie (DAVAR), dans le Pacifique (Pacific Island Ecosystem Risk; US Department of Agriculture & Forest Service) et en Australie (Environment Australia) doivent être connus.

Les espèces doivent être testées préalablement en serre sous conditions contrôlées (risque réduit d'envahissement des alentours) pour déterminer leur potentiel de germination et leur survie sur latérite (2 mois minimum).

Des essais sur champs de revégétalisation des espèces exotiques seront strictement surveillés pour s'assurer que les espèces testées n'envahissent pas les zones environnantes. En cas d'invasion, les plantes seront éradiquées manuellement.

4.2 Espèces locales

4.2.1 Sélection des formations végétales selon les substrats finaux.

Le choix des espèces pour la revégétalisation dépendra de l'utilisation future de la zone, du degré de transformation des conditions des sols et des microclimats générés par l'aménagement topographique des sites, tout en prenant en compte les considérations économiques et environnementales.

D'une manière générale, les travaux pour la construction de l'usine et le développement minier vont générer des substrats qui auront des propriétés physiques et chimiques qui varient des sols d'origine. Ces variations dépendront du degré de déstructuration et de décapage, du type de substrat utilisé pour construire l'ouvrage et du niveau de compaction du substrat après les travaux.

Les aires d'entreposage destinées à la construction de l'usine ont été réalisées en grande partie sur des sols ferrallitiques cuirassés/gravillonnaires qui ont été décapés sur les premiers 2 à 3 mètres, laissant la cuirasse et des horizons gravillonnaires quasi intacts et non compactés. Ces surfaces seront propices à la mise en place des essences de maquis arbustif, de maquis para forestier et des espèces de sylviculture car seule la surface a été remaniée. La terre végétale sera étalée sur ces surfaces selon les disponibilités (voir le chapitre 6).

Les versets à stériles, merlons et talus de routes construits aux alentours de l'usine, et ceux construits avec le développement minier, vont être composés des horizons gravillonnaires et argileux du sol ferrallitique cuirassé/gravillonnaire entièrement remanié et déstructuré. Le substrat compacté des versets aura quant à lui des propriétés physiques plus proches de celles du sol ferrallitique érodé. Il sera ainsi plus propice à l'implantation des essences des maquis ligno-herbacés des sols érodés et des piémonts. La terre végétale sera étalée sur ces surfaces selon les disponibilités (voir Section 6).

L'aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest et les cellules qui seront construites avec le développement minier, destinées aux résidus épaissis, vont être recouvertes avec des épaisseurs de limonite et de "top soil" > 2m (voir section 6). Les caractéristiques physiques et chimiques des cellules vont être similaires à celles des sols ferrallitiques hydromorphes, compte tenu des quantités d'argile. Cependant les caractéristiques chimiques des résidus chargés en calcium et en soufre vont générer des apports de ces deux éléments dans les latérites de recouvrement. Selon les résultats d'un essai en pots, effectués sur les résidus de Goro Nickel au Centre de Semence Forestière de l'IAC, les

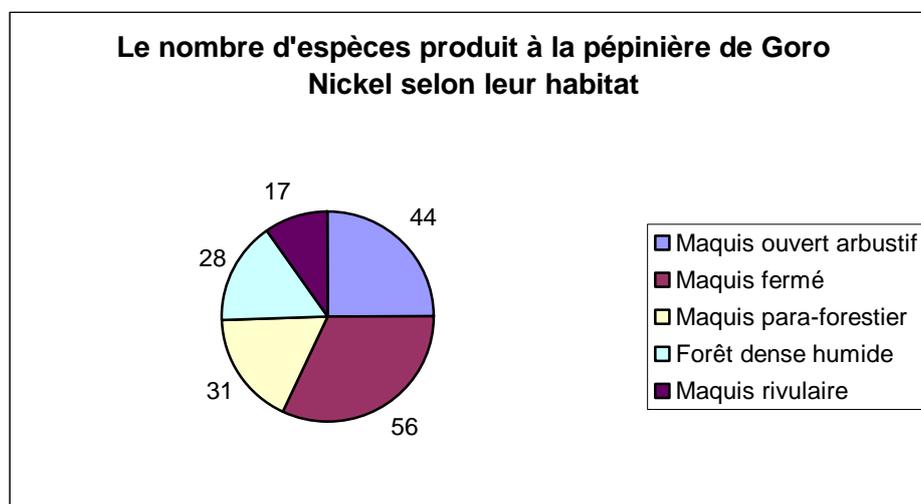
espèces locales se développent aussi bien que les espèces exotiques (Etude IAC à l'annexe 3). Cependant, cet essai n'a duré que 6 mois. Cependant, des études *in situ* sur les résidus de l'usine pilote pourront donner des informations sur la sélection, la croissance et la survie des espèces exotiques et locales à moyen et long terme.

4.2.2 Critères de sélection des espèces

La première étape d'une opération de revégétalisation est de sélectionner les espèces d'arbres, arbustes et cypéracées les plus adaptées aux nouvelles contraintes environnementales et édaphiques créées par les travaux miniers. Pour cela, plusieurs critères sont appliqués au stade de plantation par Goro Nickel sur les espèces sélectionnées des maquis arbustif, ligno-herbacé et para forestier afin d'avoir les espèces les plus adaptées au substrat final. Ces critères sont les suivants (Jaffre *et al*, 1995 b) :

- Les variétés de plantes doivent être adaptées aux conditions environnementales perturbées liées aux radiations solaires élevées, au vent et aux fortes précipitations.
- Les variétés de plantes doivent être adaptées au sol des zones minières (peu de nutriments, haute toxicité due aux teneurs élevées de métaux dans les sols, hydromorphie difficile due au manque de drainage, sécheresse à cause des températures de surface élevées).
- Les variétés de plantes devront être capables de supporter, au stade adulte, des perturbations naturelles (cyclones, sécheresse).
- Les variétés de plantes devront nécessiter un apport minimal en nutriments afin de réduire les coûts et la pollution éventuelle due à l'utilisation de fertilisants.
- Les variétés de plantes devront survivre et développer rapidement une population viable étendue soit par semence ou soit grâce à la banque de graines.
- Ces populations viables devront fournir une végétation capable de stabiliser l'érosion des sols de la mine. Elles devront également faciliter une colonisation naturelle de la végétation environnante ou des espèces sensibles artificiellement intégrées pendant les premières étapes de la mine.

A ce jour, 176 espèces recensées sur le plateau de Goro et les bassins versants adjacents ont été produites à la pépinière de Goro Nickel (Cf. liste annexe 6). Une cinquantaine d'espèces ont donné des résultats prometteurs en plantations et remplissent la plupart des critères mentionnés ci-dessus.



La liste des espèces testées selon leurs performances est présentée à l'annexe 5. Ces espèces ont été choisies premièrement pour leur fructification abondante, deuxièmement leurs populations sont abondantes et les individus rapprochés les uns des autres, ce qui facilite leur récolte, et troisièmement, pour leur facilité de récolte dans des conditions sécuritaires pour le personnel. Beaucoup d'espèces pionnières du maquis et des lisières des forêts ou du maquis para-forestier ont ainsi été ciblées par des récoltes et étudiées du point de vue « germination ».

4.3 Stockage et manipulation des graines

Un approvisionnement important en graines est essentiel et il sera l'objectif permanent des opérations à la pépinière. La collecte des graines sera réalisée pendant les périodes de fructification des espèces afin de garantir à la collecte de graines un maximum d'espèces différentes, et ceci en quantités suffisantes pour les opérations d'ensemencement.

Les besoins en graines et plantes nécessaires pour les opérations de revégétalisation des surfaces (la phase de construction et pour les 8 premières années) sont présentés au tableau ci-dessous.

Zones a revégétaliser	Surface m ²	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Routes d'exploration de la Kué principale	19 000								
Route du Ferry	11 326								
Route du Port	48 000								
Verse à stérile de l'exercice minier	60 000								
Verses à stérile de l'usine et port	250 000								
Tuyau de Yaté	330 000								
Col de l'Antenne	18 000								
Pentes du convoyeur & port	60 000								
Aire d'entreposage du Col de l'Antenne	255 000								
Caniveau de Prony Énergie	55 000								
Caniveau périphérique	34 000								
Village de construction	108 000								
Zone industriel et cimenterie	85 000								
Surface total en 8 ans									
Quantité de graines (kg)	1 333 326	112	678	205	1 750	1 881	435	645	1 350
Nombre de plantules		8 859	5 129	68 756	135 000	135 000	142 500	171 750	104 250

Les techniques de collecte et de germination qui seront utilisées à la pépinière de Goro Nickel seront inspirées d'ouvrages pertinents concernant une flore similaire en Australie (Ralph, 1993 ; Ralph, 1997 ; Stewart, 1999) et en Nouvelle-Calédonie (Jaffre *et al*, 1991; Jaffre & Pelletier, 1993) car aucune informations n'existent sur la plupart des espèces présentes sur le plateau de Goro. Des informations sur la durée de la saison pendant laquelle les plantes donnent des fruits seront collectées pour chaque espèce testée afin d'établir une base de données sur la disponibilité des graines.

Une synthèse de la phénologie de fructification des espèces produites à la pépinière est présentée à l'annexe 5

4.3.1 Opération de collecte de graines

L'étape initiale du plan de revégétalisation est d'établir **plusieurs vergers à graines (arboretums) afin d'assurer un approvisionnement en graines suffisant pour les espèces rares**, les espèces donnant des fruits de manière irrégulière (ex : *Arillastrum* qui donne des fruits tous les 2 à 10 ans), les espèces avec une faible production de graines (*Storkiella*), ou les espèces dont les graines sont difficiles à collecter (*Araucaria muelleri*). L'objectif à long terme pour cette collecte de graines (en particulier pour les opérations nécessitant une grande quantité de graines d'espèces communes) est de **former un nombre suffisant de personnes de la commune de Yaté, de manière à ce qu'une collecte importante soit effectuée par les membres des tribus**. Pour les espèces communes

produisant beaucoup de graines, la récolte pourra être achetée par des sous-traitants dans les communes avoisinantes du projet.

La collecte de graines entraînera des visites fréquentes dans les zones où les espèces particulièrement intéressantes se trouvent en abondance. Une fois que les graines seront cueillies, la pépinière se concentrera sur le tri des graines indemnes des attaques d'insectes ou de champignons. Le nombre de plantes dont les graines ont été collectées et la durée approximative de la collecte seront enregistrés. La procédure d'une opération de récolte de graines est présentée à l'annexe 3.

4.3.2 Techniques de collecte des graines.

Les techniques de collecte des graines varieront en fonction de la taille et du type de fruit de chaque espèce.

Pour les arbres de taille moyenne à haute (5 à 10 m), il est souvent très difficile de ne prendre que les fruits et c'est pourquoi la collecte consiste à couper les plus petites branches (< 3 cm) qui portent le maximum de fruits. Si les fruits contiennent un nombre important de graines, l'ébranchage des arbres est fait de manière à limiter l'impact sur l'ensemble des arbres et de s'assurer qu'il reste un nombre suffisant de fruits sur les arbres. L'ébranchage est effectué à l'aide de scies flexibles. Les coupures sont verticales de manière à réduire l'infection de la section de coupure. La collecte des graines à l'aide d'échelle ou en grimpant aux arbres est évitée, sauf si ces opérations peuvent être menées en toute sécurité. Pour les arbres rares dont l'accès difficile limite le nombre de visite, une bâche installée à 1 m de hauteur à la base de l'arbre permet la collecte de quelques graines. Cette technique peut également être appliquée aux arbres à fruits capsulaires contenant des graines très fines (*Myrtaceae*).

Pour les petits arbres (3 à 5m), on évite d'escalader les arbres pour récolter les graines en raison du danger d'une telle pratique et des dommages qu'elle est susceptible d'occasionner à l'arbre. Les graines sont collectées à la main dans des sacs ou par aspiration sur les branches les plus basses. Un aspirateur alimenté par batterie est particulièrement efficace pour collecter les graines des *Myrtaceae*, *Proteaceae*, *Cunoniaceae* et des *Cyperaceae*. La collecte des graines sur les branches les plus hautes peut nécessiter de couper au sécateur les petites branches ou d'utiliser une échelle quand la stabilité de celle-ci est assurée. La collecte des graines des espèces situées dans des zones peu fréquentées, car peu accessibles, peut nécessiter la mise en place d'un filet (moustiquaire, bas) sur les fruits pas encore mûrs pour recueillir les futures graines (*Deplanchea*, *Bikkia*).

Pour les fruits des petits arbustes et les fruits des *Cyperaceae*, les graines sont récoltées à la main ou au sécateur et mises dans des sacs. Les graines des *Cyperaceae* sont collectées pendant des conditions météorologiques calmes car le vent est susceptible de les disperser.



A gauche : récolte avec un échenilloir télescopique de 7m ; à droite : récolte de *Costularia comosa* avec un sécateur à enclume



Récolte des graines de Cypéracée avec un aspirateur à moteur thermique

4.3.3 Extraction des semences

Les méthodes d'extraction des semences dépendent du type de fruit, de son abondance et de la rareté de l'espèce. Les graines de chaque espèce nécessitent un séchage avant stockage pour permettre la libération des graines intactes hors de leurs fruits.

Pour les fruits de type sec et déhiscent (qui s'ouvrent à maturité en libérant leurs graines, tels que *Gymnostoma*, *Tristaniopsis*, *Xanthostemon*, *Arillastrum*, *Metrosideros*, *Babingtonia*, *Callistemon*, *Pleurocalyptus*, *Austrobuxus*, *Longetia*, *Phyllanthus*, *Grevillea*, *Stenocarpus*, *Storthocalyx*, *Guioa*, *Dracophyllum*, *Acacia*, *Dysoxylum*, *Cupaniopsis*, *Geissois*, *Cunonia*, *Pancheria*, *Pittosporum*, *Lomandra*, *Gardenia*, *Deplanchea*), les fruits sont placés dans des tamis en condition d'ensoleillement maximal. Le maillage du tamis doit permettre aux graines de passer à travers le tamis et de tomber dans des réceptacles. Les graines de certaines espèces sont triées manuellement pour les extraire des fruits. Pour l'extraction de grandes quantités de graines, une solution à long terme serait la construction d'un mécanisme de tamis à force centrifuge.

Pour les fruits de type sec (*Myodocarpus*, *Acridocarpus*), les graines sont détachées des tiges et séchées à l'air.

Pour les graines enveloppées d'une membrane (*Dodonea*, *Peripterygia*, *Dubouzetia*), les fruits sont séchés au soleil puis scarifiés au-dessus d'un tamis pour récupérer les graines.

Pour les types de fruits à pulpe sèche (*Alphitonia*), les fruits sont immergés dans l'eau pendant une période de 12 heures, puis exposés à l'air libre pour séchage. La pulpe est alors écrasée pour récupérer la capsule contenant la graine. Les opérations de mouillage/séchage sont nécessaires pour extraire la graine de la pulpe et de la capsule.

Pour les fruits charnus contenant une graine, appelé drupe (*Retrophyllum*, *Piliocalyx*, *Eugenia*, *Syzygium*, *Elaeocarpus*, *Xylopi*, *Ilex*, *Styphelia*, *Flagellaria*, *Scaevola*, *Montrouzieria*, *Joinvillea*, *Cryptocarya*, *Litsea*, *Diospyros*, *Rapanea*, *Osmanthus*, *Psychotria*, *Comptonella*, *Halphordia*, *Smilax*,

Oxera) les graines sont extraites de la pulpe manuellement puis séchées avant stockage. Les espèces produisant abondamment des petits fruits nécessitent l'utilisation d'un mécanisme de scarification par bétonnière utilisant les principes de mouillage/séchage.

Pour les fruits charnus contenant plusieurs graines, appelés baies (*Geniostoma*, *Maytenus*, *Casearia*, *Ficus*, *Myrtastrum*, *Uromyrtus*, *Tarenna*, *Dacrydium*, *Morinda*), les graines sont séparées de la pulpe en utilisant la scarification humide avec un tamis dont le maillage permet aux graines d'être recueillies dans un réceptacle. Les fruits durs nécessitent un trempage ou une fermentation durant une longue période. Il est nécessaire de tamiser les fruits avec de l'eau afin que les graines imprégnées dans les fruits mouillés ne soient pas endommagées par le tamis.

Fruits Secs



Costularia comosa Cyperaceae



Alphitonia neocaledonica Arbre



Gymnostoma deplancheanum Arbre



Myodocarpus fraxinifolia Arbuste

Fruits charnus



Eugenia hurlimanii

Arbuste



Hibbertia lucens

Arbuste



Syzygium ngoyenses

Arbuste



Joinvillea neocaledonica

Rousseau



En haut à gauche : tamisage par voie humide ; en haut à droite : séchage des fruits par lampes infra rouge ; en bas à gauche : triage manuel des graines ; en bas à droite : triage mécanique des graines

4.3.4 Stockage des graines

Les graines sont débarrassées de toutes impuretés (insectes, pulpe...), séchées à l'air et stockées dans des jarres contenant une petite quantité de gel de silice pour maintenir une humidité de 35 à 45 %. Les jarres doivent être aussi pleines que possible pour minimiser la quantité d'air contenue. Chaque jarre est libellée avec le nom de l'espèce, le lieu et la date de collecte, le poids de graines contenues et le nombre de plantes concernées par la collecte. Un insecticide (Benlate) est utilisé pour les espèces susceptibles d'infestation. Toutes les graines sont stockées dans une chambre réfrigérée à température comprise entre 1 et 5°C. De plus, comme les graines sont d'origine tropicale, le stockage est d'une durée limitée (la plus courte possible) afin d'éviter la perte de germination. Il faut éviter l'utilisation fréquente de la chambre réfrigérée car les variations répétées de température affectent les graines et réduisent leur chance de survie.

4.4 Sortir les graines de leur dormance

La connaissance des mécanismes qui permettent de déclencher la germination des graines est une fonction importante du plan de revégétalisation. Pour les premières étapes du programme de revégétalisation, des techniques éprouvées (eau ébouillante, KCl dilué, acide sulfurique, vinaigre, l'acide gibbéréllique, la scarification physique) seront testées sur les espèces produisant des graines en grande quantité mais dont la germination est difficile à initier. Par la suite, les recherches s'orienteront vers les techniques *in vitro* de germination pour les graines des espèces rares ou vers des techniques plus récentes de germination utilisant la fumée.

4.4.1 Traitement à l'eau ébouillante

Des travaux de recherche ont mené à des techniques physiques et chimiques pour permettre la germination des variétés locales de maquis (Jaffre *et al*, 1991). Le traitement à la chaleur, utilisant une immersion des graines dans de l'eau ébouillante (4 à 5 volumes d'eau pour 1 volume de graines) a un effet positif sur la germination des *Acacia spirorbis* et *Dodonea viscosa*. Pour les espèces ayant des graines très dures, les graines doivent être portées à ébullition pendant une minute. L'eau contenant les graines est alors refroidie pendant 12 heures. Les graines flottant à la surface sont éliminées car elles sont considérées comme non viables. Les graines sont ensuite séchées après avoir été refroidies pour éviter le pourrissement.

4.4.2 Scarification physique

La scarification physique consiste à faire une encoche dans la couverture de la graine avec un couteau ou du papier de verre, permettant l'entrée d'humidité et le début de la germination. Cette technique est efficace pour beaucoup d'espèces à noix de la forêt tropicale (*Elaeocarpus*, *Calophyllum*) et les Cypéracées. Cependant, cette technique exige beaucoup de temps et ne peut concerner qu'une petite quantité de graines. Des techniques plus automatisées utilisant du papier de verre ou des lits de sable à gros grains ont été utilisées de manière efficace sur les *Alphitonia neocaledonica* (Jaffre *et al*, 1991).

4.4.3 Scarification chimique

La scarification chimique est plus économique et permet de traiter un nombre plus important de graines. Cependant, cette technique nécessite une attention particulière au regard de la sécurité et des dosages chimiques, en particulier pour l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, l'hypochlorite de calcium et l'alcool d'éthyle. Des solutions d'acide sulfurique (95 %, 36N) ont été testées sur des variétés de maquis par le passé et ont donné des résultats prometteurs qui méritent de plus amples investigations (Dagostini, pers. com). La procédure se résume à immerger 100 g de graines sèches dans 120 ml d'acide dilué. De l'eau est alors lentement ajoutée et les graines sont maintenues immergées pendant une heure. Il a été montré que l'utilisation d'une solution de peroxyde à 1 % augmente sensiblement la germination des graines de *Alphitonia* et *Longetia*.

4.4.4 Fermentation

Certaines espèces de forêt tropicale sont dispersées par les oiseaux après ingestion des graines (*Elaeocarpus*, *Litsea*, *Ficus*, *Hibbertia*). Ces espèces ont besoin que leurs fruits soient digérés par des acides faibles (vinaigre) ou que leurs fruits aient commencé à pourrir. Les fruits charnus qui nécessitent une fermentation sont généralement mis dans des sacs plastiques avec du sable mouillé, en plein soleil, pendant plusieurs jours. Pour les solutions légèrement vinaigrées, les fruits sont enlevés et les graines laissées pendant 12 heures dans une solution composée de 100 ml de vinaigre pour 1000 ml d'eau.

4.4.5 Lessivage des inhibiteurs contenus dans la graine

Pour permettre la germination des graines des fruits charnus, la lixiviation des inhibiteurs chimiques des graines est la méthode la plus facile et la plus utilisée. Cette méthode nécessite l'immersion des graines dans de l'eau, elles sont fréquemment remises dans un sac pour être lessivées par les eaux de ruisseaux. Cependant, ce procédé est lent et nécessite plus de 2 mois pour permettre une lixiviation complète des substances chimiques inhibitrices.

4.4.6 Les hormones de croissance des plantes et autres mécanismes

L'acide gibbérellique et le chlorure de potassium ont été utilisés avec succès pour accélérer la germination de beaucoup d'espèces ultramaïques dont la germination est difficile, en particulier le *Dacrydium araucarioides*, *Neocallitropsis pancheri* et les membres de la famille des *Epacridaceae*. Cette approche est une option intéressante pour beaucoup d'espèces rares du plateau de Goro dont

seule une petite quantité de graines peuvent être collectées. La technique consiste à immerger les graines dans une solution à de 1 à 5 % d'acide gibbérellique pendant 12 heures. Les graines sont alors séchées. La solution peut être réutilisée, mais doit être stockée dans un endroit réfrigéré et à l'abri de la lumière car elle se dégrade au contact de la lumière du soleil.

5. PRODUCTION DES PLANTES

La propagation des plantes destinées à la revégénéralisation du plateau de Goro sera initialement fonction de l'obtention d'un nombre suffisant de chaque espèce pour effectuer des essais de plantation. Les résultats de ces essais permettront de déterminer quelles espèces seront utilisées pour la revégénéralisation.

5.1 Stratégie de production des plantes de Goro Nickel

La stratégie de reproduction des plantes de Goro Nickel pour la période de post-construction et la période opérationnelle de la mine se focalisera sur :

- 1) La collecte de graines pour la production d'un stock de plantes en tubes pour les espèces :
 - Rares,
 - produisant des fruits de manière irrégulière,
 - à germination difficile à partir de graines.
- 2) La production d'un stock de plantes à partir de boutures (liste –évolutive– des espèces sélectionnées pour le bouturage en annexe 6).
- 3) La recherche sur les techniques de germination pour des opérations de revégénéralisation de grande envergure y compris la croissance des plantes sur les pentes des bermes des résidus miniers.

Certains aspects de la production de plantes seront sous-traités.

5.2 Opérations à la pépinière

Les opérations de la pépinière, qu'il s'agisse de la collecte des graines ou de la propagation des plantes, se limiteront largement à la saison des pluies de décembre à mars, quand la plupart des espèces sont en fruits et que les conditions de germination peuvent être menées à bien grâce au climat favorable et à une augmentation de l'ensoleillement pendant la journée. Les opérations de production des plantes et les plantations se feront essentiellement pendant la saison des pluies pour obtenir les meilleurs résultats.

5.2.1 Manipulation des graines et germination

L'activité de la pépinière implique plusieurs étapes.

Les graines fraîchement collectées sont séparées des débris par tamisage ou manuellement.

Elles sont ensuite traitées pour séparer les graines des fruits (séchées à l'air sur des tamis, égrenées, dépulées, décortiquées) puis réfrigérées ou semées immédiatement.

Les graines sont semées dans un plateau de germination. Chaque plateau est marqué du nom de l'espèce et de la date des semis. Chaque plateau ne contient qu'une seule espèce. La quantité de graines mises dans un plateau ne doit pas entraîner une surpopulation (maximum de 300 plantules par plateau pour des plants de 1cm). Le nombre de graines germées par plateau doit être enregistré mensuellement jusqu'à ce que le nombre de germinations soit stabilisé. Cette opération est importante pour évaluer le taux de germination d'une espèce donnée et donc pour déterminer son éventuelle utilisation dans le plan de revégénéralisation.

5.2.2 Transplantation des plantules en pochons et alvéoles forestières

Les plants sont transplantés dans des pochons ou alvéoles forestiers dès qu'une pousse de 1cm apparaît. Les plants, à l'état de cotylédon, qui sont encore très fragiles, doivent être laissés en attente

encore un certain temps. Les plants sont transportés plateau par plateau et les pochons forestiers sont stockés en fonction des espèces. Ces plants seront conservés sous toile d'ombrage pour une durée de 6 à 12 mois. Un engrais liquide (à base de poissons et d'algues) est utilisé hebdomadairement à la moitié de la dose recommandée (les plantes ultramafiques sont plus sensibles à des gros apports en phosphore).

Les lots de plants sont transférés vers une zone d'acclimatation en dehors de la serre lorsqu'ils commencent à produire de nouvelles pousses. L'apport d'engrais doit continuer, et un désherbage régulier doit être effectué pour assurer qu'aucune plante exotique ne peut être introduite dans les plantations. Les plantes qui ont bien développé leur partie aérienne sont prêtes à être plantées. Des précautions sont prises pour éviter de conserver des plants plus de 2 ans dans les tubes ou les alvéoles car cela pourrait amener à un étouffement des racines qui ralentirait le développement des plants transplantés sur les sites à revégétaliser.

5.2.3 Substrat de germination

Le substrat utilisé dans les pochons forestiers est composé pour 2/3 d'humus fin et pour 1/3 de graviers pisolitiques. Ce mélange a été sélectionné car il constitue un compromis entre les besoins de perméabilité lors des grosses pluies et le besoin de préserver l'humidité pendant les périodes sèches. Le gravier pisolitique est récupéré de préférence sur des horizons superficiels du sol ferrallitique cuirassée ou colluvioné de piémont correspondant à la zone d'activité biologique du « top soil ». Il est ensuite tamisé pour enlever les racines et cailloux de cuirasse à l'aide d'un tamis de maille 10mm et séché à l'air libre. L'humus est récolté sur des zones de maquis arbustif dense et maquis para-forestier qui seront défrichés. Il est ensuite séché et broyé pour produire un milieu léger. Ce milieu est composé en grande partie par de la matière organique, par les bactéries et mycorhizes associées aux racines des plantes ainsi que par l'activité biologique de l'humus. L'humus est sélectionné par rapport aux fumiers, tourbes organiques et terreau horticole pour plusieurs raisons qui sont les suivantes:

Il est très peu coûteux et facile à obtenir car il est abondant sous l'emprise du projet Goro Nickel dans les zones qui seront défrichées avec le développement minier.

Il a un pH neutre (6-7) correspondant aux conditions des plantes dans leur milieu naturel.

Il ne contient pas de graines d'espèces exotiques qui gêneraient des risques d'introduction d'essence exogènes sur les plantations.

Il contient les bactéries et mycorhizes qui augmentent la probabilité d'inoculation des plantes avant leurs mises sur zones de revégétalisation.

Peu d'engrais organiques ou chimiques est utilisé dans le substrat des bacs à germination, pochons et alvéoles forestiers, ceci afin d'éviter l'infestation des plants par des algues ou des mauvaises herbes en provenance des alentours de la pépinière.

5.2.4 Irrigation

L'irrigation des pochons, alvéoles forestiers et des plateaux de germination est limitée aux périodes où les pluies sont peu fréquentes ou insuffisantes pour saturer le substrat. Le système d'irrigation consiste en un brumisateurs relié à une pompe à gazole pendant les mois les plus secs (septembre à décembre). L'irrigation est effectuée pendant 15 minutes en fin d'après midi, tous les jours pendant la période sèche.

L'irrigation à la pépinière de Grand Lac sera faite par des programmeurs (arrosage 10 fois par minute) de brumisation, avec l'eau fournie par gravité à partir d'une cuve à eau de 100 000 litres alimentée par une pompe immergée dans le Grand Lac.

5.2.5 Production des espèces endémiques par bouturage

Le bouturage consiste à prélever de jeunes pousses d'arbres et d'arbustes et de stimuler le développement des racines du bois tendre en utilisant une hormone de bouturage. Cette technique a plusieurs avantages qui sont :

La production en grande quantité d'une espèce qui est difficile à produire à partir de graines.

La production de plants qui en règle générale fleurissent et produisent des fruits plus précocement que ceux produits à partir de graines. De ce fait, cette technique peut permettre une meilleure revégétalisation rapide.

La nécessité d'avoir peu d'individus comme sources de boutures (par conséquent, cette technique peut être utilisée pour les espèces plus rares).

Cette technique présente aussi des inconvénients:

Le développement des racines sur les boutures est affecté par le vent et la pluie et par conséquent elles doivent être mises en serres.

Les plants sont enclins à s'assécher et doivent être arrosés plusieurs fois par jour par pulvérisation pour éviter les pertes.

La génétique des boutures est limitée au nombre de plants adultes et de ce fait peut amener des problèmes dans le futur (manque de résistance aux maladies).

Les systèmes racinaires des boutures sont en général plus fragiles que ceux des plantules issues des graines.

La meilleure période de bouturage se situe juste avant la saison humide, lorsque les plantes adultes ont de nouvelles pousses du fait de l'allongement des journées (octobre à décembre). Une autre alternative consiste à récupérer les jeunes pousses suite à un feu. Les opérations de bouturage ciblent certaines espèces comprenant : *Myrtaceae*, *Cunoniaceae*, *Epacridaceae* et *Cupressaceae*. Les recherches de bouturage se font sur les espèces rares qui ne produisent pas de graines (ex : *Serianthes petitiiana*), celles qui en produisent peu (*Xanthostemon sebertii*) ou celles qui ont un intérêt économique à long terme (*Neocallitropsis pancheri*).

Les opérations de bouturage se font en plusieurs étapes:

- Désinfecter des tubes plastiques de production dans une solution javellisée diluée.
- Remplir les tubes avec 3/4 d'humus et 1/4 de mélange de sol.
- Récupérer des boutures par temps couvert, les emballer dans du journal mouillé et les mettre au frais (glacière) jusqu'au retour à la pépinière.
- Effeuille les boutures aux deux tiers de la hauteur.
- Tremper le pied de la tige dans un gel d'hormone de croissance et le mettre en tube.
- Les mettre dans un environnement protégé du climat.
- Vaporiser les boutures jusqu'à l'apparition de racines (de 3 à 6 mois).

5.3 Formation et sous-traitant pour la revégétalisation

5.3.1 Collecte des graines

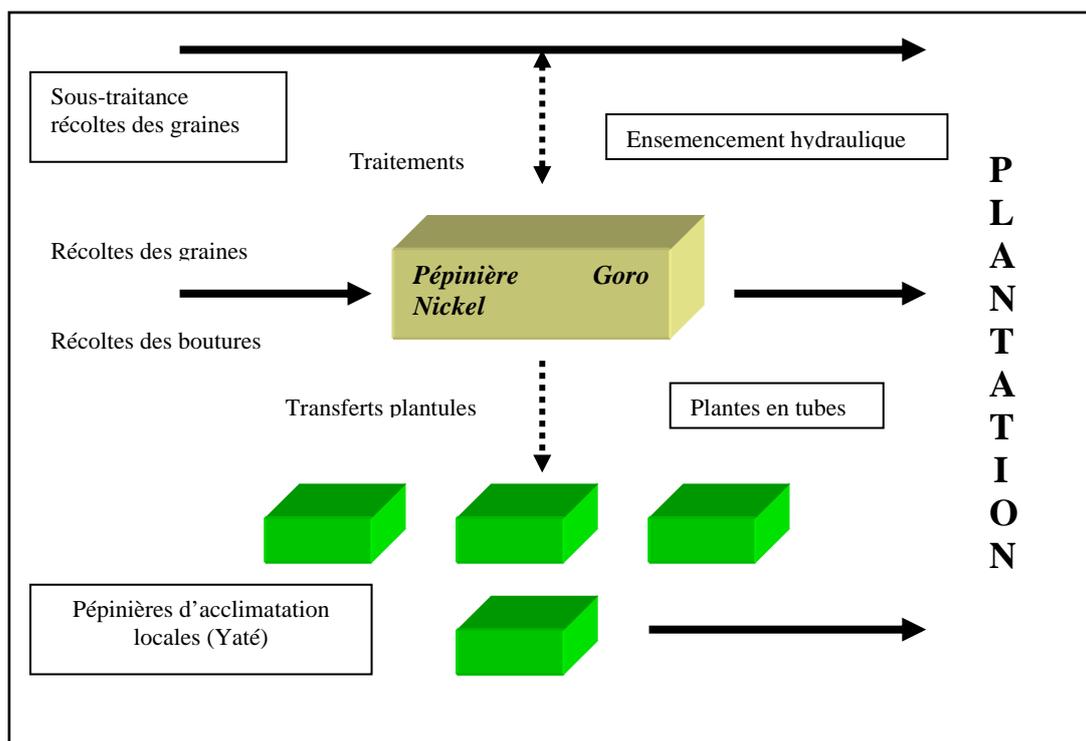
Les opérations de revégétalisation qui seront établies post-construction vont nécessiter la collecte de grandes quantités de graines chaque année pour les opérations d'ensemencement manuel ou des techniques d'ensemencement hydrauliques. L'essentiel des graines sera fourni par plusieurs sous-traitants de Yaté, après une formation par Goro Nickel sur l'identification et la collecte des espèces en 2006 à 2008. Les espèces dont la collecte sera sous-traitée sont : *Gymnostoma deplancheanum*, *Grevillea exul* var. *rubiginosa*, *Stenocarpus umbelliferus*, *Longetia buxoides*, *Hibbertia lucens*, *Hibbertia pancheri*, *Alphitonia neocaledonica*, *Costularia* spp., *Baumea neocaledonica*, *Austrobuxus caranculatus*, *Arillastrum gummiferum*, *Acridocarpus austrocaledonica*, *Tristaniopsis guillanii*, *Tristaniopsis glauca*, *Joinvillea plicata*, *Flagellaria neocaledonica*, *Scaevola balansae*, *Codia montana*, *Geissois pruinosa*, *Xanthostemon aurantiacum* et *Syzygium ngoyenses*.

5.3.2 Zones d'acclimatation

Une quantité importante de plants sera requise pour la revégétalisation des surfaces en période de post-construction. Il est prévu de sous-traiter la production d'espèces natives à des pépinières de la région de Yaté. Goro Nickel veillera à ce qu'aucun plant non adapté à la revégétalisation des surfaces de latérite soit fourni, en produisant en masse des plants à partir de graines germées en plateaux de germination. Une fois que les plants en plateaux de germination seront capables d'être transplantés en pochon forestier, ils seront transférés (ou récupérés) par les pépinières locales qui s'occuperont de la transplantation, de l'arrosage, de l'apport d'engrais et du désherbage.

5.3.3 Main-d'œuvre pour les plantations de revégétalisation

La plantation des plants en pochons forestiers et la fixation de la toile de jute seront sous-traitées à des sociétés locales. La formation des sous-traitants aux nouvelles techniques de revégétalisation sera assurée par le personnel de Goro Nickel (le contenu synthétique du programme de formation à l'annexe 7).



6. ETABLISSEMENT DES PLANTES

Les sections suivantes décrivent les différentes méthodes d'établissement des plantes qui ont été utilisées à ce jour par Goro Nickel.

6.1 Ensemencement par dispersion des graines des espèces endémiques

L'ensemencement par dispersion des graines est une méthode fiable et économiquement intéressante. (En annexe 5 : le nombre de germination par m² après un an sur les différents essais d'ensemencement par dispersion entre 2001 et 2005).

Elle sera utilisée par Goro Nickel pour la majeure partie du programme de revégénéralisation avec des espèces locales. Cette technique conduit à une répartition de la végétation qui paraît très naturelle. Les espèces sélectionnées seront en priorité les espèces locales pionnières qui :

- sont communes sur l'emprise du projet Goro Nickel
- produisent des graines en grande quantité
- ont une germination facile
- ont un taux de survie élevé
- nécessitent peu de pré traitement.

La composition du mélange de graines destiné à la revégénéralisation devrait contenir une combinaison qui permet de développer une végétation composée de 10 à 20 % d'arbres, 40 à 50 % d'arbustes, 20 à 30 % de *Cyperaceae* et 5 % de lianes. Cette composition est sélectionnée pour obtenir une végétation semblable à du maquis arbustif ou du maquis ligno-herbacé.

La quantité de graines utilisée dépendra surtout de leur disponibilité et des stocks encore viables des années précédentes.

Le choix des graines dépendra du substrat à revégénéraliser. Pour les substrats déstructurés et semblables à des conditions de sols ferrallitiques érodés, les espèces du maquis ligno-herbacé sont ciblées dans des opérations d'ensemencement. Pour des surfaces de sols ferrallitiques cuirassés ayant reçu seulement un décapage de surface, les espèces du maquis arbustif sont ciblées dans l'ensemencement par dispersion.

Le moment idéal à l'application de cette combinaison sur les sites dépendra de la disponibilité des graines, des conditions climatiques favorables à une bonne germination et à une bonne croissance des plantes. Cependant, si un stockage des graines est nécessaire avant les opérations de semis, un délai de 1 à 2 mois doit être observé pour s'assurer de la bonne viabilité des graines pour la revégénéralisation.

6.2 Plantation des plants en pochons et alvéoles forestières

La plantation des plants en pochons forestiers exige plus de main d'œuvre que pour les autres techniques d'ensemencement. De ce fait, elle sera utilisée dans les zones de revégénéralisation qui nécessitent un couvert végétal rapide. Les plants en pochons et alvéoles forestiers qui seront plantés seront tous issus d'espèces locales ayant une plus forte probabilité d'adaptation aux conditions du site, avec des taux de croissance relativement bons et une possibilité d'associations fongiques (fixation de l'azote, mycorhizes) qui favoriseront la croissance et la survie des plantes.

En règle générale, les plants en pochons et alvéoles forestiers sont utilisés sur les pentes abruptes pour générer une couverture rapide afin de réduire l'érosion. En effet, ces plants sont déjà bien développés avant même la mise en place de la plantation. De telles plantations pourront couvrir 20 à 50 % des zones revégénéralisées et être composées d'espèces contenues dans les graines de

l'ensemencement manuel. L'espacement des plantes sur la plantation va varier selon le type de plantation et l'utilisation à long terme.

Pour les pentes nécessitant une stabilisation rapide de l'érosion avec une plantation et un ensemencement par dispersion d'espèces de maquis minier (pour établir une couverture végétale déjà avancée), les arbres et arbustes seront plantés avec un espacement de 1,5 m. Cet espacement permet dans le temps immédiat (< 4 ans) une consolidation du sol de surface par les plantules de l'ensemencement par dispersion (et toile de jute) et une consolidation du sol en profondeur par les arbres et arbustes plantés manuellement, ceci sans créer trop de concurrences racinaires entre les plantes. Les arbres sont plantés de façon décalée sur la pente pour réduire l'érosion entre les arbres eux mêmes.

Pour les zones planes avec moins de risque d'érosion et ayant reçu de la terre végétale ou non, les arbres et arbustes seront plantés avec un espacement de 1,5 m à 3 m.

Pour les zones planes dont l'objectif est d'établir une plantation avec des espèces de sylviculture, les arbres d'*Agathis* et d'*Arillastrum* seront plantés avec un espacement de 2,5 m à 4 m pour permettre l'entretien forestier du site (engrais, nettoyage) et leur récupération par une exploitation forestière au bout de 50 ans.

6.3 Les biotextiles

Un objectif à long terme, pour ce plan de revégétalisation, est de récupérer la végétation des opérations de défrichement des zones concernées par la mine pour la transformer en **copeaux** (les végétaux broyés permettent de retenir l'humidité et ils fournissent un apport en éléments nutritifs par leur décomposition). Ces copeaux sont utilisés dans les opérations de reproduction des plantes et de revégétalisation. Cet objectif est économiquement intéressant et il permettra d'éviter l'introduction de mauvaises herbes exotiques, souvent contenues dans les terreaux et copeaux commerciaux, et qui pourrait avoir un impact sur la diversité des plantes du plateau de Goro.

Des **biotextiles**, comme la toile de jute et de la toile de bourre de coco, seront utilisés sur les pentes pour les opérations d'ensemencement hydraulique, d'ensemencement par dispersion et pour les plants en tube afin de réduire l'érosion provenant des ruissellements et des averses aux stades initiaux. Ces deux matériaux étant biodégradables, ils généreront un milieu organique qui maintiendra l'humidité nécessaire aux plants. Les filets polymère (« enkamat ») peuvent être utilisés sur les pentes, là où la terre est absente tout en nécessitant une couverture végétale. Ce filet est coûteux et il sera utilisé uniquement là où la couverture végétale est primordiale pour contrôler l'érosion.

6.4 L'expérience de revégétalisation de Goro Nickel

La pépinière de Goro Nickel travaille depuis une dizaine d'années sur la croissance des plantes de maquis minier sur des parcelles – tests établies annuellement sur différents types de substrat latéritique, depuis 9 ans. Les protocoles d'études ainsi que la liste des espèces utilisées et les résultats de croissance et de germination sont présentés en annexes 4,5 et 6, pour chaque année.

Les essais de revégétalisation de 1996 à 1998 se sont concentrés sur la plantation de tubes sur la cuirasse de fer, la latérite rouge des morts terrains et la limonite jaune de la pépinière. Les plants ont été espacés de 2 m. Les relevés ont démontré une bonne croissance sur la cuirasse de fer et la latérite rouge et une croissance lente sur la limonite jaune bien qu'il y ait eu un apport d'engrais.

En 1999, d'autres essais ont été effectués, avec des graines et des plants, sur une parcelle de 1100 m² sur des pentes érodées de gabbro à proximité du port (pentes inférieures à 20°). Les pentes furent recouvertes de toile de jute ou d'une couverture en maille de fibres de noix de coco. Les résultats montrent une germination abondante des graines de dispersion ayant subi un traitement à l'engrais (taux de 70 à 150g/m²). L'émergence des plants était moindre sous le treillis de noix de coco, trop dense pour permettre aux plants au stade cotylédonaire de percer la toile en fibre de 5 cm d'épaisseur. Le treillis de noix de coco s'est décomposé dans l'année et il restait très peu de toile de

jute après deux ans. Les plants en tube espacés de 1,5 m ont eu un taux de mortalité faible ainsi qu'un taux de croissance faible malgré l'apport annuel d'engrais. Sur le fond, cet essai est un échec bien que les conditions de croissance soient favorables en février. Cet échec est dû à :

- L'absence de terre végétale des aires de plantation qui étaient composées de roche de nature argileuse.
- Du fait de la pente, les graines issues de la dispersion ainsi que l'engrais ont été emportés.
- La zone est particulièrement sèche et sous l'emprise directe des vents côtiers. Les sols argileux sont souvent engorgés et extrêmement secs (les argiles des gabbros sont des argiles gonflant avec l'humidité, donc les sols restent gorgés, bien que le milieu soit extrêmement sec sur le bord de mer).

Par contraste, les espèces plantées en mars 1999 à la base-vie de l'usine pilote ont eu une très bonne croissance sur des pentes inférieures à 45° et sur les plates-formes de latérite.

La croissance des plants sur les pentes remblayées et recouvertes de toile de jute près de la base-vie a été médiocre, avec un faible taux de mortalité.

Les différences de croissance peuvent avoir plusieurs causes :

- a) Les coupes faites sur les pentes composées de latérite sont hydrologiquement intactes et par conséquent moins sensibles au dessèchement.
- b) Les pentes ayant un chenal de drainage en crête ont permis une infiltration lente de l'eau pendant les périodes sèches.
- c) Les pentes remblayées composées de latérite non-compactée et de gabbro sont plus sensibles au dessèchement.
- d) Les pentes remblayées et non-compactées recouvertes de toile de jute ne sont pas assez stables pour l'épandage d'engrais.

En 2000, les pentes extérieures (latérite compactée) des bassins de résidus miniers de l'usine pilote ont été revégétalisées avec une combinaison de graines dispersées et de plants en tube (3700 m²). L'essai de revégétalisation a été difficile à établir car toutes les pentes étaient fortes (50°) et lisses. Des graines associées à de l'engrais et du paillage (copeaux) ont été épandues dans des sillons d'une profondeur de 5 cm creusés perpendiculairement à la pente et recouverts de terre. Les sillons ont été utilisés comme plates-formes pour planter des tubes. La quantité de graines semées était de 50g/m linéaire. La germination des graines sous la toile de jute a été très bonne et les plants en tubes ont eu une croissance rapide. Les zones couvertes par la toile de jute ont eu une bonne couverture végétale après 2 ans (Cf. Annexe 4).

En avril 2001, un essai de revégétalisation pour tester la densité des espaces des plants en tube et un essai de graines de dispersion associé à de la toile de jute a été mis en place (limite de la période de bonne croissance) sur une croûte dure de latérite ayant une pente de supérieure à 15° et couvrant une surface de 4500 m². Un bulldozer à 2 crocs (défonceuse) a creusé des sillons de 1m de profondeur perpendiculairement à la pente sur cette zone. Des graines ont été semées sur la toile de jute avec dosage d'engrais et de paillage à raison de 50g/m². La germination était bonne et évidente après 2 mois. Il y avait approximativement 27 plants par m² après 1 an appartenant avec 11 espèces (12 espèces testées). Certaines espèces provenant des graines sur la toile de jute étaient en fait plus avancées que les plants provenant des tubes qui étaient plus larges pour des individus de la même espèce comme *Grevillea*. Les plants ayant un espacement différent n'avaient pas de différence apparente et la plupart des plants ont doublé de taille en un an.

En juin 2002, un essai de revégétalisation utilisant des plants en tubes et des graines a été effectué dans une carrière abandonnée de cuirasse de fer sur les hauteurs du bassin de la Kuébini (5000 m²) à proximité de la pépinière. Un bulldozer à 3 crocs (défonceuse) a creusé des sillons de 1m de profondeur perpendiculairement aux pentes et aux zones plates de latérite. Les zones où la pente était de 10° ont été recouvertes de toile de jute sur 3500 m² et les zones plates ont été recouvertes de 5 cm de végétaux broyés importés directement de la première zone de la mine. Des graines ont été semées sur la toile de jute avec un dosage d'engrais et de copeaux à raison de 50 g/m². La germination était visible plus tardivement que pour les autres essais précédents (au bout de 6 mois) car les graines ont été semées en hiver. De plus, la germination a été moins efficace que sur les parcelles de 2001, avec seulement 20 plants par m² au bout de 1 an et 9 espèces (20 espèces testées).

Lors du décapage de la surface de construction du site de l'usine commerciale de 2001 à 2003, les matériaux ferrallitiques de surface ont été déposés en contrebas de la crête de l'Aiguillon, sur une surface de pentes naturellement érodée en « lavakas » et visuellement très dégradée. Avant la suspension du projet en 2003, ces matériaux latéritiques ont été particulièrement bien gérés dans des versées contrôlées en termes de stockage, de nivellement, de compaction, afin de préparer leur revégétalisation. Les écoulements des eaux étant temporaires et liés à des événements pluvieux, une importante gestion des évacuations a aussi été mise en place.

Une première surface de 10 403 m² a été revégétalisée en mars 2003 à proximité de l'antenne parabolique de télécommunication (Cf. Annexe 4). De la terre végétale en provenance du défrichage du maquis ligno-herbacé sur la plate-forme de l'usine a été étalé sur cette surface en 2002, sur une épaisseur de 30cm. Trente espèces de plantes locales ont été testées à raison d'un espacement de 1,5 m sur l'essai de plantation. 28 espèces de plantes ont été testées en tant que graines dans les opérations d'ensemencement par dispersion. L'opération a duré 15 jours avec 12 personnes et elle a été terminée le 12 Mars 2003 (un jour avant le cyclone « Erica »). L'ensemble des pentes (8305 m²) a été recouvert de toile de jute car les pentes de terre végétale de maquis ligno-herbacé montraient des signes d'érosion importante depuis 2002. Les suivies des plantations effectuées en Avril, après le passage de cyclone « Erica », ont montré qu'il y a eu 70 % de pertes des parties aériennes dans les plantations (la plupart des plantes ont été brûlées par les embruns de l'air salin parvenus jusque là). Cependant, il n'y a eu aucune érosion sous les toiles de jutes qui ont bien retenu la terre végétale et les semis. Les résultats des suivis de germinations des opérations d'ensemencement par dispersion après un an ont montré que 24 espèces ont germé et ont produit un tapis de plantules avec une densité moyenne de 25 plantules par m².

En mars 2004, un essai de revégétalisation utilisant des plants en tubes et des graines a été fait sur la versée dit « Office dump », à proximité des bureaux administratifs pour la construction de l'usine (Cf. Annexe 4). Cette opération de revégétalisation avait pour but de stabiliser les pentes rocheuses défrichées du maquis arbustif sur cuirasse avec des plantes, et de stabiliser les pentes de limonites, avec un ensemencement par dispersion de graines de maquis minier inter plantées avec des plantes (espacement de 1,5 m et toutes recouvertes de la toile de jute). Une surface totale de 17 496 m² a été revégétalisée avec 60 espèces en tant que plantes et 21 espèces en tant que graines de maquis minier. Les résultats des suivis de croissance montrent que *Syzygium wagapenses*, *S. frutescens*, *Gymnostoma deplancheanum*, *Alphitonia neocaledonica*, *Beccariella sebertii*, *Xanthostemon aurantiacum* et *Stenocarpus comptonii* croîtraient bien dans la terre végétale cuirassée des pentes de la versée, avec une hauteur de > 50cm pour la plupart des plants au bout d'un an.

Les résultats du suivi de la germination montrent que 81 % des espèces testées (21 espèces) ont germé au bout d'un an avec un recouvrement moyen de 17 plantules par m².



Mise en place de la plantation sur les versées à stériles dit « Office dump » en 2004 :

- a) Plantation des plantules
- b) Epannage des graines de maquis minier
- c) Déroulage des toiles. Développement végétal au bout de an
- d) Etat des toiles de jute
- e) Germination des plantules
- f) Bonne croissance de *Grevillea* à partir de graines

6.5 La croissance des plantes sur les résidus

Des études de croissance des espèces introduites et endémiques sur les résidus épaissis (issus du procédé hydro-métallurgique) sont en cours depuis 1996.

Le premier test de croissance en pot a été fait par le CIRAD à Port Laguerre, en 1996, avec comme milieu des quantités limitées de résidu produit par la mini-usine pilote hydro-métallurgique à ITSL

Toronto, Canada – la latérite était issue de Goro. La croissance des plantes a été testée dans sept mélanges : Résidu, résidu + gravier latéritique, résidu + latérite de recouvrement, résidu + compost, résidu + gravier latéritique + compost et résidu + latérite de recouvrement + compost. Ces tests ont été effectués dans des pots de 150ml et ont duré 6 mois. Les espèces introduites testées étaient *Brachiaria decumbens* (Poaceae), *Chloris gayana* (Poaceae), *Vetiver zizanioides* (Poaceae), *Calliandra calothyrsus* (Leguminoseae), *Sesbania sesban* (Leguminoseae), *Acacia auriculiformis* (Leguminoseae), *Casuarina collina* (Casuarinaceae), *Eucalyptus robusta* (Myrtaceae). Les espèces endémiques testées étaient *Carpolepis laurifolia* (Myrtaceae), *Grevillea exul* var. *rubiginosa* (Proteaceae), *Gymnostoma deplancheanum* (Casuarinaceae), *Alphitonia neocaledonica* (Rhamnaceae).

Les résultats généraux indiquent que les **espèces endémiques ont mieux survécu sur les mélanges à résidus que les espèces introduites**. Les taux de croissance étaient similaires sur les mélanges pour les espèces endémiques. Cependant il y avait des variations de croissance entre les espèces endémiques et les plantes préfèrent les mélanges gravillonnaires. Les espèces introduites montraient une augmentation de croissance dans les milieux avec des apports en matière organique ou latéritique gravillonnaires.

Le deuxième test de croissance en pots a été effectué à la pépinière de Goro Nickel en utilisant des mélanges de résidu neutralisé à pH 9.5 issu de l'usine pilote de Goro Nickel à Prony. Cet essai, établi en 2001, a permis d'étudier la croissance de quatre espèces endémiques (*Gymnostoma deplancheanum*, *Alphitonia neocaledonica*, *Grevillea exul* var. *rubiginosa*, *Syzygium ngoyense*) pendant un an dans des vases de végétation de 7 litres. Les quatre différents mélanges utilisés avaient pour but de présenter aux plantes des conditions correspondant à des bassins de résidus qui n'ont reçu aucun recouvrement de latérite (100 % de résidus), un recouvrement superficiel de latérite (50 cm) mélangé par labourage au résidu (60 % de résidus, 40 % de latérite), un recouvrement épais de latérite (1m), donc moins mélangé au résidu (40 % de résidus, 60 % de latérite) lors du labourage et un recouvrement épais de latérite sans contact avec la chimie du résidu (100 % de latérite). Les vases de végétation ont été conçus pour fournir une alimentation en eau selon la capacité d'absorption du sol (capacité sur champ) et des plantes. Les eaux traversant les vases de végétation ont été récupérées mensuellement pour étudier l'évolution chimique des milieux.



Vue générale de l'essai en pots, établi en 2001



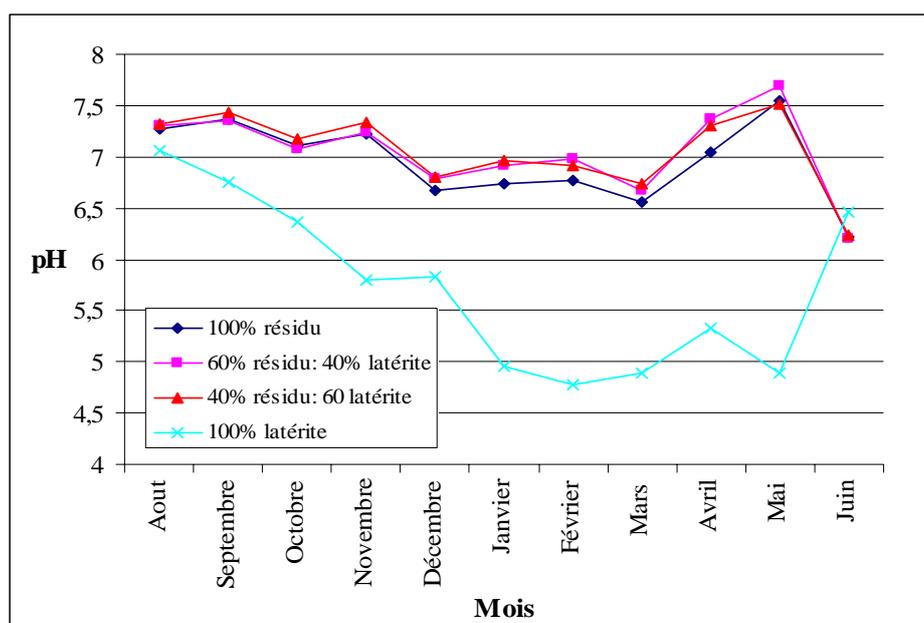
60% Résidu : 40% Latérite

60% Latérite : 40% Résidu

100% Latérite :

La croissance de *Grevillea exul* et *Gymnostoma deplancheanum* (au bout d'un an) sur différents mélanges de résidu et de latérite en 2002

Les pH moyens des eaux de percolation pour les différents milieux sont présentés en figure ci-jointe. Elle montre que les différents types de latérites testées n'ont pas d'effet acidifiant sur le résidu et suivent les mêmes changements de pH que le résidu pendant la période d'examen. Des mesures de poids des plantes à la fin de l'étude montrent que toutes les espèces ont une augmentation de croissance selon la quantité de latérite de recouvrement utilisée pour l'essai (cf. tableau suivant).



Evolution mensuelle du pH des percolations issues de latérite et différents mélanges de résidus neutralisés à pH 9.5 (2001–2002)

Espèce	Traitement	Nombre plantes	Mortalité %	Hauteur (cm)	Croissance aérienne (cm)	Poids fraîche total (g)	Poids fraîche racine (g)	Poids fraîche tige (g)	Taux Racine:Tige
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	Residu	9		15,4	7,7	34,62	16,56	18,06	0.9:1
	40/60	9		21,4	13,9	81,28	51,82	29,46	1.8:1
	60/40	9		26,3	19,4	106,26	63,31	42,95	1.5:1
	Grenaille	9		48,1	41,4	272,75	186,79	85,96	2.2:1
<i>Grevillea rubiginosa</i>	Residu	9	44	7,7	3,5	7,09	3,28	3,81	0.9:1
	40/60	9		10,7	6,7	12,47	4,99	7,48	0.7:1
	60/40	9		27,7	23,6	71,95	30,35	41,60	0.7:1
	Grenaille	9	11	47,8	43,6	132,98	61,83	71,15	0.9:1
<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	Residu	9	22	20,2	13,1	19,68	6,66	13,02	0.5:1
	40/60	9	22	24,8	16,8	30,00	11,99	18,01	0.7:1
	60/40	9	11	15,9	8,8	11,64	3,78	7,86	0.5:1
	Grenaille	9		26,5	19,7	63,99	25,76	38,23	0.7:1
<i>Syzygium ngoyenses</i>	Residu	9		8,9	3,3	1,45	0,42	1,04	0.4:1
	40/60	9		10,5	5,2	3,68	2,79	0,89	3.1:1
	60/40	9		12,8	6,4	2,75	0,69	2,05	0.3:1
	Grenaille	9		22,9	17,1	12,75	6,67	6,08	1.1:1

40/60 = 40% Grenaille et 60% Residu
60/40 = 60% Grenaille et 40% Residu

La croissance des plantes testées au bout d'un an dans différents mélanges de résidus et de latérite (2001–2002)

6.6 Récapitulatif des essais de revégétalisation

Plusieurs conclusions générales sont présentées ci-dessous, pour servir de guide aux opérations futures de revégétalisation pendant la phase de construction et la phase opérationnelle de la mine. Celles-ci ont été partagées entre terrassement et revégétalisation.

6.6.1 Terrassement

La revégétalisation des pentes de Gabbro sur le site de la route d'accès du port sera difficile sans un apport de 10 à 30 cm de terre végétale de latérite qui sera incorporée au terrain, perpendiculairement à la pente (solution applicable aux latérites sans terre).

Les coupes nettes ou les talus remblayés sont difficiles à revégétaliser en utilisant des plants en tubes et des graines. Ils devront être nivelés perpendiculairement à la pente.

Le déblai ou le remblai des pentes ne devrait pas excéder 45° pour une hauteur de 6m.

Les pentes ayant une hauteur supérieure à 6m devront être mises en terrasse et la largeur de la terrasse devra permettre l'accès de véhicules

Les pentes remblayées devront être recompressées pour rétablir les conditions hydrologiques favorables et être nivelées perpendiculairement à la pente.

Les drains devront être creusés perpendiculairement et sur le haut de la pente pour empêcher le lessivage des graines, engrais et éléments organiques de la surface lors des grosses averses.

Le calendrier est essentiel pour une bonne germination des graines de dispersion. Aussi, tous travaux de terrassements dans les aires de revégétalisation devront être terminés avant décembre. Cela permettra aux aires de se stabiliser et de pouvoir commencer les opérations d'ensemencement de février à avril pendant la saison de croissance.

6.6.2 Revégétalisation

Un mélange d'éléments organiques et d'engrais est essentiel pour les graines de dispersion.

Utilisation de graines fraîches pour les opérations de semis.

La maille de noix de coco n'est pas adaptée pour la dispersion des graines d'espèces natives à feuilles larges.

Certaines espèces poussent mieux à partir de graines plutôt qu'à partir de plants en tubes pour les aires revégétalisées.

Les espèces natives poussent mieux sur les stériles de latérite, cuirasse de fer que sur la limonite jaune et le Gabbro.

6.7 Les études à mener sur la production des plantes et la revégétalisation

Les principes de revégétalisation sont encore au stade de théorie expérimentale en Nouvelle-Calédonie. Ils nécessitent encore des années de recherches dans le but d'obtenir la végétation endémique souhaitée à l'échelle industrielle pour un projet minier, ceci en raison de lacunes scientifiques en phénologie, biologie végétale des espèces endémiques (germination, croissance), phytopathologie et écologie. Cependant, les résultats des dix dernières années de recherches sur la germination des espèces endémiques et sur leur croissance sur champ dans différents tests de revégétalisation montrent les axes de recherches à poursuivre.

6.7.1 Etudes de conservation des graines

La flore, dans l'emprise du projet Goro Nickel, est composée de divers groupes de plantes dont la durée de vie des semences varie selon leur milieu. Des études seront effectuées au sujet de leur conservation afin de la maximiser et d'augmenter leur viabilité. Le programme de conservation visera des études sur l'humidité et la température optimales de conservation des essences principales de revégétalisation ainsi que sur les espèces rares.

6.7.2 Les études de germination

D'un point de vue global, les plus grandes contraintes au niveau de la production des plantes sont **les lacunes dans les connaissances des conditions ou traitements nécessaires pour la levée de dormance des espèces**, espèces souvent les plus abondantes dans le maquis, en particulier les *Cunoniaceae*, *Epacridaceae* et *Cyperaceae*. Les conséquences de cette méconnaissance sont des taux de germination faibles lors des opérations d'ensemencement et une quasi absence de *Cypéracées* (*Costularia* et *Schoenus*). A long terme, cela se traduira par un changement floristique visuel du maquis produit par la revégétalisation et une diminution de son pouvoir de réduction de l'érosion en raison de l'absence du tapis de *Cypéracées*. Les arbustes de *Cunoniaceae* (*Codia*, *Pancheria*) et *Epacridaceae* (*Styphelia*, *Dracophyllum*) sont abondants dans les maquis et leur quasi absence en revégétalisation produira un maquis visuellement et écologiquement différent du milieu naturel.

Une étude sera donc effectuée, en partenariat avec les institutions locales et internationales, pour augmenter les connaissances sur les conditions nécessaires à la levée de dormance des espèces des trois familles citées ci dessus et des espèces rares. Ce programme comprendra des études sur la phénologie des graines, la physiologie et la biochimie végétale des graines et sur les techniques pour traduire les résultats obtenus à grande échelle. Compte tenu de la complexité des travaux, le programme sera étalé sur plusieurs années pour s'assurer que ces espèces récalcitrantes (germination problématique) soient bien utilisées à grande échelle lors de la phase des opérations de la mine dans cinq à sept ans.

Les espèces sclérophylles du maquis minier produisent souvent des plantules (<1cm de hauteur), compte tenu des conditions nutritives très pauvres des sols générant une croissance lente. Leur production en pépinière reste délicate avec souvent beaucoup de pertes à cause de leur petite taille face aux conditions d'hygrométrie variable et face à des problèmes phytopathologiques (champignons). Des études seront mises en place en 2008 pour réduire le taux de mortalité des plantules, suite à la construction de la pépinière industrielle. Ces études viseront des essais et tests avec différents mélanges pour augmenter la croissance des plantes en serre (ex: substrats des plantes adultes contenant des sources de mycorhizes) et des essais de techniques phytopathologiques pour réduire les risques sur les semis.

6.7.3 Etudes de bouturage

De nombreuses espèces du maquis minier ont **une production de fruit irrégulière** et/ou produisent très peu de fruit (ex: *Tristaniopsis guillanii*, *Tristaniopsis macphersonii*, *Longetia buxoides*). Une conséquence de cette irrégularité est que ces espèces sont moins représentées dans la production de la pépinière et elles sont donc moins représentées sur les plantations, bien qu'elles soient souvent abondantes dans la nature. Une étude de **bouturage des espèces à fructification irrégulière** sera établie dès la fin 2007 à la pépinière industrielle de Goro Nickel, en partenariat avec des chercheurs des institutions scientifiques locales (IAC) et la compagnie minière CVRD. Ce programme visera aussi les espèces récalcitrantes pour assurer leur production, le temps de mieux comprendre les conditions de levée de dormances des graines.

Les espèces ayant fait l'objet de bouturage sont présentées en annexe 6.

6.7.4 Les études de croissance dans différents milieux en pépinière et sur champ

Les résultats des études de croissance sur champ montrent que les espèces de maquis ont **des croissances lentes** malgré un apport en engrais et hydro-rétenteur. Ces croissances lentes des plantes sur les pentes engendrent des risques d'érosion après la disparition de la toile de jute par décomposition (en < 4 ans) car le recouvrement végétal est souvent insuffisant pour protéger le sol. Cette lenteur est due aux propriétés du sol, en particulier les carences en éléments nutritifs qui ont générés depuis des millions d'années des adaptations chlorophylliennes dans les plantes. Une de ces adaptations est une réduction des parties aériennes et une augmentation des parties racinaires. En pépinière, le phénomène de croissance du maquis minier se traduit par **des plantules visiblement petites avec des long systèmes racinaires** nécessitant des tubes forestiers profonds (<20cm). Cependant, au stade de la plantation, les racines qui sont dans la motte du pochon ont eu tendance à se concentrer dans les 10 premiers centimètres car les sols fins ont été lessivés et compactés vers le fond du pochon pendant son stockage. Cette réduction de volume de la motte utilisable pour les racines pourrait avoir des effets néfastes sur la croissance des plants en plantation.

Des études sur les alvéoles forestières ont débuté depuis 3 ans et se poursuivent afin de déterminer les récipients les plus adéquats pour les racines et la stabilité du substrat. De plus, des études seront effectuées à partir de 2007 avec différents milieux (sables, pierre ponce, matière organique) pour obtenir des substrats structurellement stables et adaptés à un stockage d'une durée <3 ans, ceci sans effet néfaste sur les plantes. Différents types d'engrais organiques (Poissons, Algues, Boues d'épuration) et synthétiques seront testés en même temps que les substrats sur des plantes en vase de végétation en serre pour voir les effets bénéfiques sur la croissance. Ces études de croissance avec différents types de substrats pourraient être établies sur champ (>2008) après que des informations sur les doses optimales aient été déterminées en pépinière.

6.7.5 Etudes de croissance des plantes dans des mélanges de résidus et de latérite

Les études de croissance des plantes endémiques et exotiques sur les résidus depuis en 1996, 2001 et 2003 montrent que :

- Les résultats de croissance sont basés sur 6 espèces de maquis minier et 8 espèces exotiques.

- Les plantes exotiques et endémiques ont la même croissance sur les résidus dans des essais en serre.
- Cette croissance est extrêmement lente avec d'avantage de pertes chez les plantes exotiques.
- L'addition de la latérite à des doses supérieures aux quantités de résidus permet une meilleure croissance des plantes.

Ces résultats montrent des axes de recherche. L'objectif principal des futures études de croissance des plantes dans le résidu est de tester un maximum d'espèces (dans des essais en serre et sur champ). L'objectif final est de créer une végétation autosuffisante réduisant l'érosion des surfaces des bassins.

Compte tenu du fait que **les propriétés physiques du résidu sont similaires à celles de la limonite rouge argileuse**, la sélection d'espèces endémiques visera des études sur les plantes du maquis ligno-herbacé des zones hydromorphes, telles que les arbustes comme *Melaleuca gnidioides*, *M. brongniartii*, *Babingtonia leratii*, *Homalium kanalienses*, *Pancheria elegans*, *P. communis*, *Xanthostemon aurantiacum* et les herbacées comme *Costularia xyridoides*, *Tricostularia guillauminii*, *Lepidosperma perteres*, *Chorizandra* spp., *Xyris pancheri*, et *Eriocolon neocaledonicum*. Le résidu contient des quantités élevées de calcium et de soufre sous formes d'éléments libres et de Gypse (27%). Ces éléments n'existent pas sur les massifs latéritiques de Nouvelle-Calédonie. Cependant, les zones de contact entre les massifs et les récifs coralliens surélevés (Ile des Pins, Ile Ouen) pourraient fournir des zones de recherches pour des plantes dans des substrats hydromorphes car ces sols latéritiques côtiers contiennent de plus fortes teneurs en calcaire.

Des études de croissance de plantes seront faites en serre dans des conditions contrôlées dès 2008, avec un nombre maximum de plantes du maquis des sols hydromorphes sur différents mélanges de résidus et de latérite afin d'optimiser les résultats de croissance. Ces tests seront aussi faits sur une gamme de plantes exogènes à caractère non envahissant adaptées aux conditions d'hydromorphie. Des études sur champ seront établies sur des cellules de résidu de l'usine pilote, dès 2007, afin d'obtenir des informations sur la croissance des plantes de maquis minier sur du résidu recouvert par de la terre végétale latéritique. D'autres tests sur champ seront effectués sur des cellules de tests construites au début du remplissage de l'aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest. Ces études ont pour but de déterminer la croissance des plantes sur différents matériaux de recouvrement. Ces matériaux de recouvrement seront étalés avec différentes épaisseurs pour évaluer la croissance racinaire des plantes, afin de déterminer quel type de recouvrement permet une croissance optimale et avec quelle épaisseur. Les cellules seront disposées sur la Kwé Ouest afin de maximiser leur durée de vie ainsi que les plantes tests, ceci pour obtenir des données sur la croissance des plantes à long terme.

6.7.6 Planification des études de germination et croissance des plantes

	2007				2008				2009	2010	2011	2012	2013	2014
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4						
Conservation des graines														
Mise en place des structures (chambre froide, salle de conservation a sec)														
Tests de humidité et températures pour les espèces pionnières														
Étude de germination														
Tests des substrats (hygrométrie, phytopathologie)														
Tests des substrats (inoculation des mycorhizes)														
Conditions de levé de dormance (Cypéacée)														
Phénologie et physiologie des graines (UNC)														
Étude de bouturage														
Espèces a faible production de graines														
Étude de croissance des plantes														
En serre														
Différents substrats & alvéoles														
Boue de station d'épuration														
Sur champ														
Différents substrats & alvéoles														
Boue de station d'épuration														
Études microbiologique														
En laboratoire														
Comportement des bactéries et mycorhizes sur limonite rouge														
Comportement des bactéries et mycorhizes sur résidu														
Étude de croissance des plantes dans des mélanges résidu														
En serre														
Espèces du maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphe														
Espèces exogène des sols hydromorphes														
Sur cellule A1 à résidu usine Pilote														
Espèces du maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphe														
Sur cellule A2 à résidu usine Pilote														
Espèces du maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphe														
Sur cellule A3 à résidu usine Pilote														
Espèces du maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphe														
Sur cellule à résidu construit dans la Kue Ouest														
Espèces du maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphe														
Espèces exogène des sols hydromorphes														

7. DEFRIQUEMENT ET STOCKAGE DES TERRES VEGETALES

7.1 Connaissance de la rhizosphère latéritique du Sud

7.1.1 La rhizosphère des sols ferralitiques ferritiques cuirassés

Les sols ferralitiques ferritiques cuirassés du plateau de Goro sont caractérisés par une couche superficielle composée en grande partie de blocs, agrégats et graviers pisolithiques de cuirasse, contenant de la matière organique issue de la décomposition de la litière, variant en recouvrement selon le type de végétation. Cette couche superficielle colluvionnaire de « terre végétale » a un développement racinaire qui dépasse rarement 30 cm de profondeur dans les formations de maquis minier, indiquant ainsi la zone biologique de développement des plants (Bourdon et Podwojewski, 1988; Becquer *et al*, 1995). Les racines fines (<2mm) sont communes (> 10-25/0.01m²) de 0 à 36 cm de profondeur et absentes après 40 cm de profondeur, indiquant ainsi la limite maximale d'une grande partie de l'activité biologique. Les racines moyennes (>2mm): sont aussi abondantes dans cette horizon et peuvent descendre jusqu'à 60 cm de profondeur.

Matière kg/m ²	Maquis arbustif		Maquis para-forestier	
	Moyenne	Ecartype	Moyenne	Ecartype
Litiere	1.2	1.0	3.6	1.1
Agrégats >10mm	22.5	8.0	12.3	3.9
Agrégats & pisolites 10-4mm	9.0	2.9	1.4	0.5
Pisolites & fines <4mm	22.0	10.2	6.3	1.5

Les poids des différents composants de la terre végétale de surface (environ +5 à -5cm)



(a) Un profil de sol ferralitique ferritique cuirassé montrant l'hétérogénéité des poches de terre végétale en poche. (b) La litière en maquis arbustif ouvert. (c) La litière en maquis paraforestier (d) montrant l'épaisseur de la litière dans les poches de terre végétale.

7.1.2 La rhizosphère des sols ferrallitiques ferritiques érodés

Les sols ferrallitiques ferritiques érodés des pentes sont généralement < 2m de profondeur avec un horizon supérieur composé de graviers ferrugineux avec parfois des blocs de péridotite (Latham *et al*, 1978). L'humus est < 2cm d'épaisseur (Figure 2a) et très éparse avec un recouvrement <10% de 1m² (Figure 2b). Les racines fines (<2mm) sont abondantes (> 200/0.01m²) de 0 à 10 cm de profondeur et absentes >40 cm de profondeur. Les racines moyennes (>2mm) peuvent descendre jusqu'à 60 cm de profondeur.



(a): Un profil de sol ferrallitique ferritique érodé montrant la couche quasi inexistante de terre végétale.
(b) La litière du maquis ligno-herbacé.

7.1.3 La microbiologie de la rhizosphère des sols ferrallitiques

La microbiologie de la rhizosphère des latérites a fait l'objet de nombreuses études taxonomiques et microbiologiques en laboratoire. Les premières études ont montré que les Casuarinacées endémiques possèdent un lien symbiotique avec une bactérie fixatrice d'azote, dont le genre est *Frankia*, favorisant leur développement sur des sols appauvris en éléments nutritifs (Jaffré *et al*, 1994b). **Ce lien symbiotique** a permis à plusieurs espèces de *Gymnostoma* de coloniser de façons grégaires des sites dégradés par le feu et les éboulements (McCoy, 1998). D'autres études menées sur les **mycorhizes des latérites** ont démontrées que la plupart des espèces des maquis miniers avaient des liens avec des endo-mycorhizes (Amir *et al*, 1997). Les espèces souvent très grégaires (*Gymnostoma*, *Alphitonia*, *Nothofagus*) posséderaient aussi des ecto-mycorhizes (*Glomules*) connues pour leurs facultés d'accumulation d'éléments nutritifs, surtout la potasse (Diem & Arahou, 1996). Des familles Gondwaniennes comme les *Proteacées* et *Myrtacées* possèdent aussi des racines protéoides (Figure 3), maximisant ainsi leur absorption des éléments nutritifs (Lamont, 1993). **Les liens symbiotiques des mycorhizes et bactéries bénéfiques aux plantes** sont méconnus et font l'objet d'études par l'Université de la Nouvelle-Calédonie, regardant la résistance potentielle des mycorhizes aux métaux lourds.



Des racines proteoïdes sur une *Grevillea exul* (Proteacée)

7.1.4 La banque de graines dans la terre végétale

Aucune étude (publiée) n'a été effectuée sur la banque de graines dans la terre végétale en milieu latéritique de Nouvelle-Calédonie. Des sources d'informations indirectes montrent que la banque de graines 1) varie selon la composition floristique, 2) montre des tendances saisonnières avec 3) une survie des germes qui varient selon les habitats.

Les données obtenues en pépinière sur la dormance et la germination montrent que beaucoup d'espèces germent pendant la saison des pluies après une dormance qui peut durer jusqu'à un an. Cette période chaude et pluvieuse correspond aussi avec la période de fructification de beaucoup d'espèces de maquis minier (Jaffre *et al*, 1997 b). Cependant, la durée de vie des graines de beaucoup de ces espèces est courte et liée aux conditions optimales de germination entre décembre et mars. Une étude de survie des germes de *Gymnostoma deplancheanum* en maquis sur cuirasse suggère que les germes des graines de maquis minier survivent généralement plus longtemps dans des fissures, entre les blocs et agrégats, que sur des surfaces planes de gravier (McCoy, 1998).

L'épaisseur de la litière en milieu forestier joue aussi un rôle sur la survie des graines. La litière en forêt humide et maquis ligno-herbacé de piémont ou sur pente est peu épaisse avec des surfaces de sol dénudées, ce qui facilite la colonisation des germes des plantes. Cependant, en maquis dominé par *Gymnostoma deplancheanum*, la litière peut être très épaisse et dense <20cm, empêchant la colonisation des germes de plantes à grosse graines. Ce phénomène **de couche épaisse d'aiguilles de *Gymnostoma*** peut ainsi réduire la diversité de la banque de graines dans les maquis à *Gymnostoma*, pour les familles possédant des fruits <0,1cm telles que les *Myrtaceae* et *Cyperaceae* (McCoy *et al*, 1996).

7.1.5 La matière organique et les éléments nutritifs

Les sols ferrallitiques ferritiques cuirassés du Sud de la Nouvelle-Calédonie ont une très ancienne pédogenèse, issue de plusieurs phases de développement de couches de cuirasse. L'érosion des surfaces et dépôts a duré plusieurs millions d'années pour produire un sol composé de colluvions ferrugineuses en surface, avec un lessivage des argiles en profondeur (Latham *et al*, 1978). Des études sur les éléments nutritifs, essentiels pour la croissance des plantes, montrent que ces sols ont des fortes carences en azote, phosphore, potasse et calcium, dues à leur absence dans la roche mère lors de leur dégradation en éléments minéraux (Jaffre, 1980). Cette carence édaphique a

favorisé un développement végétal composé des familles de plantes sclérophylles, possédant des adaptations (petites feuilles, racines spécialisées) pour accumuler et retenir les maigres ressources en éléments nutritifs de la pluie et du sol (Beadle, 1966 ; Morat *et al*, 1986).

Les teneurs en éléments nutritifs des terres végétales des sols ferrallitiques ferritiques cuirassés à Goro sont directement liées au type de végétation et à son stade de développement (voir tableau 2). Leur récupération est importante car ces matériaux sont riches en substances nutritives. De plus, les valeurs dans le tableau 2 montrent que les taux d'éléments nutritifs entre végétaux et sol sur le plateau de Goro se situent de 5 : 1 à 100 : 1 (McCoy, 1998). Ce ratio diminue d'une manière exponentielle entre végétaux, terre végétale et couches inférieures.

Une telle distribution des nutriments démontre que malgré la présence de peu de minéraux nutritifs dans le sol et l'intensité des précipitations, les matières végétales sont très faciles à obtenir, à fixer et elles restituent les nutriments par leur décomposition. **L'utilisation de ces matières végétales suite au défrichage** permet de retenir l'humidité dans le sol tout en apportant une source de nutriments restitués.

La tendance générale est à une augmentation légère en azote, phosphore et potasse dans la matière organique selon le stade de développement de la végétation. Cette matière organique contient nettement plus de ces éléments que le sol, indiquant une décomposition et une libération des éléments nutritifs qui est lente.

	Maquis Ouvert	Maquis Fermé	Maquis para-forestier
Litière			
<i>Total %</i>			
N	0.067	1.262	0.391
P	0.001	0.003	0.001
K	0.000	0.001	0.033
Na	0.058	0.045	0.066
Ca	0.405	0.929	0.206
Mg	0.433	0.119	0.034
Mn	0.133	0.121	0.153
Ni	0.005	0.008	0.006
Humus			
<i>Total %</i>			
N		1.101	0.374
P		0.001	0.001
K		0.000	0.015
Na		0.043	0.073
Ca		1.076	0.024
Mg		0.111	0.042
Mn		0.153	0.088
Ni		0.002	0.077
Sol			
<i>Total %</i>			
N	0.032	0.008	0.225
P	0.019	0.021	0.020
K	0.005	0.006	0.008
Na	0.006	0.012	0.014
Ca	0.025	0.007	0.011
Mg	0.059	0.057	0.039
Mn	0.103	0.163	0.257
Ni	0.201	0.297	0.303
Fe	49.193	49.159	40.661
Cr	3.904	3.766	2.581
Co	0.013	0.020	0.028

Les éléments nutritifs et les métaux dans la litière, l'humus et le sol dans différentes végétations

7.2 Historique de l'utilisation de la terre végétale

La réutilisation de la terre végétale lors du décapage des mines à ciel ouvert a pour objectif de reconstituer une couche de substrat sur des stériles miniers, substrat détenant des pouvoirs biologiques (mycorhizes, bactéries) permettant un développement de la végétation à partir des graines se trouvant dans le sol. Cette technique est couramment utilisée dans de nombreux pays (Australie, Etats-Unis, Asie, Europe) par des compagnies minières pour reconstituer une végétation floristiquement proche de l'originale sur des stériles et résidus miniers, et à des coûts moins élevés que par des opérations de revégétalisation nécessitant une logistique de récoltes, plantations et amendement édaphique souvent lourd. Cependant, l'efficacité des techniques requière de nombreuses années d'études sur le pouvoir germinatif et le suivi biologique pour obtenir des résultats pouvant montrer des directions techniques pour une réutilisation optimale de la terre végétale. C'est seulement après 30 ans de recherche sur l'utilisation de terre végétale que des compagnies telles que ALCOA ont pu développer des techniques de réutilisation optimale de la terre végétale (Gardner, 2003).

La réutilisation de la terre végétale sur les massifs latéritiques de Nouvelle-Calédonie est faite depuis peu de temps sur des petites surfaces, compte tenu de la topographie accidentée qui crée des conditions difficiles pour le défrichage et l'extraction des couches fines de terre végétale. Les dernières études (publiées) par la SLN sur l'utilisation de terre végétale, en 1991, consistent à transporter de la terre végétale alluviale des vallées de Thio sur les verses latéritiques des mines avoisinantes. Le développement spontané végétal issu de la terre végétale était composé des espèces des vallées souvent nocives pour la flore in situ (graminées, sensibles, bois de fer). La végétation ligneuse a progressivement disparu, mais avec peu de recolonisation par les espèces endémiques du massif (Jaffré *et al*, 1995).

7.3 Réutilisation de la terre végétale par Goro Nickel

La plate-forme du chantier de construction de l'usine et de la base-vie de Goro Nickel ont eut leur végétation défrichées en 2001. La végétation de ces zones était composée de trois formations principales : maquis ligno-herbacé de piémont, maquis arbustif semi-ouvert et maquis fermé dominé par *Gymnostoma*. La plate-forme du chantier de la centrale électrique de Prony Energies se trouvait en zone marécageuse caractérisée par un maquis et une forêt rivulaire.

Une procédure de stockage de la terre végétale a été mise en place et appliquée par Goro Nickel et le consortium de construction Bechtel, Technip & Hatch dès le démarrage des défrichages du chantier en 2001. Les matériaux de défrichage *en vrac* (de végétation et de terre végétale rocheuse) ont été stockés à trois endroits principaux dans l'idée de les utiliser pour revégétaliser les pentes des verses contrôlées à proximité des chantiers. La première décharge a été créée sous forme de deux stocks de 30m large x 5m de haut, à proximité de l'usine pilote, pour stocker la terre végétale en provenance du défrichage du chantier de l'usine. Une deuxième décharge de terre végétale a été établie à proximité du chantier de construction de la centrale électrique de Prony Energie. Cette décharge (20m large x 8m haut) était composée de végétation et de terre végétale très rocheuse en provenance des formations de maquis para forestier.

Les premières opérations d'épandage de terre végétale ont été faites sur les pentes dégradées du centre de télécommunication en juillet 2001. Des opérations subséquentes d'épandage de terre végétale et de végétation ont été effectuées progressivement, jusqu'en février 2003, sur les pentes des verses à stériles du chantier de l'usine, avec de la terre végétale rocheuse en provenance du stock de la centrale électrique et du stock de derrière l'usine pilote.

La troisième décharge de terre végétale (30m de large x 5m de haut) a été établie en 2001 en dessus du col de l'Antenne (versant Prony) pour stocker la terre végétale défrichée au niveau du chantier de construction de la base-vie. Elle était stockée à proximité de la base-vie pour pouvoir servir de substrat pour une revégétalisation paysagère de la base-vie après sa construction.

En résumé, plus de 6000 m³ de terre végétale on été étalées entre 2001 et 2003 sur les pentes des verses contrôlées du chantier de construction après un stockage de moins de deux ans. La seule décharge de terre végétale restante datant de l'époque BTH est la décharge en dessous du col de l'Antenne en attendant la fin des travaux de la base-vie.

7.4 Expérience acquise sur l'utilisation de la terre végétale

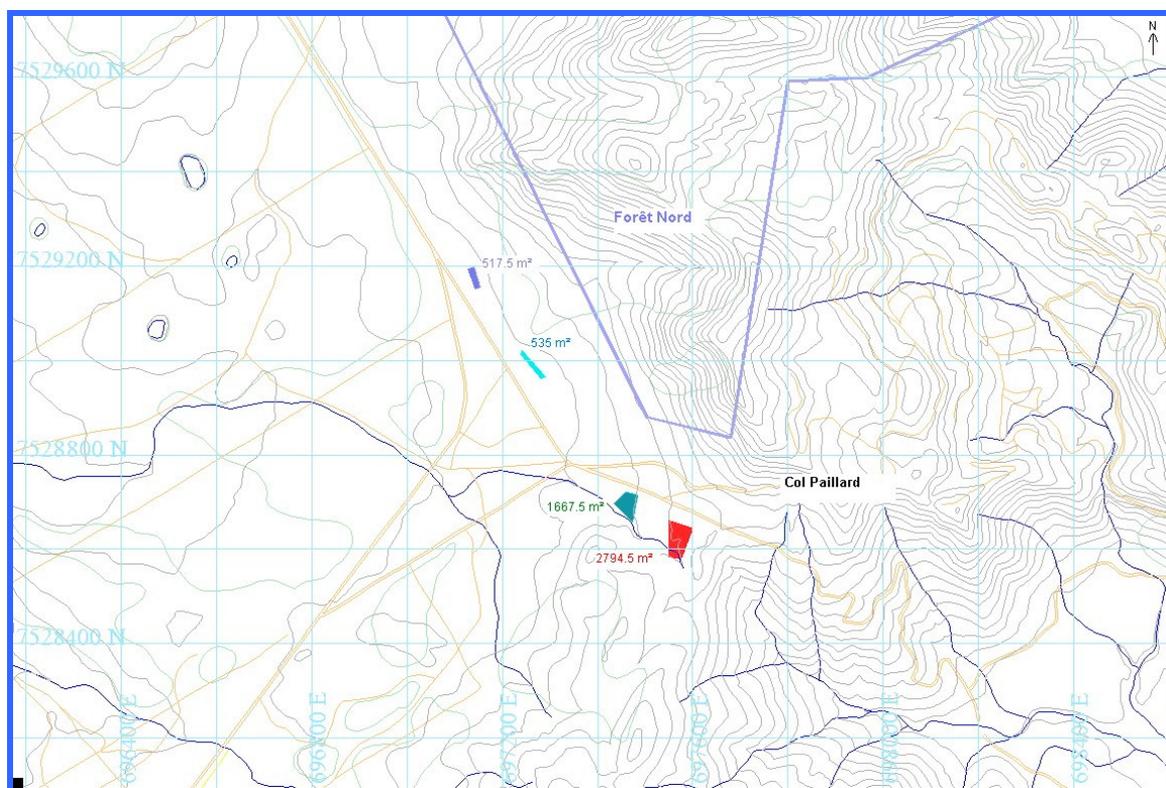
Plusieurs études ont été mises en place depuis 2003 pour étudier la terre végétale lors de son défrichage et stockage, compte tenu des énormes lacunes d'informations sur la stabilité édaphique, la composition, la taille et la viabilité de la banque de graines dans les latérites de Nouvelle-Calédonie. Des récapitulatifs des études en cours sont présentés dans les sections ci dessous.

Méthodologie des suivis de rétablissement sur terre végétale

Des parcelles permanentes de suivi de germination ont été établies en septembre 2004 sur des plates-formes et pentes du chantier de construction qui ont fait l'objet d'un transfert et d'un épandage immédiat de la terre végétale en 2003. L'étude a été mise en place afin d'obtenir des informations sur

la composition et l'abondance végétale des espèces germant sur différentes terres végétales. Cette information pourra ainsi être utilisée pour classer les différentes terres végétales selon leur banque de graines et donc leur potentielle réutilisation en revégétalisation.

La première surface d'étude est composée de deux plates formes de 10 000 m² au col Paillard. Elles ont reçu de la terre végétale très rocheuse en provenance du défrichage d'un maquis para forestier pour la construction de la centrale électrique de Prony Energies en novembre 2002 (Carte 1). La terre végétale a été étalée par bulldozer sur environ 40 cm d'épaisseur. Le deuxième site d'étude concerne la partie extérieure d'un remblai du caniveau périphérique de l'usine. Cette zone a reçu une couche de <10cm de terre végétale en Novembre 2001 en provenance du maquis ligno-herbacé existant sur le positionnement du caniveau en proximité de la Forêt Nord. Cette terre végétale a été étalée puis compactée sur la pente avec une excavatrice.



Carte 1 : Localisation des parcelles d'étude de régénération naturelle sur la terre végétale

89 zones carrées (de 1 m² chacune), ont été établies et recensées sur les pentes du caniveau en proximité de la Forêt Nord (Figure 4). **127 zones carrées (de 1 m² chacune)**, ont été établies et recensés sur les deux plates-formes du col Paillard (Figure 5). **Pour chaque zone, toutes les plantes ont été identifiées afin d'obtenir des informations sur la diversité et sur l'abondance dans le rétablissement de la végétation.**



Suivi des parcelles de régénération sur pente de sol érodé fait par les étudiants du DEUST RGEM en 2005 (à gauche)

Suivi des parcelles de régénération sur cuirasse fait par les étudiants du DEUST RGEM en 2005 (à droite)

Rétablissement naturel sur terre végétale

Les premiers résultats des suivis des comptages des zones carrées (en tableau 3) sur les plates-formes et pentes de terre végétale montrent plusieurs tendances:

- 1) Le rétablissement sur la terre végétale cuirassée des plates-formes est plus élevé (27 espèces) que sur les pentes (17 espèces).
- 2) Le rétablissement est moins abondant sur les plates-formes (3,7 plantes/m²) que sur les pentes (9,2 plantes/m²).
- 3) Le rétablissement des plates-formes est dominé par des arbustes et il est dominé par des herbacées sur les pentes.
- 4) Le rétablissement sur les pentes est plus grand que sur les plates-formes.

<u>Localisation</u>		Banquets Col Paillard			Remblai du caniveau peripherique		
<u>Lieu d'origine du top soil</u>		Centrale electrique			Construction du caniveau		
<u>Végétation d'origine</u>		Maquis paraforestier			Maquis ligno-herbace de piedmont		
<u>Substrate d'épandage</u>		Sol feralitique cuirassé 60-90% Bois 10-40%			Sol feralitique érodé 90% Bois 10%		
<u>Epaisseur de l'épandage</u>		20-30cm			<10cm		
<u>Date de l'épandage de top soil</u>		November-02			November-01		
Famille	Espèce	Total	Nombre moyenne (n=127) m ²	Hauteur moyenne cm	Total	Nombre moyenne (n=89) m ²	Hauteur moyenne cm
Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	3	0.024	6.0	13	0.146	4.0
Apocynaceae	<i>Parsonsia flexuosa</i> *	2	0.016				
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	2	0.016	3.0			
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	29	0.228	3.8	3	0.034	
Celastraceae	<i>Geniostoma densiflorum</i> *	2	0.016				
Cyperaceae	<i>Baumea deplanchei</i>	36	0.283	5.4	499	5.607	17.0
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	2	0.016				
Cyperaceae	<i>Costularia nervosa</i>				11	0.124	
Cyperaceae	<i>Gahnia novacaledonica</i>	6	0.047	13.0			
Cyperaceae	<i>Lepidosperma perteres</i> *	7	0.055	25.5	108	1.213	4.5
Dennstaediaceae	<i>Pteridium esculentum</i> *				10	0.112	22.0
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	18	0.142	9.7	65	0.730	15.1
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	6	0.047	6.7	13	0.146	
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus alaternoides</i>	1	0.008	5.0			
Epacridaceae	<i>Styphelia veillonii</i>	3	0.024		1	0.011	
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus ellipticus</i>				2	0.022	
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	34	0.268	21.6	6	0.067	
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	29	0.228	1.5			
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratti</i> *	17	0.134	9.3	2	0.022	
Myrtaceae	<i>Cloezia artensis</i> *				1	0.011	
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i> *	1	0.008				
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i> *	1	0.008				
Myrtaceae	<i>Uromyrtus emarginata</i>	3	0.024	5.0			
Orchidaceae	<i>Acianthus sp.</i>	7	0.055				
Orchidaceae	<i>Eriaxis rigida</i>	150	1.181	8.3			
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	73	0.575	8.0	43	0.483	19.1
Rubiaceae	<i>Psychotria rupicola</i>	1	0.008				
Rutaceae	<i>Comptonella drupaceae</i>	9	0.071	16.7			
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	6	0.047		1	0.011	
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	28	0.220	9.4	44	0.494	22.4
Solonaceae	<i>Solanum sp.</i>	3	0.024				
Violaceae	<i>Agatheia deplanchei</i>				1	0.011	
Nombre d'espèces		27			17		
Nombre de plantules en moyenne m²		3.772			9.247		
Total plantules inventoriées		479		9.3	823		14.9

Résultats des comptages de régénération des plantules dans la terre végétale du col Paillard et au caniveau de Forêt Nord

Les résultats du suivi de rétablissement sur les différents types de terre végétale montrent d'une manière générale que la terre végétale (sol ferralitique ferritique érodé) en provenance des maquis ligno-herbacé a une banque de graines plus importante mais moins diverse. La terre végétale cuirassée (sol ferralitique ferritique cuirassé) contient moins de rétablissement indiquant que la banque de graines est limitée et peut être appauvrie par le caractère rocheux de la terre végétale lors de son défrichage et étalage. Cette réduction en abondance semble être due à plusieurs phénomènes.

- 1) Le caractère rocheux de la terre végétale cuirassée ne permet pas la survie des graines sur les surfaces planes. Ceci est dû aux températures élevées des agrégats ferreux (ils peuvent

atteindre 70°C) correspondant avec les périodes de production de la plupart des espèces entre décembre et avril. C'est ainsi que la banque de graines est composée des graines se trouvant enfouies dans les fissures de la cuirasse et dans la matière organique qui varie en fonction du recouvrement de la végétation.

- 2) Le décapage de la terre végétale cuirassée par strate d'activité de façon mécanique (excavatrice, bulldozer) est quasi impossible à cause de la nature rocheuse du substrat. La terre végétale ainsi décapée est composée de blocs et d'agrégats de cuirasse pouvant ensevelir et endommager la banque de graines.
- 3) La composition floristique des formations végétales sur cuirasse est largement dominée par des espèces ligneuses produisant moins de graines que des Cypéracées. Celles-ci sont quasi absentes sur cuirasse et elles sont une partie dominante des formations des maquis ligno-herbacé.

7.5 Rétablissement végétal sur la terre végétale réutilisée après stockage

La terre végétale défrichée du chantier, entre 2001 et 2003, de l'usine de Goro Nickel a été stockée pendant une période de 1 et 3 ans. Elle a ensuite été étalée sur les pentes des versants à stériles après leur construction. Des observations depuis son étalage montrent que d'une manière générale, très peu de rétablissements de plantes a eu lieu sur la terre végétale cuirassée des pentes (1 plante/25m²). Les zones qui montrent d'avantage de rétablissements (2 plantes/1m²) se situent sur les zones contenant un peu plus de matière organique sous forme de végétation écrasée par l'étalage des chenilles des bulldozers.

7.6 Epanchage des graines sur des stocks de terre végétale

Une étude de germination des espèces pionnières a été mise en place en décembre 2004 sur de la terre végétale cuirassée en provenance de l'exercice minier de Goro Nickel. Cette étude a plusieurs objectifs, dont le principal est de savoir **quelle période de l'année est la plus favorable à un maximum de germination de graines sur la terre végétale**. Cette information est essentielle pour d'éventuelles opérations d'ensemencement des stocks de terre végétale latéritique. Un deuxième objectif a été de savoir lesquelles, parmi 6 espèces testées, présentaient une bonne germination et survie des plantules en conditions "non assistées" (comparativement aux essais de revégétalisation pour lesquels les graines sont associées à des copeaux et couvertes de toile de jute.)

2000m³ de la terre végétale cuirassée ont été défrichés en septembre 2004 sur une épaisseur de 40cm, en utilisant un râtelier végétal fixé à un bulldozer. Cette terre a été transportée et déposée en sillons de 300 m de longueur sur 3 m de largeur et 2 m de hauteur, sur la plate-forme de Cofremi.

Des lots des six espèces testées (*Dodonaea viscosa*, *Alphitonia neocaledonica*, *Costularia comosa*, *Hibbertia lucens*, *Hibbertia pancheri* et *Guioa villosa*) ont été semés sur le sillon, chaque mois, **pendant une période d'un an. Un comptage mensuel des plantules a été effectué pour obtenir des informations sur leur germination et survie.**

7.7 Stabilité physique des terres végétales

Les nombreuses surfaces de pentes des versants, qui ont reçu de la terre végétale entre 2001 et 2003, ont été visitées à de nombreuses reprises afin d'observer leur stabilité physique. Les surfaces des pentes autour du centre de télécommunication, qui ont reçu une couche de la terre végétale en provenance du sol ferrallitique ferritique érodé du maquis ligno-herbacé, ont subi une érosion de surface créant ainsi des fissures d'une vingtaine de centimètres de profondeur. Cette surface a été revégétalisée en 2003 et recouverte de toile de jute afin de réduire la fissuration des pentes.

Cependant, les surfaces des versants qui ont reçu une couche de terre végétale cuirassée ne montrent quasiment pas de signe d'érosion de la surface à part sur des zones de drainage, et cela depuis leur mise en place il y a 3-5 ans. Ceci est dû au caractère rocheux de la terre végétale cuirassée, créant ainsi une protection anti-érosive des matériaux fins de la terre végétale.

7.8 Objectifs du plan de réutilisation de la terre végétale

L'objectif du plan de réutilisation de la terre végétale est centré sur 4 axes.

- 1) L'intégration du défrichage de la terre végétale dans la planification des opérations de terrassement pendant la phase de construction et de l'exploitation minière.
- 2) La réutilisation de la terre végétale, soit directement après défrichage sur des zones à revégétaliser à proximité avec une coordination entre les différents services miniers, soit après une période de stockage avec une planification d'utilisation.
- 3) La continuation des études scientifiques visant à déterminer les qualités des terres végétales et leur pouvoir germinatif (diversité, quantité et durée) pour ensuite générer des cartes de valorisation des terres végétales.
- 4) Le développement des techniques industrielles pour mieux réutiliser la terre végétale d'un point de vue économique (criblage, transport, étalage), et biologique (meilleure période de défrichage, cibler les types ou les couches de terre végétale ayant les meilleurs pouvoirs germinatifs).

7.9 Principes d'utilisation directe ou stockage

La couche supérieure de terre du plateau de Goro est souvent recouverte par la cuirasse de fer, ce qui rend la récupération de la terre végétale (gravier, colluviaux) techniquement difficile sur une grande partie de la concession. Toutefois, il est important de récupérer le maximum de la terre car la terre végétale représente une source importante de graines, d'activité microbienne et fongique et de minéraux nutritifs, qui sont des éléments importants pour la croissance des plantes endémiques.

7.9.1 Inconvénients de la terre végétale cuirassée

- Lourde à transporter et à manipuler.
- Pauvre en éléments nutritifs.
- Pauvre/moyenne rétention en eau.
- pH acide
- Des déséquilibres de Mg/Ca et des risques de phytotoxicité pour des plantes non adaptées

7.9.2 Avantages

- Souvent disponible à proximité.
- Gratuite (à part les coûts de l'extraction, du transport et de l'étalage)
- Texture sablo-limoneuse permettant une bonne perméabilité et aération.
- Mauvaises herbes et pathogènes absents.
- Graines, mycorhizes et champignons symbiotiques présents.
- Sol résistant à l'érosion de surface.

7.10 Coordination logistique des travaux de défrichage

Plusieurs services sont concernés lorsqu'il y a des travaux miniers nécessitant ainsi une coordination logistique des travaux à mener avant de commencer les travaux de défrichage.

Plusieurs services de Goro Nickel et sous-traitants sont concernés par les travaux de défrichage.

- Le service d'ingénierie développe les plans des travaux et le balisage de l'emprise de la zone des travaux qui sont validés par les autres services du département mine, environnement et permis, suite à une visite technique faite par les services provinciaux et territoriaux.
- Le service revégétalisation assure l'inventaire floristique, le marquage des espèces rares et leur transplantation avec des engins de la mine, ainsi que la supervision des opérations de défrichage de la végétation par débroussaillage. Il contrôle également le transfert de la terre végétale vers des zones de stockage ou d'étalage pour des opérations de revégétalisation par des sous traitants. Le broyage des végétaux est aussi assuré par le service de revégétalisation.
- Le département Mine exécute les travaux de défrichage de la terre végétale, le triage des végétaux par grappin, le transfert par camion vers des zones de stockage (ou sur des zones de revégétalisation pour être étalée).

Une liste des besoins en équipements (camions, excavatrice, bulldozer) et du personnel sous traitants doit être faite au début de chaque campagne de défrichage et transmise au Service Logistique par le Département Mine pour une diffusion sur la commune de Yaté afin d'intégrer les entreprises locales (GDPL Nue Mwadré; SAS Goro Mine).

Un schéma de coordination est présenté dans le tableau page suivante.

Activité	Durée						
		Permit/DIMENC	Ingénierie	Pépinière	GDPL	Mine	Sous-traitants
Plan des travaux	Durée Operation		x				
Inventaire floristique de l'emprise du zone a defricher	Durée Operation			x			
Localisation & balisage des espèces rares	1 journée			x			
Visite du site des travaux et defrichage	1 journée	x					
Transplantation des especes rares	1 Journee			x			
Balisage du périmètre des travaux	1 journee		x				
Localisation des zones de défrichage forestière	1 journee			x			
Visite de la zone de défrichage	1 journee			x	x	x	
Supervision - assistance technique coupe	Durée Operation			x			
Coupe des arbres >20cm de diamètre a 10cm du sol	Durée Operation				x		
Coupe des arbres <20cm de diamètre a 10cm du sol	Durée Operation				x		
Rassemblement des bois pour les tribus a l'extérieur du zone défriché	Durée Operation				x		
Nettoyage des végétaux par bush rake	Durée Operation					x	
Rassemblement des stockes de végétaux	Durée Operation					x	
Transfert au camion par grappin	Durée Operation					x	?
Roulage par camion	Durée Operation					x	?
Broyage & stockage	Durée Operation			x			
Localisation des zones de terre végétale	1 Journee			x		x	
Organisation logistique du transfert & transport de la terre vegetale	Durée Operation					x	
Visite des zones de terre végétale, zone de stockage & étallage	1 Journee			x		x	x
Défrichage terre végétale par bulldozer	Durée Operation					x	
Triage des bois dans terre végétale	Durée Operation						x
Transfert terre végétale au camion par excavatrice	Durée Operation					x	
Roulage par camion au zone de stockage ou réutilisation	Durée Operation						x
Étalage par bulldozer sur lieu a revégétaliser	Durée Operation			x		x	x

Coordination logistique des travaux de défrichage de la végétation et de la terre végétale

7.11 Technique de défrichage de la terre végétale

Les zones qui doivent être défrichées pour la construction et l'exploitation de la mine contiennent des volumes importants de terre et de cuirasse de fer. Dans la mesure du possible, cette terre végétale doit être défrichée jusqu'à une profondeur de 200-300mm (double grattage) avec un râteau végétal « bush rake » fixé sur un bulldozer (sur les zones de plateau). Le sol de surface doit être trié des végétaux, avec une excavatrice équipée d'un grappin forestier, et ensuite criblé pour séparer la terre des rochers, du terreau et des végétaux. La végétation triée par grappin est ensuite broyée en copeaux et stockée pour des opérations de revégétalisation.

Les zones de pentes des versants des bassins sont des zones où la technique de défrichage par bulldozer muni d'un « bush rake » est difficilement praticable. Ces zones de pentes feront l'objet d'un « layonnage » de la végétation pour récupérer le maximum de biomasse végétale après broyage. La terre végétale des pentes sera criblée pour séparer la cuirasse de la terre végétale.

Plusieurs types d'équipement de chantier minier et d'exploitation forestière sont utilisés lors du défrichage, du triage de la terre végétale et de la végétation de la cuirasse et enfin, lors du stockage, pendant la durée de l'exploitation de la mine.

Le râteau à végétation "bush rake"

Le râteau à végétation ou « bush rake » est conçu pour être fixé sur un bulldozer pour défricher la végétation en conservant le sol. Il consiste en une série de barres verticales en métal remplaçant la lame du bulldozer (voir photo page suivante).

Un râteau à végétation fixé sur un bulldozer a été utilisé sur diverses opérations de défrichage à l'exercice minier de Goro Nickel, depuis fin 2004. Cet outil s'avère efficace sur du maquis arbustif sur des zones plates du plateau. Cependant, son efficacité est médiocre sur les pentes car les blocs de cuirasse s'accrochent dans les dents du « bush rake », créant un mélange de végétation et de cuirasse composé plutôt de blocs. Les tests de « bush rake » en maquis para forestier montrent que l'outil récupère la litière et la végétation. Toutefois, un mélange de cuirasse et de végétation est créé par le passage de l'engin. Des modifications structurelles sur le « bush rake » devraient réduire l'incidence de récupération de blocs. Cet outil est utilisé dans nombreux pays, en conjonction avec une excavatrice équipée d'un grappin forestier dans des zones rocheuses, pour trier les tas créés par le « bush rake ». Cette technique de défrichage sera appliquée dans les opérations de :

- Défrichage du maquis arbustif sur des zones plates.
- Défrichage des sous bois et litières végétales après le débroussaillage et récupération de bois dans les maquis para forestier.



Une opération d'épandage de la terre végétale faite avec le "bush rake"

Le débroussaillage manuel ou mécanique

Le layonnage, ou débroussaillage manuel avec des couteaux de défrichage et des tronçonneuses, est fait systématiquement sur les opérations d'exploration géologique de Goro Nickel depuis 1996. Cette technique a été choisie pour réduire l'impact des routes d'exploration sur l'environnement. Plus récemment, les opérations de layonnage des routes d'exploration pour le développement minier de pré production en 2002, ainsi que le défrichage par layonnage des formations forestières de l'exercice minier en 2003 a permis une bonne récupération de la végétation. Cette végétation a été ensuite transférée et broyée directement par le broyeur Vermeer, mis en service en 2001. Les copeaux produits à partir de la végétation des routes d'exploration ainsi que de l'exercice minier ont été utilisés dans des opérations de revégétalisation en 2003 et 2005.

La technique de débroussaillage manuel a été appliquée sur les pentes de l'exercice minier avec succès. Cependant, les opérations de ramassage de végétation sont lentes, compte tenu du terrain accidenté et de la présence de nombreuses tiges de souches coupées rendant ainsi l'accès au ramassage difficile. Cette technique de défrichage sera appliquée dans les opérations suivantes:

- Les routes d'exploration pour la définition de la ressource minéralogique
- Les zones de maquis paraforestier et de forêt >6m de hauteur, afin de récupérer les arbres pour le broyage ou pour les besoins en bois des tribus avoisinantes.
- Sur les zones accidentées de pente inaccessible pour une utilisation du « bush rake ».



(a) Layonnage manuel de l'exercice minier par le GDPL, ainsi que (b) transfert des végétaux par camionnette 4x4. (c) Campagne de broyage des layons du "First Ore" en 2002. (d) Campagne de broyage des végétaux de l'exercice minier en 2004. (e) Débroussaillage des végétaux avec une débroussailleuse à moteur thermique ou (f) avec une lame forestière.

Consignes de débroussaillage

Le périmètre de la zone doit être balisé par le service d'ingénierie afin de délimiter la zone de défrichage et travaux de terrassement.

Une visite du terrain est faite sur la zone de défrichage avec les sous traitants (GDPL) une semaine avant l'opération pour connaître le terrain, la végétation et outils nécessaire pour le débroussaillage (tronçonneuses, couteaux de défrichage, débroussailleuses).

Des zones de stockage de bois pour les tribus ainsi que des zones pour la végétation broyée (route d'exploration, zone dénudée, plate-forme) sont aussi visitées afin de planifier les opérations.

Les sous-traitants de débroussaillage se réunissent chaque matin avec un membre du personnel de Goro Nickel, chargé de la supervision du débroussaillage, pour planifier les activités de la journée, déterminer des éventuelles difficultés, vérifier l'état de l'équipement de débroussaillage et s'assurer que les sous-traitants possèdent des tenues de sécurité pour l'opération (lunettes, gants, jambières, chaussures de sécurité).

Le débroussaillage vise premièrement à couper les petits arbustes et à les placer en tas sur une zone déjà défrichée afin de dégager la surface pour l'abattage des gros arbres.

Les grands arbres (>20cm de diamètre) sont ensuite abattus par tronçonneuse et coupés en plus petits segments pour permettre leur transfert en tant que bois pour les tribus ou en tant que matériel à broyer pour être réutilisé lors de la revégétalisation.

Une visite du site défriché est organisée entre les sous-traitants, le superviseur du défrichage et le superviseur Mine une fois l'opération de défrichage terminée, afin de calculer les volumes de matière végétale et de déterminer les moyens de ramassage (« bush rake, grappin ») et de transport des bois et de toutes les matières végétales.

Le défrichage de la terre végétale par « bush rake » est effectué une fois que les tas de matière végétale ainsi que bois ont été transférés sur les zones de stockage.

Consignes de défrichage de la terre végétale

Une visite du terrain défriché est effectuée par le superviseur du défrichage, le technicien en revégétalisation, le superviseur de la Mine ainsi que l'opérateur du « bush rake » pour déterminer les zones contenant des quantités de terre végétale et localiser les zones de construction des sillons faites par le défrichage avec le « bush rake ».

Une deuxième visite est faite sur les lieux du stockage ou de réutilisation de la terre végétale par l'opérateur du camion, le technicien de revégétalisation et le superviseur de la mine afin de planifier les dépôts et de **placer la terre végétale en sillons de façon à ce que les stocks soient dans des conditions optimales pour leur conservation ou leur réutilisation.**

Un défrichage des poches de terres végétales par « bush rake » sur les zones plates vise à créer des sillons de matière organique, d'une hauteur maximum de 3 mètres et pour une largeur de 3 mètres, ceci afin de faciliter le triage de la végétation arbustive des blocs de cuirasse par grappin et d'aider au transport de la terre végétale.

Un défrichage par « bush rake » des zones de pentes vise à construire des sillons de matière organique perpendiculaires à la pente pour contrôler et maintenir les latérites fines sur la pente (c'est à dire réduire l'érosion en utilisant les sillons comme barrière à sédiments).

Les sillons devraient être construits par le « bush rake » à proximité d'un endroit accessible pour leur triage et transfert par camion.

Le décapage de la latérite de recouvrement ne peut se faire qu'une fois les sillons de terres végétales triés et transférés vers des zones de stockage ou de revégétalisation.

7.12 Technique de réutilisation de la terre végétale

7.12.1 Technique de transfert direct

La technique de transfert direct consiste à étaler la terre végétale sur une zone à revégétaliser **immédiatement après son défrichage**. Les opérations de transfert direct sont à réaliser de préférence de **mars à mai pour s'assurer que les espèces fruitières soient bien présentes dans la banque de graines pendant la saison humide (décembre-mars), et que la banque de graines dispose de conditions climatiques idéales à la germination.**

Inconvénients

Les surfaces à revégétaliser sont souvent loin du défrichage ; il y a donc un coût important pour une opération de transfert de terre végétale.

Un coût supplémentaire si le transfert nécessite plus d'engins (engins de défrichage, transfert et étalage).

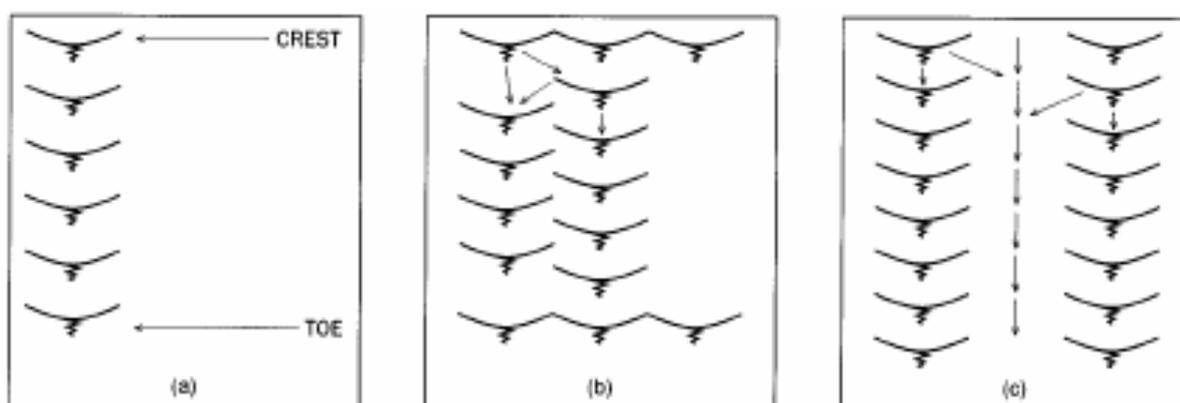
Avantages

Meilleur rétablissement à partir de la banque de graines.

Moins de coût dans le long terme pour la remise en état d'un site avec terre végétale pour une opération de revégétalisation.

7.12.2 Stockage de la terre végétale

La technique de stockage de terre végétale a pour objectif de maximiser l'activité biologique de la terre végétale pendant **son stockage**. Les travaux de stockage ont pour but de placer la terre végétale en rangées < 2 mètres de hauteur, sur des aires établies dans des zones n'ayant aucune espèce rare, peu de reliefs et destinées au décapage de la mine. Les rangées de terre végétale doivent être placées perpendiculaires à la pente pour pouvoir retenir les sédiments.



Les techniques de stockage en sillons montrent a) le pied (Toe) et la crête (Crest) ; b) la configuration correcte des sillons pour réduire l'érosion en utilisant le dernier sillon comme barrière à sédiments ; et c) la configuration incorrecte des sillons montrant la direction de l'érosion

La hauteur des rangées ou sillons est fixée à 2 mètres pour permettre une meilleure aération de la terre végétale et le maintien de son activité biologique en profondeur. Les sillons serontensemencés à la saison des pluies avec des graines des espèces pionnières arbustives de maquis miniers (*Gymnostoma deplancheanum*, *Alphitonia neocaledonica*, *Dodonaea viscosa*, *Hibbertia lucens*) pour permettre la survie des mycorhizes et bactéries symbiotiques des racines.

Les opérations de nettoyage des zones minières impliquant le stockage de la terre végétale sont à réaliser de juin à novembre, les activités biologiques du sol étant moindres à cette époque (conditions climatiques plus froides et plus sèches). Pour permettre la survie de ses activités biologiques, il est préférable de réduire au maximum la durée de stockage de la terre végétale.

Inconvénients

Nécessite le défrichage d'une zone de végétation pour construire une aire de stockage avec les coûts de construction associés.

Stockage sur une zone dénudée à distance avec les coûts de transport associés.

La terre végétale doit être replacée sur une zone à revégétaliser avec des engins.

Réduction importante dans la viabilité de la banque de graines.

Réduction importante dans l'activité biologique en profondeur.

Des problèmes d'anaérobie des matières organiques en profondeur lorsque la terre végétale commence à se décomposer.

Avantages

La terre végétale est conservée pour être utilisée en revégétalisation

Nécessite moins de travaux d'engins car il y a juste l'étape de stockage, donc moins de coût (à court terme).

8. PLAN DE REUTILISATION DE LA TERRE VEGETALE PENDANT LA PHASE DE CONSTRUCTION

8.1 Aires des travaux de construction de l'usine et bassin de stockage des résidus sur la Kwé Ouest

Un plan de réutilisation de la terre végétale a été établi par Goro Nickel/GCT lors du démarrage de la deuxième phase de construction en 2005. Ce plan vise les zones qui seront défrichées pour terminer les travaux de construction de l'usine, telles que l'aire d'entreposage du Col de l'Antenne, l'aire des travaux pour la construction de la berme de stockage de résidus et le centre de maintenance de la berme.

Cartographie des stocks de terre végétale : cf. carte à l'annexe 10

8.2 Utilisation de la terre végétale des aires d'entreposage et stockage

8.2.1 Aire d'entreposage du Col de l'Antenne

La surface de l'aire d'entreposage de matériel au-dessus du col de l'Antenne (environ 35 hectares) est composée de sol ferrallitique érodé (40 %) et de sol ferrallitique cuirassé (60 %). Le sol érodé contient un horizon superficiel de « top soil » d'une épaisseur de 10-30cm qui est moins rocheux et avec un meilleur pouvoir germinatif compte tenu du recouvrement important du maquis minier. Le sol cuirassé contient un horizon superficiel de « top soil » très hétérogène (< 5cm de profondeur) et généralement interrompu par des blocs de cuirasse. Cependant, les estimations (Tableaux 5) montrent que les zones paraforestières possèdent une couche de litière végétale importante.

Le décapage du « top soil » sur l'aire d'entreposage a pour objectif de permettre leur réutilisation simultanée sur deux endroits à proximité de l'usine, dont la revégétalisation est programmée en 2007 et 2008. Le « top soil » sur sol érodé à proximité de la route sera décapé sur 20 cm de profondeur et déplacé puis immédiatement étalé sur une épaisseur de 20 cm sur les pentes légères et plates-formes des trois verses à stériles contrôlées (environs 6 hectares) à l'Est de l'usine pilote. Le « top soil » sur sol cuirassé autour des dolines sera gratté en surface pour obtenir le maximum de matière organique et minimum de roche. Ce « top soil » sera stocké pendant la saison des pluies et ensuite déplacé pour être étalé sur une épaisseur de 20 cm sur les pentes de gabbro dénudé sur la route du port (environ 2 hectares) suite aux travaux des paysagistes.

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Maquis para-forestier à <i>Arillastrum</i>	2.81	422.07	1.41	25.32
Maquis para-forestier à <i>Gymnostoma</i>	12.94	1940.36	9.05	162.99
Maquis arbustif semi-ouvert a dense	14.93	209.02	4.48	26.87
Maquis ligno-herbacé sur sol hydromorphie temporaire	1.87	13.10	0.19	0.56
Mosaic maquis et hydromorphe	0.24	1.71	0.02	0.07
Total	32.80	2586.26	15.15	215.82

Estimations de biomasse végétale et rhizosphérique sur l'aire d'entreposage du col de l'Antenne.

A noter : les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

8.2.2 Aire des travaux de construction-Berme Kwé Ouest

La surface de l'aire de construction de la berme sur la Kwé Ouest (environ 19 hectares) est composée de sol ferrallitique ferritique gravillonnaire. La terre végétale des aires de travaux pour la construction de la berme a été très réduite, en activité et en qualité organique, par le passage du feu en Novembre 2004. La majorité de la zone inventoriée est recouverte d'un sol nu. Cependant la texture gravillonnaire du sol permet une bonne croissance racinaire et elle sera utilisée comme recouvrement sur les zones compactées de l'ancienne route à revégétaliser du col de l'Antenne (4 hectares) lorsque la nouvelle route sera terminée et sur les routes d'exploration géophysique du barrage de la Kwé.

La terre végétale sur l'aire de maintenance de la berme est peu utile sans criblage car elle est composée en grande partie de blocs de cuirasse et elle contient peu de matière organique. Cependant, le sol recouvert de maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie temporaire dans la vallée en aval de la plate forme de maintenance présente des bonnes propriétés physiques et chimiques pour la croissance des semis. Il sera étalé directement sur les routes d'exploration dans la vallée de la Kwé (2 hectares).

8.2.3 Aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest

Ce bassin (englobant une superficie de 221 hectares) est composé en grande partie (90 %) de maquis ligno-herbacé de pente et de piémont » avec quelques lambeaux de forêt humide et de maquis para-forestier dans les thalwegs (10 %). Ces formations végétales ont fait l'objet d'un inventaire floristique en 2004 par l'IRD.

Les estimations de biomasse végétale montrent que les lambeaux de forêts humides contiennent plus des 2/3 de la biomasse végétale pour une superficie inférieure à 5% du total. Ces formations feront l'objet d'une exploitation forestière par une entreprise forestière afin de récupérer les grumes de bois à valeur économique (Kaori, Tamanou).

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Forêt humide	11.62	3055.93	6.97	125.49
Maquis ligno-herbacé de piedmonts	8.34	58.35	2.50	15.00
Maquis ligno-herbacé de pentes	32.81	98.42	3.28	9.84
Maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie permanente	13.50	40.50	1.35	4.05
Maquis ligno-herbacé sur sol à hydromorphie temporaire	77.44	232.33	7.74	23.23
Maquis para-forestier à <i>Gymnostoma</i>	2.39	358.79	1.91	34.44
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	24.72	346.08	4.94	29.66
Mosaic maquis <i>Gymnostoma</i> & hydromorphes	6.14	42.98	1.84	5.53
Reliques forêts & maquis	19.13			
Zones dénudées, dégradées	18.95			
Zones anthropisées	6.49			
Total	221.53	4233.37	30.55	247.25

Estimations de biomasse végétale et rhizosphérique sur l'aire de stockage des résidus.

A noter que les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

Les estimations de terre végétale montrent qu'il y a environ 30 hectares de l'aire de stockage des résidus qui contiennent de la litière. Cette litière est importante dans les lambeaux de forêts humides, mais reste peu importante dans les maquis ligno-herbacés car ces formations en produisent très peu.

La terre végétale des maquis ligno-herbacés est peu profonde (<20cm) avec peu de litière végétale de surface due à un fort recouvrement de Cypéracées. Cependant, le bon rétablissement des

Cypéracées sur des zones de suivis suggère que la banque de graines de Cypéracées est importante et devrait être conservée en utilisant cette terre végétale pour des opérations de revégétalisation. La terre végétale dans les lambeaux de forêt humide contient beaucoup de matière organique qui sera défrichée et conservée au même titre que pour le maquis ligno-herbacé car elle contient sans doute une importante banque de graines. Les zones de maquis para forestier, de maquis ouvert ainsi que l'humus généré par ces formations ont été en partie détruites par le feu de Novembre 2004, créant des surfaces de sol ferrallitique cuirassé avec peu de terre végétale. La terre végétale de ces zones présente moins d'intérêt en tant que terre végétale mais sera utilisée comme recouvrement gravillonnaire, dans le cadre des contrôles d'érosion.

La terre végétale du maquis ligno-herbacé et des lambeaux de forêt humide ne sera pas utilisée directement sur l'aire de stockage des résidus, étant donné que cette structure doit recevoir les résidus industriels pendant une période de 7 ans. Cependant la terre végétale défrichée de l'aire de stockage des résidus sera stockée en périphérie de l'aire de construction de la berme (pendant un période < 2 ans) permettant ainsi la fin des travaux sur d'autres zones devant faire l'objet d'épandage de la terre végétale. Les zones qui devront recevoir de la terre végétale sont :

- 1) Aire de construction de la berme et sur verse sur la Kwé Ouest (19 hectares)
- 2) Aire d'emprunt de déblais et remblais sur la Kwé Ouest (27 hectares)
- 3) Carrière Audemard (17 hectares)

8.3 Aires des travaux de construction et développement de la mine de pré-production

8.3.1 Exercice minier

La mise en place d'un exercice minier sur le plateau de Goro en 2003 avait pour rôle de développer, examiner et déterminer la faisabilité des différentes techniques minières pour mieux maîtriser la mine dans le futur. Ce développement minier est passé par une première étape consistant à développer, examiner et déterminer les techniques de défrichage de la végétation et des terres végétales sur les pentes de l'exercice minier.

La campagne de défrichage avait pour but de layonner des formations para-forestières existant sur la verse et la fosse minière et de les transférer vers une zone de tri pour être, soit broyées en copeaux, soit récupérées en tant que bois pour des constructions légères. Cette campagne a transformé 2,77 hectares de maquis paraforestier en 300 m³ de bois de construction pour les tribus et 457 m³ de copeaux pour les opérations de revégétalisation. Cependant, l'opération de layonnage et de ramassage de bois s'est avéré longue (8 mois) car les pentes accidentées rendaient difficile la récupération de la végétation défrichée manuellement.

3000 m³ de terre végétale ont été défrichés en 2004 sur une profondeur de 30cm, sur les zones plates de maquis paraforestier et ont ensuite été transférés par camion vers une zone de stockage à proximité de la base des opérations. Cette terre végétale doit être étalée sur les banquettes de la verse à stérile de l'exercice minier dès 2006, suite à la fin des travaux sur les pentes de la verse.

8.3.2 Carrière de la Kwé Est

La carrière de péridotite recouvre une surface de 3 hectares. Elle se situe sur une terminaison de crête de péridotite détachée de la ligne de crête principale de la Kwé Est. Cette terminaison de crête se trouve en tant que versant Sud du bassin de la Kwé Est et versant Nord d'un sous bassin alimentant la Kwé Est. La voie de roulage, la verse à stérile et le décanteur se trouvent dans le sous bassin de la Kwé Est et recouvrent une surface de 1,64 hectares.

Les inventaires floristiques montrent que l'emprise de la carrière est largement composée de maquis ligno-herbacé de pente et de piémont avec des lambeaux de maquis paraforestier à *Arillastrum* sur les versants des thalwegs. Ces groupements ont subi un incendie dans les années 1980 qui a changé

leur répartition et composition floristique. L'aire de répartition des groupements de maquis ligno-herbacé a été élargie par le feu au détriment des formations forestières et rivulaires qui sont aujourd'hui très dégradées et réduites.

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Maquis para-forestier à <i>Arillastrum</i>	0.01	1.55	0.00	0.04
Maquis ligno-herbacé de piedmont	0.96	6.70	0.29	5.17
Maquis ligno-herbacé de pentes	2.06	6.17	0.41	1.23
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	1.48	20.71	0.44	2.66
	4.50	35.12	1.14	9.10

Estimations de biomasse végétale et rhizosphérique sur l'aire de la carrière de la Kwé Est..

A noter que les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

Les estimations de biomasse végétale montrent que l'emprise de la carrière ne contient que très peu de végétation par rapport à sa surface. Cette végétation a été défrichée en mars 2006 avec le bush rake, ceci après que les 20 pieds de *Serianthes petitiana* aient été enlevés par le service revégétalisation, avec une excavatrice de la mine, et tous transplantés dans des trous situés en aval, sur la Kwé principale (Cf. Annexe 1 pour la méthodologie de la transplantation).



Transplantation de *Serianthes petitiana* sur la carrière de la Kwé Est

La végétation ainsi que la terre végétale a été détruite par le passage de feu dans les années 1980. La terre végétale est quasi absente sur la carrière. Cependant le défrichage de la terre végétale sur la zone de la verse contenant du maquis ligno-herbacé a permis de récupérer environ 4000 m³ sur une

surface d'environ 1 hectare, indiquant que des couches de terre végétale, reliques des forêts avant le passage de feu, se sont accumulées dans cette zone de piedmont.

Cette terre végétale sera utilisée sur les routes et plate formes d'exploration sur la Kwé principale (Forages pour le barrage d'eau douce) ainsi que sur une ancienne carrière de route entre Goro et Port-Boisé à proximité de la Kwé principale, en 2006 après une période de stockage sur la verse à stérile de l'exercice minier.

8.3.3 Fosse minière de pré-production

L'emprise de la fosse minière de pré production englobe une surface d'environ 50,4 hectares, dont 20 hectares pour l'exercice minier. Les formations végétales ont déjà fait l'objet d'une étude floristique en 2002 par l'IRD dont le sommaire a été rendu avec la déclaration minière de mars 2005. Cette végétation a été très impactée par le quadrillage de l'exploration de la mine en 2002 (maille 25x25) et par le défrichage de l'exercice minier en 2003, créant une série de lambeaux de végétation séparés par des routes de sondages.

L'objectif du défrichage de la fosse minière de pré production est de produire de la terre végétale ainsi que des copeaux. La terre végétale sera, dans la mesure du possible, directement réutilisée sur des anciennes zones dénudées (anciennes carrières de routes). Le défrichage de la végétation aura pour but de récupérer le maximum de végétation et le minimum de cuirasse pour un broyage avec le broyeur Vermeer 2000. Ces copeaux seront utilisés pour revégétaliser divers sites en 2007.

Le plateau de la mine de pré production est dominé par des plaques de cuirasse interrompues par des poches de grenaille contenant de la terre végétale. L'estimation de la quantité de végétation et litière végétale (en tableau ci-dessous) montre qu'il y a 70 tonnes de litière végétale et environ 1250 tonnes de biomasse végétale sur la mine de pré production.

Le défrichage de la végétation et terre végétale des formations de maquis arbustifs sur les zones de plateau utilisera un bulldozer équipé d'un « bush rake ». Le défrichage des maquis para forestier se fera par abattage des grands arbres selon la procédure d'exploitation de bois utilisé pour l'exercice minier. Le bulldozer muni du « bush rake » défrichera la végétation restante pour ensuite la stocker pour être triée.

Les tas de terre végétale, cuirasse et végétation regroupés en sillons seront transférés par camions à la zone de stockage de terre végétale et de copeaux pour être triés. L'enlèvement des blocs de cuirasse et des arbres se fera avec une excavatrice équipé d'un grappin forestier. La végétation (>10cm de diamètre) sera broyée avec le broyeur Vermeer et la terre végétale sera, si possible, directement transférée par camion (<20 tonnes) sur trois zones dénudées à < 5km (voir carte) pour être étalée pour de futures opérations de réhabilitation.

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Maquis arbustif ouvert	22.81	319.33	2.28	13.69
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	1.84	25.82	0.37	2.21
Maquis para-forestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	2.85	427.64	1.43	25.66
Maquis para-forestier à <i>Arillastrum gummiferum</i>	3.19	478.10	1.59	28.69
Soi Nu	19.70			
Total	50.39	1,250.89	5.67	70.24

Estimations de biomasse végétale et de rhizosphérique sur la mine de pré-production.

A noter que les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

8.3.4 Verse à stérile latéritique et voie de roulage de la Kwé Est

La verse à stérile latéritique de la mine de pré-production se trouve dans la partie supérieure de la vallée de la Kwé Est, englobant environ 25 hectares. Cette vallée ouverte est caractérisée par du maquis ligno-herbacé de piedmont et de sol érodé, la végétation ne dépassant pas 3 m de hauteur. La litière végétale est quasi inexistante entre les Cypéracées et arbustes. Cependant, la couche supérieure du sol est riche en matière organique et moins rocheuse que le sol ferrallitique cuirassé. La banque de graines est potentiellement importante (à vérifier) compte tenu de la couverture de Cypéracées.

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Verse à stérile				
Maquis ligno-herbacé de piedmonts	16.27	113.92	4.88	29.29
Maquis ligno-herbacé de pentes	1.43	4.30	0.43	1.29
Maquis arbustif ouvert	4.25	29.72	2.97	8.91
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	0.55	7.77	1.55	9.32
Données dénudées, dégradées	2.71			
	25.22	155.70	9.84	48.82

Les estimations de biomasse végétale et de rhizosphérique sur la verse à stérile de la Kwé Est.

A noter que les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

Les estimations de biomasse végétale sur la verse à stérile montre qu'il y a très peu de biomasse par rapport à la surface de l'emprise. Ceci est dû à la composition des maquis ligno-herbacés qui sont dominés par des Cypéracées.

La végétation et la terre végétale seront défrichées sur l'emprise de la verse à stérile par « bush rake ». La végétation et la terre végétale seront rassemblées en sillons et triées avec un grappin sur excavatrice pour enlever la végétation. Cette végétation sera transférée sur la zone de stockage des végétaux pour être broyée. La terre végétale sera transférée par camion articulé ou autres camions (<20 tonnes) sur trois zones dénudées à < 5km (voir carte) pour être étalée sur des futures opérations de revégétalisation.

8.3.5 Centre industriel minier (CIM)

L'emprise du centre industriel minier regroupant les bureaux de la mine, le centre de maintenance de la mine, l'unité de préparation de minerai ainsi que le dépôt de minerai à court terme, correspond à une surface d'environ 15 hectares. Cette zone a fait l'objet d'un inventaire floristique par les botanistes de Goro Nickel, dont le rapport préliminaire concernant la CIM a été rendu en janvier 2006. La végétation est composée de 10 hectares de maquis arbustif et de 5 hectares de maquis para forestier se trouvant dans la zone du centre de maintenance et bureaux des mines. La biomasse végétale sur le CIM est assez importante (926 tonnes) par rapport à sa surface, due à la forte densité des arbres de petites tailles dans le maquis paraforestier.

La surface du centre industriel minier est composée de sol ferrallitique cuirassé (100 %). Le sol cuirassé contient un horizon superficiel de « top soil » très hétérogène et généralement interrompu par des blocs de cuirasse. Le recouvrement de la terre végétale des zones de maquis para forestier est plus important <90 % et est caractérisé par une couche de litière allant jusqu'à 20 cm d'épaisseur. La terre végétale des maquis arbustif est composée de poches de litière <5cm de profondeur interrompu par des surfaces de blocs de cuirasse exposée.

Le décapage de « top soil » sur le CIM a pour objectif d'utiliser la terre végétale sur des endroits à proximité des travaux sur la Kwé Ouest.. Un endroit potentiel serait la carrière d'Audemard, dont l'utilisation éventuelle de la terre végétale comme substrat de recouvrement permettrait de revégétaliser ce site rocheux après exploitation. Cependant, la terre végétale sera stockée en sillons (3 mètres de large sur 2 mètres de haut) après le décapage du CIM sur une plate-forme périphérique des dépôts de minerai à court terme (pour une durée < 2 ans), ceci pour permettre la fin des activités et une action paysagiste sur la carrière d'Audemard. L'activité biologique des sillons de terre végétale sera enrichie par des apports annuels de graines d'espèces pionnières comme *Alphitonia neocaledonica*, *Dodonaea viscosa*, *Grevillea exul* et *Costularia comosa*.

Groupements végétales	Biomasse végétale		Biomasse rhizosphérique	
	Végétation	Biomasse	Litière	Biomasse
	Hectares	Tonnes	Hectares	Tonnes
Centre industriel minier (CIM)				
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	10.20	142.77	3.06	18.36
Maquis paraforestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	5.23	783.90	4.70	84.66
Total	15.42	926.67	7.76	103.02
Voie de roulage entre la mine et CIM				
Maquis arbustif semi-ouvert à dense	23.13	323.85	6.94	41.64
Maquis para-forestier à <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	5.51	826.11	4.96	89.22
Maquis para-forestier à <i>Arillastrum gummiferum</i>	0.30	77.10	0.24	4.25
Total	28.64	1149.96	11.90	130.86

Estimations de biomasse végétale et de rhizosphérique sur le centre industriel minier et la voie de roulage entre la mine et le centre industriel minier.

A noter que les valeurs de biomasse sont pour la litière et non pour la terre végétale.

8.4 Bilan topsoil de l'année 2006

Origine et généralités sur les substrats

En provenance de la mine et de ses travaux annexes :

L'ouverture de différentes zones de travaux a engendré le déplacement d'une quantité importante de terre de surface ou « top soil ». Ces terres provenaient, en 2006, de zones plutôt cuirassées tels que les abords de la mine ou de matériels issus de l'érosion de sommets ou de pentes comme c'était le cas pour les zones VSKE et CPKE.

Bassin de résidus de la Kwé Ouest :

Le décapage préliminaire de la zone de la Kwé Ouest (drains et bassins) a également permis d'obtenir et d'enrichir des zones de vers de l'usine, ce substrat étant lui aussi issu d'une plaine récupérant les matériaux d'érosion de pente et sommets. Ces substrats sont souvent caractérisés par une abondance de Cypéracées (maquis ligno-herbacé).

Zones d'épilage :

La terre végétale a été acheminée vers des zones ne présentant aucune végétation ou presque. Elles correspondent à des zones anciennement décapées et dont l'érosion en continu n'a pas permis le développement de graines, mis à part quelques *Costularia* de façon éparse. Ces zones étaient donc

les cibles appropriées de part l'absence de végétation mais aussi par l'absence de relief ou presque (limitant ainsi le lessivage des nouveaux éléments apportés). Une seule zone le long de la route a nécessité la mise en place de travaux de gestion des eaux pour éviter le débordement de matériel étalé sur la CR 10.

Au total, le volume estimé s'élève à 38 885 m³ de « top soil », volumes étalés sur une surface d'environ 100 544m², certaines zones ayant été annulées ou encore réservées pour les activités 2007. Ces deux valeurs permettent de calculer : une épaisseur moyenne sur l'ensemble étalé de 39 cm d'épaisseur de terre.



Zone de la Kuébini, les Cypéracées raclées en surface provenant de la plaine de la VRSKE sont ici bien visibles.



Zone dite des « Kaoris »



Zone dite de l'aérodrome, la zone ayant reçu le « top soil » est séparée de la route CR 10 par un merlon

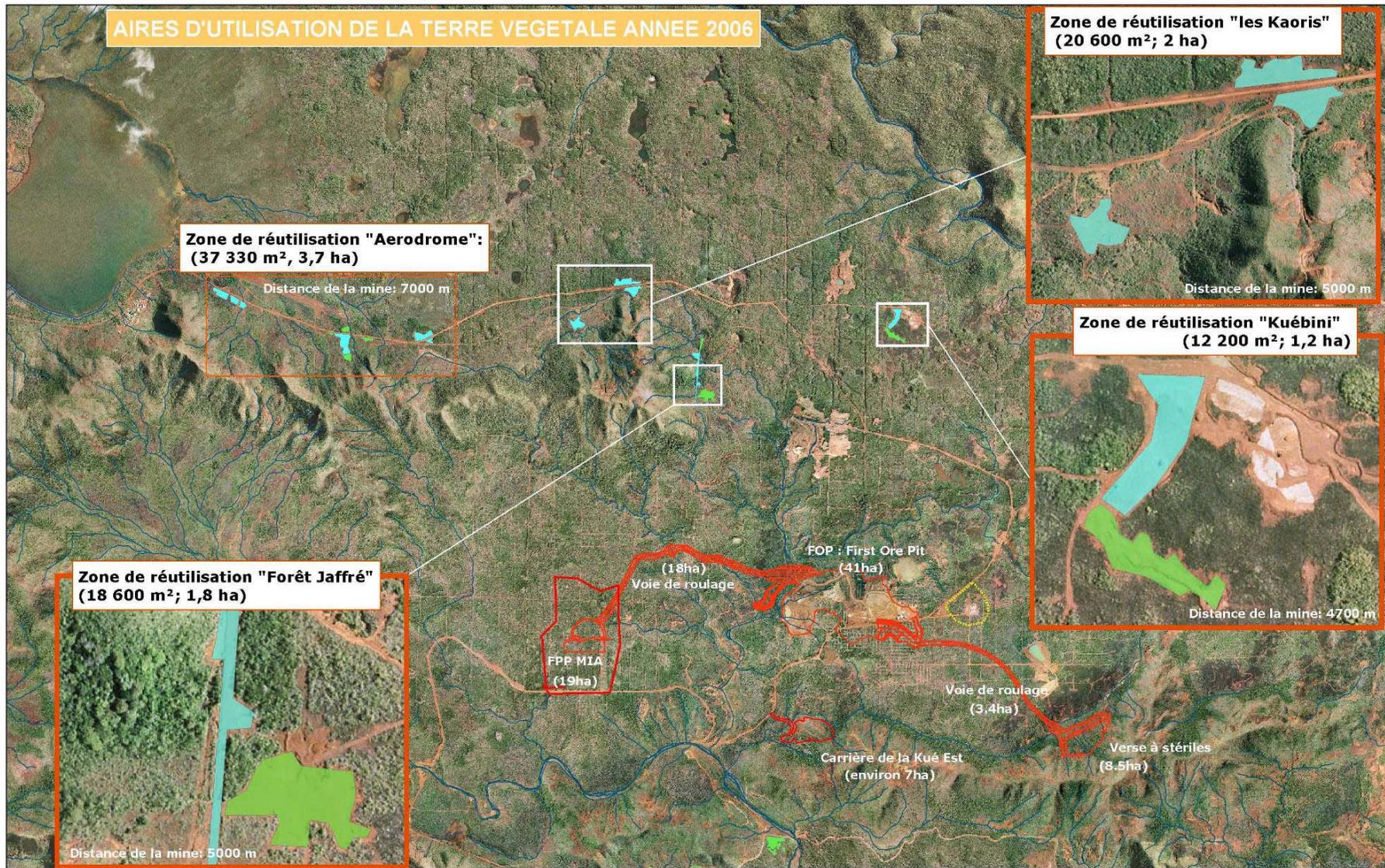


Signalisation des zones



Zone d'épandage de « top soil » sur la verse située au dessus de l'usine pilote, avant l'étalage

Toutes les zones ayant reçu du « top soil » ont été signalées par un panneau, à l'exception de la zone présente dans l'enceinte du site industriel. Une plantation de jeunes kaoris de montagne (*Agathis ovata*) aura lieu en 2007 sur la zone dite des « Kaoris » afin d'y augmenter la population déjà existante. Le « top soil » provenant de la mine a été étalé en sous-couches car il est considéré comme inerte en terme d'activité biologique, du à un temps de stockage trop long. Il a ainsi servi à faire une couche de transition entre le sol pauvre dépourvu de végétation et le « top soil » plus récent déposé par dessus.



- Zone envisagée pour le dépôt de terre végétale**
- Drainage naturel
 - Stockage triage topsoil et bois
 - Périmètres des travaux
- Travaux d'épandage de topsoil**
- A compléter (en cours)
 - A réaliser ou annulés: surface trop petite ou trop pentue
 - Terminés

0 250 500 1 000 1 500 2 000 m

Surface totale disponible pour l'épandage de terre végétale ou "topsoil": 62130 mètres carrés (6,2 ha)

IGN 72 Nouvelle-Calédonie
Projet Goro Nickel

Réalisé à Goro le 07/08/06
MIS à jour le 07/02/07
Thomas Le Borgne, Pépinière Goro Nickel

Lieu de départ et zones d'étalage de terre végétale montrant les volumes transportés

Lieu de départ	Année de décapage	Temps de stockage	Volume estimé (m ³)	Période d'étalage	Lieu de dépôt
EXERCICE MINIER	2003	36 mois	6380	juil-06	Zone Kuébini, Zone des Kaoris en "sous-couche"
CPKE	2006	1 mois	2342	juil-06	Zone Kuébini, Zone des Kaoris
VSKE	2006	Transfert direct	12180	juillet 06; août 06	Zone Kuébini, zone des kaoris, zone de l'aérodrome
VSKE	2006	Transfert direct	2776	nov-06	Zone des Kaoris
Kwé Ouest	2006	1 mois ou transfert direct	10556	sept-06	Verse Usine
VSKE	2006	Transfert direct	2490	déc-06	Zone dite "forêt Jaffré"
VSKE	2006	Transfert direct	2161	déc-06	Zone Ouest CR10 aérodrome
Total			38885		

8.5 Plan de réutilisation de la terre végétale pendant la phase d'opération

Les planifications et applications des techniques de réutilisation de la terre végétale pendant la phase d'opération de la mine de Goro Nickel seront développées après un retour d'expérience (régénération végétale, types de techniques) sur les campagnes de réutilisation pendant la phase de construction. Ce retour d'expérience comprend aussi plusieurs études à mener pendant la phase de construction, et qui sont élaborées ci-dessous.

8.5.1 Banque de graines des terres végétales latéritiques

Peu d'informations existent sur les banques de graines dans les sols latéritiques. Les retours d'expériences de Goro Nickel montrent qu'une plus forte diversité d'espèces existe dans les sols de cuirasse, mais avec moins de plantules. Les sols érodés contiennent plus de plantules avec moins espèces.

L'étude de banque de graines sera faite en serre à « Plaines des lacs ». Elle consistera à prélever la terre végétale des différents sols latéritiques (cuiressé, piedmont, érodé) sous différentes couvertures végétales (maquis arbustif, ligno-herbacé, paraforestier) en utilisant plusieurs techniques (aspiration, pelles) pour obtenir un sol de surface <5cm contenant la banque de graines. Ces trois types de sols sous trois types de végétation seront mis dans des bacs à germinations avec une réplique suffisante (120 bacs) pour faire des traitements statistiques sur la banque de graines pour obtenir des résultats sur leur taille et leur viabilité.

Cette étude en serre sera menée pendant la saison des pluies en 2007 et pendant la saison sèche en 2008 pour obtenir des informations sur les meilleures périodes de défrichage de la terre végétale.

8.5.2 Cartographie des terres végétales

Dans le cadre de la déclaration minière, il est prévu d'établir une série d'inventaires correspondant aux premiers 5, 10, 15, 20 et 25 ans de la mine avec une échéance de 3 ans. Le premier inventaire, correspondant aux cinq premières années de la mine, est planifié pour septembre 2007. Cet inventaire établi sur une maille de 10 000 m² comprendra les recensements suivants:

- Inventaire floristique
- Localisation des espèces rares
- Quantification des bois exploitables
- Recouvrement et qualité de la litière (10 parcelles de 100 m²).
- Epaisseur et composition de la terre végétale (par formation végétale).
- Recensement de la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*) selon la procédure développée par l'IRD (lire ci-dessous).

Recensement de la fourmi électrique

Appelée localement **fourmi électrique** (Figure 10), *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera : Formicidae, Roger, 1863) est présente depuis une trentaine d'années en Nouvelle-Calédonie. Originnaire d'Amérique du Sud, *W. auropunctata* connaît maintenant une dispersion mondiale, surtout dans les milieux tropicaux et insulaires (Hawaii, Vanuatu, Iles Salomon, Wallis & Futuna, les Iles Galapagos). L'expansion de cette fourmi vagabonde, appelée « little fire ant » par les Anglo-saxons, a des conséquences écologiques et humaines notables.



La fourmi électrique avec un stylo comme échelle sur la première image

Un recensement de la myrmécophage a été entrepris par le Docteur Hervé Jourdan de l'IRD sur plusieurs stations d'échantillonnage sous l'emprise de la mine en 2003 (voir carte en Annexe 9). Les résultats montrent que les zones envahies par *Wasmannia* sont dans la partie basse du bassin de la Kwé au confluent de la Kwé Est et de la Kwé Nord jusqu'aux formations paraforestières qui existaient sur l'exercice minier. Sa présence semble directement due à des introductions ponctuelles liées à l'histoire de la zone, en particulier aux défrichements de layons par des engins qui ont pu être des vecteurs de l'invasion. La dégradation des formations végétales par des feux dans les années 1980 aurait aussi permis l'expansion de cette fourmi dans les zones envahies. Les cours d'eau peuvent avoir ponctuellement permis l'extension de son aire à partir de sites contaminés, comme cela semble être le cas dans la station sur l'exercice minier.

L'échantillonnage a été entrepris par l'IRD sur des zones bien définies par leur habitat végétal, en périphérie du gisement de Goro Nickel, afin de fournir une description de la diversité de la myrmécophage par type de végétation. Cependant, l'échantillonnage n'a pas été effectué à une échelle permettant de décrire l'étendue globale de vie de la fourmi électrique. Cette opération sera établie en conjonction avec l'IRD dès le démarrage des inventaires floristiques, en commençant avec la mine de préproduction et les structures auxiliaires, ceci afin de localiser l'étendue de la présence de *Wasmannia*. **Cette cartographie évolutive sera établie par principe de précaution afin de développer des techniques de réutilisation de la terre végétale, lors des décapages, en évitant de propager *Wasmannia* sur des zones non envahies par cette fourmi.** La technique de détection est par appât sur une maille déterminée selon la surface d'échantillonnage (10m x 10m en général).

8.5.3 Techniques d'aération des sols

La croissance racinaire des plantes sur les latérites est en grande partie liée à la rhizosphère, composée de litière et de sol organique issu de la décomposition et formant une terre végétale. Cependant, les couches argileuses jouent un rôle fondamental dans l'approvisionnement des plantes en eau grâce à leur meilleure capacité de rétention en eau. Cette source d'eau devient primordiale pour les plantes pendant les périodes de sécheresse.

Des études de réutilisation de la terre végétale sur les latérites en Australie (Figure 11), en particulier sur les gisements d'alumine, ont permis de découvrir des réductions de croissance des plantes sur des zones où la terre végétale n'a pas été homogénéisée avec le sous sol par ripage. **Le ripage a permis une amélioration des capacités de rétention d'eau en surface ainsi qu'un meilleur développement racinaire en profondeur car les propriétés de porosité des sous sols sont améliorées en aération.** Ce ripage est pratiqué perpendiculairement à la pente pour permettre une meilleure infiltration verticale des eaux qui sont retenues par le substrat pour une plus longue durée de temps.

Des techniques de ripage ou de griffage avec différents outils seront testées sur des zones, après l'étalage de la terre végétale, afin d'affiner l'aération des sols. Cette étape sera primordiale, surtout quand la terre végétale sera étalée sur des substrats argileux (limonite rouge des verses à stérile, résidu industriel).



Aération par ripage du sous sol sur une mine de Bauxite de Alcoa en Australie Occidentale

8.5.4 Influence des résidus industriels sur l'activité biologique de la terre végétale

Le résidu industriel issu du procédé hydro métallurgique de Goro Nickel est un substrat similaire en granulométrie à des limonites latéritiques qui possèdent un pH neutre. Leur composition chimique est dominée par des hématites, les métaux existant dans les latérites, ainsi que du soufre et du calcium sous forme de sulfate de calcium ou Gypse. Ces deux derniers éléments existent aussi dans les latérites et ils sont essentiels pour la croissance des plantes. Toutefois, ils existent dans les sols latéritiques à des concentrations très faibles. Les plantes des latérites ont ainsi évolué par des adaptations aux carences en Ca et S.

A ce jour, les résultats des essais en vases de végétation démontrent que les plantes ne poussent pas sur les résidus, car les racines n'arrivent pas à pénétrer la couche argileuse de cette structure. Cependant les plantes peuvent pousser dans un mélange de gravier de latérite (60 %) et de résidus (40 %). Les cellules de résidus sont prévues pour être revégétalisées, suite à une opération d'étalage d'une couche de limonite et un recouvrement de terre végétale pour reconstituer un profil édaphique. Cependant, les variations de la nappe phréatique pourraient augmenter les teneurs en S et Ca de la terre végétale et ainsi influencer sa composition microbienne. Une étude microbiologique sera menée en 2008 par l'Université de la Nouvelle-Calédonie pour examiner l'effet du résidu sur la microfaune et la flore de la terre végétale latéritique.

8.5.5 Techniques de gestion de la terre végétale

Le sol superficiel du plateau de Goro est largement composé de blocs et d'agrégats de cuirasse contenant une terre végétale très dispersée. La récupération de cette terre végétale va nécessiter un criblage afin de réduire le volume de matériel à transporter et à étaler sur les zones à revégétaliser. Plusieurs techniques mécanisées de criblage (Figure 12) existent et seront testées pendant l'ouverture de la mine afin de réduire les quantités de roches dans la terre végétale et pour conserver la partie biologique de la terre végétale.



La remise de la terre végétale sur la tranchée du tuyau d'eau de Goro Nickel par un cribleur vibrant sur chenille

8.5.6 Planification des défrichages et stockage de la terre végétale

Le climat de la Nouvelle-Calédonie est caractérisé par une saison des pluies entre décembre et avril et une période sèche entre mai et novembre. Ces différences climatiques ont une influence sur la productivité végétale en fruits, sur l'activité biologique des sols ainsi que sur les déroulements des activités de défrichage et de stockage. L'activité biologique est maximale pendant la saison des pluies au niveau de la production de graines. Les sols sont en général saturés en eau pendant cette période favorisant l'activité biologique de la rhizosphère (développement des germes, bactéries, germination des graines). La saison sèche correspond avec une diminution des températures et une réduction graduelle de la pluviométrie qui se traduit par une réduction de l'activité biologique au niveau de la production des graines et de la rhizosphère.

Des opérations de défrichage pendant l'exploitation de la mine doivent s'orienter, si possible, vers une planification du déroulement du défrichage qui prend en compte les variations biologiques (donc climatiques).

Ainsi, **des défrichages de la végétation à la fin de la saison des pluies pourraient maximiser la quantité de semences** dans les stocks de végétation sous forme de copeaux. Le défrichage de la terre végétale (en vue d'une réutilisation directe) pourrait aussi se faire en saison des pluies pour bénéficier des conditions climatiques qui favoriseraient la germination des banques des graines et l'activité biologique. Le défrichage de la terre végétale (en vue d'un stockage ou d'une réutilisation programmée pour la saison des pluies suivantes) pourrait se programmer pour la période sèche quand l'activité biologique de la rhizosphère est minimale et les sols de surface sont suffisamment secs pour être défrichés et stockés.

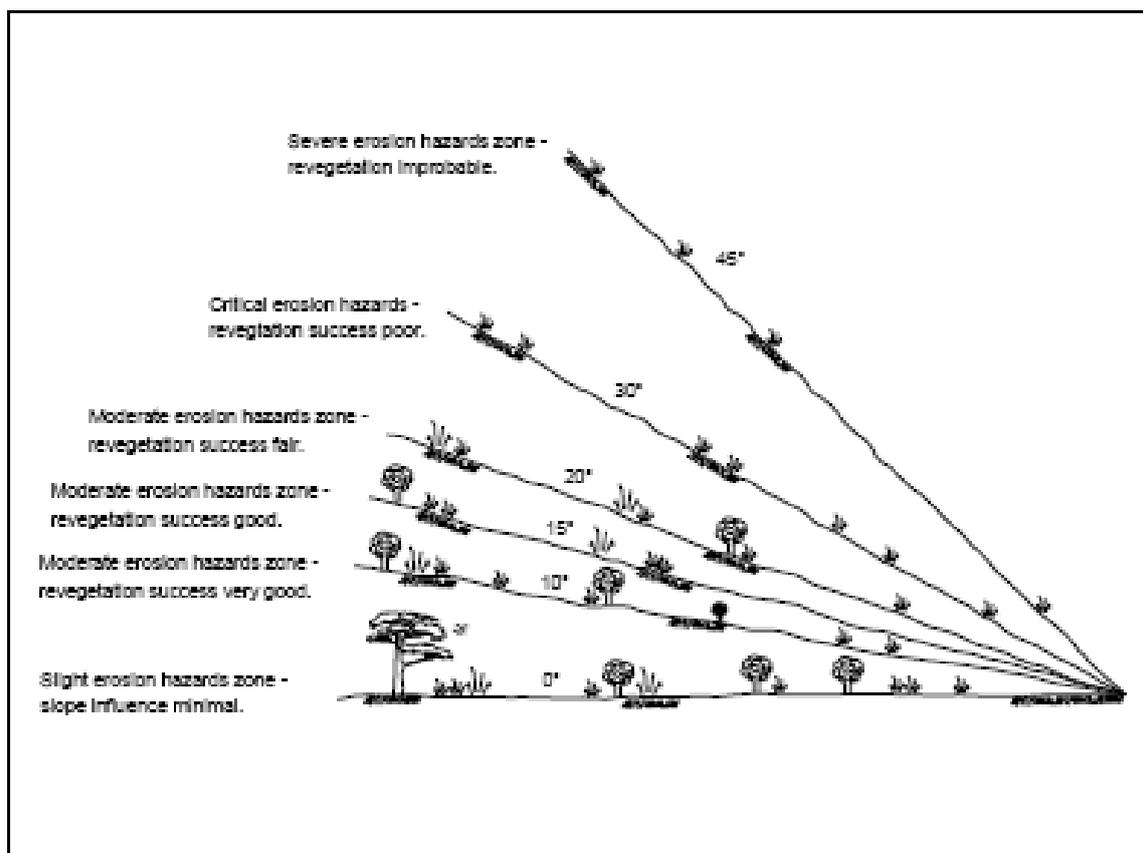
8.5.7 Planification des études à mener

Études à mener	2007				2008				2009				2010				2011			
	Q1	Q2	Q3	Q4																
<u>La banque des graines dans la terre végétale</u>																				
Saison des pluies																				
Saison sec																				
<u>Cartographie de la terre végétale</u>																				
5 ans																				
10 ans																				
15 ans																				
20 ans																				
25 ans																				
<u>Recensement de la fourmi électrique</u>																				
Mine de pré-production																				
Procédure de gestion pour les 25 ans																				
<u>L'influence du résidu sur l'activité biologique</u>																				
Étude micro biologique																				
Étude en vase de végétation																				
Étude sur champ																				
<u>Technique de gestion de la terre végétale</u>																				
Transfert direct																				
Criblage																				
<u>Planification des défrichages</u>																				

9. PREPARATION DES TERRAINS A REVEGETALISER

L'objectif d'une opération de revégétalisation est de réduire l'érosion en installant une couverture végétale protégeant le sol des conditions climatiques. Le succès de cette revégétalisation va dépendre du climat, des conditions chimiques du sol, de la stabilité du sol selon la pente (structure) ainsi que de l'adaptabilité des plantes aux conditions des sols et climats.

Le contrôle de l'érosion dépend de deux facteurs: l'**angle** de la pente et la **longueur de la pente**. Des longues pentes génèrent des conditions accélérées d'érosion par l'eau de ruissellement. En même temps, des surfaces trop pentues génèrent des conditions difficiles d'enracinement de la végétation. Les sols sont en général compactés par la construction des pentes plus abruptes et ne contiennent pas de la terre végétale en surface. En Nouvelle-Calédonie, les expériences de SLN (Pelletier & Esterle, 1995) montrent que des verses à stérile avec des enrochements externes sont plus stables. Les pentes des verses dépassent rarement 27° et la hauteur des banquetts compactés est en général entre 5 et 7m. En absence de roche, les mines d'Australie Occidentale préconisent des pentes inférieures à 20° pour assurer la stabilité contre l'érosion et un bon développement végétal (Department of Minerals & Energy, 1996). Cependant, pour atteindre des pentes de 20° à 27°, il faut prévoir d'étendre la surface pour la construction de la verse afin d'atteindre le volume désiré. Pour cela, la construction des pentes des verses des routes et des digues doit être intégrée dès le départ dans l'étude d'ingénierie de conception.



L'influence de la pente sur l'érosion et le succès de la revégétalisation (DME, 1996)

La préparation du lit de germination des zones du plateau de Goro à revégétaliser suivra différentes étapes de préparation des couches, des pentes et des stockages des résidus avant le programme d'ensemencement direct. La section suivante décrit la préparation des lits de germination pour les plates-formes de remblais des stériles de latérite, le déblaiement des routes, les bas côtés des routes non consolidés et les zones autour des bâtiments, résidus miniers et les aires de stockage.

Les protocoles ci-dessous seront testés pour validation avec le développement minier. Des modifications seront proposées suite à la réussite des tests de revégétalisation (stabilité du sol, recouvrement végétal, coût du terrassement).

9.1 Verses à stérile

Sur les surfaces plates des verses à stérile, la préparation du lit de germination doit suivre la méthode suivante :

La base de la plate-forme est remplie progressivement avec un substrat fin (argile) puis avec des couches de remblai compactées jusqu'à obtention de la forme requise.

Des matériaux de recouvrement plus adaptés contenant >20% de gravier sont utilisés pour l'aménagement en les plaçant progressivement en surface tout en compactant les stériles.

La terre végétale en provenance des stocks ou des terrains en phase de nettoyage doit être étalée en une couche d'une épaisseur de 100 à 300mm.

Des griffages profonds doivent être effectués sur les verses à stérile afin de rétablir des conditions hydrologiques de sol acceptables entre la terre végétale et le sous sol.

Si possible, de la roche de cuirasse de fer (<50cm) sera épanchée sur la terre végétale pour recréer une surface hétérogène contenant différents micro habitats servant à protéger les plants des conditions extrêmes.

Les graines doivent être semées juste avant ou pendant le début de pluies durables.

Un engrais à action lente et non organique devra être ajouté aux graines avant l'ensemencement.

Les semis, manuels ou automatiques, doivent être réalisés avant le durcissement du sol.

Des copeaux organiques broyés peuvent être répandus dans les zones ayant des pentes <10° où la topographie environnante constitue un écran au vent. Ces copeaux peuvent atteindre une épaisseur maximum de 100mm.

Le sol ne doit pas être perturbé une fois que les graines ont commencé à germer.

Les plants en tube qui servent à augmenter la densité de la végétation, si désiré, doivent être plantés avant la dispersion des graines.

9.2 Pentes en déblai

La préparation du lit de germination des pentes ou des canaux variera en fonction des angles. Ceci est présenté ci-dessous :

Pentes escarpées > 30° < 60°

Les opérations de revégétalisation des fortes pentes sont en général coûteuses car l'accès sur la pente, pour appliquer les techniques classiques de plantation, est difficile et très technique. Pour cela l'ensemencement hydraulique des graines est souvent utilisé comme solution. Cependant l'utilisation

de cette technique avec du maquis minier n'est pas encore au point et nécessite donc des recherches complémentaires (lire chapitre 6). Dans la mesure du possible, les pentes au-dessus des routes devraient avoir un accès (temporaire) pour véhicules et une tranchée de 50 cm de profondeur creusée le long de la crête pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Si la hauteur excède 6 mètres, les pentes doivent être terrassées pour chaque augmentation de 6m.

Des tranchées de drainage recouvertes de roches doivent être mises en place dans les zones de pentes où la partie supérieure se déverse dans une dépression.

La partie supérieure de la pente doit être nivelée, à une profondeur de 1 à 5 cm, perpendiculairement à la pente, pour éliminer les cailloux et donner une bonne base pour la projection des graines

Des plates-formes de 50 cm de large et espacées de 2 m doivent être construites ou nivelées perpendiculairement à la pente dans les zones où les pentes sont caillouteuses et nécessitent des plants en tubes (plates-formes pour du personnel portant des harnais de sécurité accrochés au sommet de la pente)

Les graines doivent être semées dans des sillons (10 à 50mm de profondeur) perpendiculaires à la pente.

L'espace entre les sillons dépendra de la longueur de la pente, son escarpement et son substrat.

Dans les zones où des techniques de plantation directes et de dispersion de graines sont envisagées, l'espace entre les lits de germination et les plants doit être d'au moins 1,5 m

De la toile de jute doit recouvrir les plants et les graines de dispersion.

Alternativement, les techniques d'ensemencement hydraulique peuvent être utilisées pour revégétaliser les pentes.

Pentes modérées >10°<30°

Dans la mesure du possible, les pentes au-dessus des routes devraient avoir un accès pour véhicules (temporaire) et une tranchée de 50 cm de profondeur creusée le long de la crête pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Si la hauteur excède 6m les pentes doivent être terrassées pour chaque augmentation de 6m.

Des tranchées de drainage recouvertes de roches doivent être mises en place dans les zones de pentes où la partie supérieure se déverse dans une dépression.

Où cela est applicable, le profilage peut être fait au bulldozer, parallèlement à la pente, de façon à produire des dénivellations (pendant la période sèche)

La terre végétale et/ou les matériaux broyés peuvent être mis en place si la coupe est située en contrebas de la route sur une épaisseur de 50 à 100mm avec un bulldozer.

Dans les zones où des techniques de plantation directes et de dispersion de graines sont envisagées, l'espace entre les lits de germination et les plants doivent être d'au moins 1,5 m

De la toile de jute doit recouvrir les plants et les graines de dispersion.

Les techniques d'ensemencement hydraulique peuvent être utilisées pour revégétaliser les pentes.

Pentes douces < 10°

Dans la mesure du possible, les pentes au-dessus des routes devront avoir un accès pour véhicules (temporaire) et une tranchée de 50cm de profondeur creusée le long de la crête pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Des tranchées de drainage recouvertes de roches doivent être mises en place dans les zones de pentes où la partie supérieure se déverse dans une dépression

La terre végétale et/ou les matériaux broyés peuvent être mis en place si la coupe est située en contrebas de la route sur une épaisseur de 50 à 100mm avec un bulldozer.

Le décapage de surface perpendiculaire à la pente peut être fait en utilisant un bulldozer tout en étalant de la terre végétale et/ou des matériaux broyés (pendant la saison sèche).

Dans les zones où des techniques de plantation directes et de dispersion de graines sont envisagées, l'espace entre les lits de germination et les plants doivent être d'au moins 1,5 m

De la toile de jute doit recouvrir les plants et les graines de dispersion.

Alternativement, les techniques d'ensemencement hydraulique peuvent être utilisées pour revégétaliser les pentes.

9.3 Pentes en remblai non consolidé

Dans la mesure du possible, les pentes au-dessus des routes devront avoir un accès pour véhicules (temporaire) et une tranchée de 50cm de profondeur creusée le long de la crête pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Les pentes en remblai non consolidé adjacent ou sous-jacent à la route ne doivent pas excéder 30°.

Des tranchées de drainage recouvertes de roches doivent être mises en place dans les zones de pentes où la partie supérieure se déverse dans une dépression.

Le compactage de surface peut être fait par bulldozer parallèlement à la pente (pendant la saison sèche).

La terre végétale et/ou les matériaux broyés peuvent être mis en place en contrebas ou au-dessus de la route sur une épaisseur de 50 à 100mm avec un bulldozer.

Le décapage de surface perpendiculaire à la pente peut être fait en utilisant un bulldozer tout en étalant de la terre végétale et/ou des matériaux broyés (pendant la saison sèche).

Dans les zones où des techniques de plantation directes et de dispersion de graines sont envisagées, l'espace entre les lits de germination et les plants doit être d'au moins 1,5 m.

De la toile de jute doit recouvrir les plants et les graines de dispersion.

Alternativement, les techniques d'ensemencement hydraulique peuvent être utilisées pour revégétaliser les pentes.

10. PROGRAMME DE REVEGETALISATION

Les opérations de revégétalisation se concentreront sur l'ensemencement des graines par dispersion et la plantation de tubes pendant la période de croissance de janvier à avril. La période de plantation est cruciale pour assurer une humidité optimale de façon à ce que le transfert des plants ne subisse aucun choc et qu'il y ait une bonne germination des graines. Connaissant ces points, le terrassement associé à la création et à la préparation des surfaces de revégétalisation doit être complété au mois de décembre de l'année précédente. Les plants peuvent être plantés d'avril à juin sans la nécessité d'un arrosage fréquent pour réduire le taux de mortalité.

Les zones à revégétaliser suite au terrassement pour la construction du projet sont présentées en ordre chronologique.

10.1 Les routes d'exploration de la Kwé principale

Des routes d'exploration pour une campagne géotechnique ont été établies dans le Kwé principale en 2001, afin d'étudier la faisabilité de la construction d'un barrage d'eau douce pour alimenter le projet en eau. 1,2 hectares de pistes ainsi qu'une verse de contrôle de 0,7 hectares ont été créés par ces opérations. La verse contrôlée, ainsi que 3000m² de route d'exploration, ont reçu une épaisseur de 30cm de terre végétale en provenance de l'aire de maintenance de la berme, défrichée en 2005. Cette zone a été revégétalisée en mars 2006. La composition floristique des plantations est en annexe 5. Les routes d'exploration feront l'objet d'une dernière revégétalisation en 2008 afin de terminer avec environ 1 hectare de surface en plantation.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2008 (janvier à mars). Ainsi, elle nécessite du terrassement en période sèche afin de reprofiler correctement les pentes et d'étaler la terre végétale en provenance des travaux de la Kwé Ouest. Un passage d'eau (buse 450mm diamètre) devrait être construit afin d'accéder aux pentes sur le versant Sud de la Kwé principale.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : plants en tube, ensemencement hydraulique et par dispersion.
Matériel de stabilisation : toile de jute et Enkamat sur les pentes
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an.
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : Gymnostoma, Codia, Storthocalyx, Storckiella (10 %)
Arbustes : Alphitonia, Pancheria, Myodocarpus, Eugenia, Stenocarpus, Austrobuxus, Longetia (30 %)
Cyperaceae : Costularia, Baumea, Gahnia, Lepidosperma (60 %)

10.2 La route du ferry

La route de ferry a été créée en 2005 sur une ancienne piste menant à un ancien wharf de chargement de minerai dans la Baie Nord de Prony. La route ainsi que le plan de gestion des eaux ont été entièrement refaits en 2005-2006. La surface à revégétaliser regroupe plusieurs pentes et plates-formes totalisant 1,2 hectare. Environ 0,5 hectare de pente a été revégétalisé en mai 2006 avec une combinaison de plantations et d'ensemencement de graines de maquis minier par dispersion. Le restant de la surface (0,7 hectare) ayant fait l'objet de travaux pour la construction de la route fera l'objet d'une revégétalisation en Mars 2007.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
 Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2008 (mars) et elle nécessite du terrassement en période sèche afin de bien reprofiler les pentes.
- *Type de revégétalisation*
 Type de plantation : plants en tube, ensemencement hydraulique et par dispersion.
 Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
 Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an.
- *Composition des espèces*
 Provenance : Plateau de Goro
 Arbres : *Gymnostoma, Codia, etc.* (10 %)
 Arbustes : *Alphitonia, Grevillea, Myodocarpus, Eugenia, Melaleuca, Xanthostemon* (30%)
 Cyperaceae : *Costularia, Baumea, Gahnia, Lepidosperma* (60 %)

10.3 Pentes de la route du site industriel (usine-port)

Cette zone est située au Sud-ouest de l'usine sur des pentes de gabbros altérés qui seront difficiles à revégétaliser (manque de terre organique). La plantation de plantes en tubes peut être envisagée si l'ensemencement hydraulique échoue. La zone à revégétaliser représente 4,8 hectares. 2 hectares de pentes seront utilisés pour des parcelles de tests l'ensemencement hydraulique en avril 2007. Les 2,8 hectares restants seront revégétalisés en 2008.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
 Cette zone sera revégétalisée pendant la saison humide en 2007 (avril). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente et la mise en place d'une couche de 20cm de terre végétale en provenance des défrichages de l'aire de stockage de résidus de la Kwé Ouest. Les pentes les plus longues devront peut-être recevoir des tranchées de drainage recouvertes de roches ou de treillis lorsque les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes.
- *Type de revégétalisation*
 Type de plantation : Ensemencement hydraulique des pentes
 Matériaux de stabilisation : Colle organique (Taccifier), copeaux, toile de jute.
 Type d'engrais : NPK à action lente avec suivi d'un an
- *Composition des espèces*
 Provenance : Gabbro pour les espèces de maquis minier
 Nouvelle-Calédonie pour les légumineuses arbustives
 Arbres : *Gymnostoma, Dacrydium, Codia, Syzygium, Arillastrum* (10 %)
 Arbustes : *Alphitonia, Melaleuca, Xanthostemon, Guioa, Grevillea, Scaevola* (30 %)
 Cyperaceae : *Gahnia, Lepidosperma, Costularia* (60 %)

10.4 Verse à stérile de l'usine

Ces zones sont situées sur des pentes érodées au Nord Est de l'usine pilote et sur la route du port au lieu dit « les bad lands ». Ce secteur a été remblayé avec de la limonite rouge et du gabbro en provenance des plates-formes de construction de l'usine depuis 2002 et la construction du port depuis 2006. Les zones regroupent une surface totale d'environ 25 hectares. La zone de verse à proximité de l'usine pilote a déjà fait l'objet des opérations de revégétalisation en 2003, 2004 et 2005, couvrant une surface totale de 4,2 hectares. Les surfaces restantes feront l'objet d'une revégétalisation progressive

en 2008 (7 hectares; versé du Port), 2009 (7 hectares; versé située au-dessus de l'usine pilote) et 2010 (7 hectares, versé située au-dessus du centre de télécommunication)

- *Coordination revégénéralisation et terrassements*
Cette zone doit être revégénéralisée pendant les saisons humides en 2008, 2009 et 2010 (janvier à mars) et elle nécessite du terrassement en période sèche afin de bien profiler les pentes. Ce terrassement inclut un aménagement pour modifier l'angle de la pente (inférieure à 30°), la mise en place de terre végétale et de végétation sur les zones plates et les pentes ainsi que le compactage de la pente et le remaniement des surfaces perpendiculairement à la pente. La terre végétale sera en provenance de l'aire de stockage de résidu de la Kwé Ouest et de l'aire d'entreposage du col de l'Antenne.
- *Type de revégénéralisation*
Type de plantation : plants en tube, ensemencement hydraulique et par dispersion
Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : *Gymnostoma, Codia* etc. (10 %)
Arbustes : *Grevillea, Alphitonia, Pancheria, Myodocarpus, Eugenia, Melaleuca, Xanthostemon, Stenocarpus* (30 %)
Cyperaceae : *Costularia, Baumea, Gahnia, Lepidosperma* (60 %)

10.5 Le tuyau d'alimentation en eau de Yaté

Une surface de 33 km de longueur sur 10-15 m de largeur a été défrichée dans le cadre de la pose d'une conduite permanente d'alimentation en eau entre le lac artificiel de Yaté et l'usine hydrometallurgique en 2006. Cette surface (environ 33 hectares) est largement plate et est composée d'une zone à revégénéraliser avec de la terre végétale (stocké sur le périmètre des travaux) et un couloir d'accès pour l'entretien de 5 m de largeur. L'emprise du tuyau d'alimentation en eau sera revegetalisée de 2009 à 2011 à raison de 11 hectares par an.

- *Coordination revégénéralisation et terrassements*
Les opérations de réhabilitation des surfaces seront effectuées par tronçon et par priorité compte tenu de la taille des surfaces. La première zone qui fera l'objet de terrassement de réhabilitation se trouve entre l'usine et la Capture. Cette zone contient nombreux sillons de terres à reprofiler. La deuxième zone qui fera l'objet de terrassement de réhabilitation se trouve entre la Capture et Creek Pernod. Cette zone contient de nombreux sillons de terres et des aires d'entreposage de latérite à reprofiler et sécuriser du point de vue de l'érosion et de la gestion des eaux, compte tenu de la proximité en aval de la réserve botanique des chûtes de la Madeleine. La troisième zone qui fera l'objet de terrassement de réhabilitation se trouve entre le Creek Pernod et la centrale de pompage sur le lac artificiel de Yaté. Cette zone contient de nombreux sillons de terres et des aires d'entreposage de latérite à reprofiler et sécuriser du point de vue de l'érosion et de la gestion des eaux, compte tenu de la proximité en aval du lac artificiel de Yaté.
- *Type de revégénéralisation (tronçon 2)*
Type de plantation : Plants en tubes d'espèces natives de sylviculture
Matériaux de stabilisation : matériaux broyés (copeaux)
Type d'engrais : Engrais NPK action lente avec suivie annuelle

- *Composition des espèces*
Provenance : sols latéritiques de Nouvelle-Calédonie
Arbres : Agathis lanceolata (70 %), Arillastrum gummiferum (30 %)
Arbustes : aucun
Cyperaceae : Baumea, Gahnia, Costularia
- *Type de revégétalisation (tronçon 1 & tronçon 3)*
Type de plantation : plants en tube.
Matériel de stabilisation : copeaux
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : *Gymnostoma*, *Codia* etc. (10 %)
Arbustes : *Grevillea*, *Alphitonia*, *Pancheria*, *Myodocarpus*, *Eugenia*,
Melaleuca, *Xanthostemon*, *Stenocarpus* (30 %)
Cyperaceae : *Costularia*, *Baumea*, *Gahnia*, *Lepidosperma* (60 %)

10.6 Col de l'Antenne

L'emprise des travaux du col de l'Antenne couvre une surface de 1.8 hectares. Elle est composée de l'ancienne route, des parois et banquettes rocheuses du col. Les voies de roulage menant au col de l'Antenne sont en déblais et remblais avec des pentes <30°. Ces surfaces feront l'objet d'une revégétalisation en 2010 après la fin des travaux sur la voie de roulage et l'aire de stockage des résidus.

Les fortes pentes, le substrat rocheux et l'accès limité vont constituer un obstacle majeur dans le cadre de la revégétalisation des parois.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Le plan de réhabilitation comportera les étapes suivantes pour les banquettes :
La mise en place de latérites de surface (terre végétale latéritique) sur les banquettes sera faite en contre bas des parois (si les dimensions des banquettes le permettent) afin de permettre une revégétalisation.
Cette latérite de banquette sera dénivelée pour faire une pente légère (<10°) contre les parois afin d'évacuer l'eau (profondeur de la latérite sur la banquette contre les parois <1 mètre). Un griffage sera entrepris perpendiculairement à la pente afin d'aérer le sol. En même temps, un apport de copeaux végétaux sera effectué (si les dimensions des banquettes le permettent).
Un petit enrochement (roches <50cm hauteur) sera établi à la base de chaque pente de latérite sur chaque banquette pour contrôler l'érosion et retenir le sol de l'opération de revégétalisation (si les dimensions des banquettes le permettent). Le sol sera recouvert de toile de jute juste avant la mise en plantation.
L'ancienne route du col est composée d'une surface latéritique compactée. Elle recevra une couche de la terre végétale latéritique sur une épaisseur de 20 à 30cm pour permettre la mise en place de plantes de maquis minier. Un griffage sera entrepris perpendiculaire à la pente afin d'aérer le sol avant la plantation.
- *Type de revégétalisation*
Seules les banquettes du col et l'ancienne route du col seront revégétalisées avec des plantes. Les bosquets seront disposés en plantation en lignes décalées perpendiculairement à la pente afin de réduire l'érosion des sols. Les pentes en remblais sur les versants du col de l'Antenne feront l'objet d'une revégétalisation par ensemencement

hydraulique à cause de l'accès limité des pentes. La revégétalisation des décharges de terre végétale en bas du col de l'Antenne ne se fera que plus tard pour laisser le matériel disponible pour d'autres phases du projet. Les travaux de réhabilitation devront se faire pendant la période favorable à la végétation, soit de mi-décembre à mi-juin. Les plantations se feront dans les règles de l'art avec utilisation d'engrais, d'hydro-rétenteur et de paillage. Cependant, les banquettes des plantations seront recouvertes d'une couche de copeaux si la plantation est établie en période sèche.

- *Composition des espèces*
Les espèces endémiques utilisées pour revégétaliser les banquettes seront des Cypéracées (*Costularia*, *Schoenus*) et des arbustes (*Codia*, *Grevillea*, *Alphitonia*, *Normandia*, *Geissois*, *Melaleuca*) existant dans des maquis ligno-herbacé du col de l'Antenne. Les espèces établies seront des plantes produites à la pépinière de Goro Nickel. Les opérations d'ensemencement hydraulique utiliseront un mélange de graines de maquis ligno-herbacé semblable à la composition des espèces utilisées en plantation.

10.7 Pentes du convoyeur et port

Cette zone est située sur la partie sud ouest des pentes au-dessus du port sur de la roche type gabbro altérée qui sera très difficile à revégétaliser dû au manque de terre organique. La plantation de tubes peut être envisagée ainsi que l'ensemencement hydraulique ou par dispersion. La zone à revégétaliser représente 6 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2011 (de janvier à mars). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente et la mise en place de la terre végétale.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : Ensemencement hydraulique des pentes
Matériaux de stabilisation : Colle organique (Taccifier), copeaux, toile de jute
Type d'engrais : NPK à action lente avec suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Gabbro pour les espèces de maquis minier
 Nouvelle-Calédonie pour les légumineuses arbustives
Arbres : Gymnostoma, Dacrydium, Codia, Syzygium, Arillastrum (10 %)
Arbustes : Alphitonia, Melaleuca, Xanthostemon, Guioa, Grevillea,
 Scaevola (30 %)
Cyperaceae : Gahnia, Lepidosperma, Costularia (60 %)

10.8 Aire d'entreposage du col de l'Antenne

Cette zone est située sur les pentes ouest de la chaîne de montagnes Ongone entre la centrale à béton et la base-vie et présente des plates-formes et des pentes. La zone qui doit être revégétalisée est d'environ 25,5 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2011 (de janvier à mars). Elle nécessite un aménagement et un apport de terre végétale qui est stockée sur la zone basse.

- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : Plants en tubes d'espèces natives de sylviculture
Matériaux de stabilisation : copeaux végétaux
Type d'engrais : Engrais NPK ou boue en provenance de la station d'épuration
- *Composition des espèces*
Provenance : Sols latéritiques de Nouvelle-Calédonie
Arbres : Agathis lanceolata (70 %), Arillastrum gummiferum (30 %)
Arbustes : aucun
Cyperaceae : Baumea, Gahnia, Costularia

10.9 Drain périphérique du site industriel

Cette zone est située sur les pentes Ouest de la chaîne de montagnes Ongone. Elle représente des pentes terrassées de 6 m de hauteur. La hauteur maximum de la pente est de 12 m. Le drain périphérique nécessitant une revégétalisation est de 3,4 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone a déjà fait l'objet d'un essai d'ensemencement hydraulique sur 12 000 m² en 2002, pour stabiliser et réduire l'érosion des pentes.
Cette zone sera revégétalisée pendant la saison humide en 2012 (de janvier à mars). Elle devra avoir des canaux de drainage avec un enrochement ou être tapissée dans les zones où les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes. Une portion de la pente a été tapissée avec de la toile de jute par l'entreprise de construction en juin 2002.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : Ensemencement hydraulique des pentes
Matériaux de stabilisation : Taccifier, copeaux, toile de jute.
Type d'engrais : NPK à action lente avec suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Nouvelle-Calédonie pour les légumineuses arbustives
Arbres : *Gymnostoma*, *Codia* etc. (10 %)
Arbustes : *Grevillea*, *Alphitonia*, *Pancheria*, *Myodocarpus*, *Eugenia*,
Melaleuca (30 %)
Cyperaceae : *Costularia*, *Baumea*, *Gahnia*, *Lepidosperma* (60 %)

10.10 Drain de détournement (Centrale électrique)

Cette zone est située au nord est de la centrale électrique à proximité de la réserve de la Forêt Nord. Elle présente des pentes similaires à celles du drain périphérique avec des terrasses beaucoup plus élevées. La zone a revégétalisée représente environ 5,5 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2012 (de janvier à mars). Elle nécessitera l'aménagement de tranchées de drainage recouvertes de roches ou de treillis quand les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : plants en tube pour moitié + ensemencement hydraulique

- Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
- Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
 - Provenance : Plateau de Goro
Nouvelle-Calédonie pour les légumineuses arbustives
 - Arbres : Arillastrum, Gymnostoma, Syzygium, Piliocalyx, etc. (20 %)
 - Arbustes : Alphitonia, Hibbertia, Codia, Pancheria, Gardenia (50 %)
 - Cyperaceae : Gahnia, Lepidosperma (20 %)

10.11 Village de construction

Cette zone est située sur les pentes ouest de la chaîne de montagnes Ongone à proximité du Col de l'Antenne et présente des plates-formes et des pentes. La zone qui doit être revégénéralisée représente à peu près 10,8 hectares.

- *Coordination revégénéralisation et terrassements*

Cette zone doit être revégénéralisée pendant la saison humide en 2012 (de janvier à mars). Elle nécessite un aménagement et un apport de terre végétale aujourd'hui stockée à la base du Col de l'Antenne.
- *Type de revégénéralisation*
 - Type de plantation : Plants en tubes d'espèces natives de sylviculture
 - Matériaux de stabilisation : copeaux de végétaux
 - Type d'engrais : Engrais NPK ou boue en provenance de la station d'épuration
- *Composition des espèces*
 - Provenance : Sols latéritiques de Nouvelle-Calédonie
 - Arbres : Agathis lanceolata (70 %), Arillastrum gummiferum (30 %)
 - Arbustes : aucun
 - Cyperaceae : Baumea, Gahnia, Costularia

10.12 Centrale à béton

Cette zone est située sur les pentes ouest de la chaîne de montagnes Ongone à proximité de la réserve de la Forêt Nord et présente des plates-formes et des pentes en déblai. La zone qui doit être revégénéralisée représente environ 8,5 hectares.

- *Coordination revégénéralisation et terrassements*

Cette zone doit être revégénéralisée pendant la saison humide en 2012 (janvier à mars). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente et la mise en place de terre végétale stockée à la base du Col de l'Antenne.
- *Type de revégénéralisation*
 - Type de plantation : plants en tube, ensemencement par dispersion
 - Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
 - Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
 - Provenance : Plateau de Goro
 - Arbres : Arillastrum, Gymnostoma, Syzygium, Piliocalyx etc (20 %)
 - Arbustes : Alphitonia, Hibbertia, Codia, Pancheria, Gardenia (50 %)

Cyperaceae : Gahnia, Lepidosperma (20 %)

10.13 Route d'accès à la mine

Cette zone est située dans le bassin ouest de la rivière Kwé dans la chaîne de montagnes Ongone entre le Col de l'Antenne et le centre industriel de la mine. Elle présente des pentes déblayées et remblayées sur la partie longeant la ligne de crête de la Kwé Ouest et des zones de remblais dans la plaine de la Kwé Ouest. La zone qui doit être revégétalisée représente environ 8 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2013 (janvier à mars). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente à <45° et des tranchées de drainage recouvertes de roches ou de treillis quand les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : plants en tube, ensemencement par dispersion
Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : *Gymnostoma*, *Codia* etc. (10 %)
Arbustes : *Alphitonia*, *Pancheria*, *Myodocarpus*, *Eugenia* (30 %)
Cyperaceae : *Costularia*, *Baumea*, *Gahnia*, *Lepidosperma* (60 %)

10.14 Route d'accès à l'émissaire du surnageant

Cette zone est située le long de la rivière Kwé en aval du barrage du réservoir d'eau et parallèlement à Port Boisé entre la Kwé est et la baie de la Kwé. Elle présente des pentes déblayées et remblayées. La zone qui doit être revégétalisée représente environ 6 hectares.

- *Coordination revégétalisation et terrassements*
Cette zone doit être revégétalisée pendant la saison humide en 2013 (janvier à mars). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente à <45° et la création des tranchées de drainage recouvertes de roches ou de treillis lorsque les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes.
- *Type de revégétalisation*
Type de plantation : plants en tube, ensemencement par dispersion
Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an
- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : *Arillastrum*, *Gymnostoma*, *Syzygium*, *Piliocalyx* etc. (20 %)
Arbustes : *Alphitonia*, *Hibbertia*, *Codia*, *Pancheria*, *Gardenia* (50 %)
Cyperaceae : *Gahnia*, *Lepidosperma* (20 %)

10.15 Voie de roulage de l'unité de préparation du minerai a la mine

La voie de roulage est située à l'est de la rivière Kwé nord entre l'unité de préparation de minerai et la mine. La zone de la route d'accès qui doit être revégénéralisée présente des pentes déblayées et remblayées. La zone qui doit être revégénéralisée représente environ 10 hectares.

- *Coordination revégénéralisation et terrassements*
Cette zone doit être revégénéraliser pendant la saison humide en 2014 (janvier à mars). Elle nécessite un aménagement pour réduire l'angle de la pente à <45° et la réalisation des tranchées de drainage recouvertes de roches ou de treillis quand les parties hautes des bassins se déversent sur les pentes.

- *Type de revégénéralisation*
Type de plantation : plants en tube, ensemencement hydraulique
Matériel de stabilisation : toile de jute sur la pente
Type d'engrais : NPK à action lente avec un suivi d'un an

- *Composition des espèces*
Provenance : Plateau de Goro
Arbres : Arillastrum, Gymnostoma, Syzygium, Piliocalyx etc. (20 %)
Arbustes : Alphitonia, Hibbertia, Codia, Pancheria, Gardenia (50 %)
Cyperaceae : Gahnia, Lepidosperma (20 %)

11. NOUVELLE PEPINIERE

Plans : Cf. annexe 8.

La construction d'une pépinière d'espèces endémiques de taille industrielle répond aux besoins de revégétalisation pendant toute la durée du projet ainsi qu'à des étapes de recherches scientifiques importantes à poursuivre dans le domaine des techniques de germination et de croissance sur différents substrats, notamment les résidus.

En effet, les travaux de revégétalisation, pendant les phases de construction et celles d'opération du Projet Goro Nickel, vont nécessiter une production de 170 000 à 200 000 plantes par an. Cette production sera assurée à la fois par la pépinière de Goro Nickel pour les espèces nécessitant des traitements de germination ou de bouturage particuliers et par des pépinières établies à Yaté et ayant reçu des contrats de production, pour les espèces pionnières.

Plusieurs sites ont été étudiés pour la localisation d'une pépinière industrielle à proximité des futures opérations de revégétalisation du site minier. Le camp dit : « de la géologie » et sa source d'eau permanente (de Grand Lac) a été retenue en tenant compte des exigences techniques :

- Une source d'eau permanente et extrêmement propre est nécessaire pour pouvoir faire fonctionner des « brumisateurs » à gouttelettes fines, essentiels pour l'arrosage des plantules de maquis minier qui sont généralement de taille minuscule.
- Un réservoir d'eau placé en hauteur est nécessaire pour pouvoir fournir de l'eau par gravité, réduisant ainsi les dépendances par rapport à un pompage en continu et répondant aux exigences de haute pression des « brumisateurs ».
- Le lieu choisi présente peu de trafic routier à proximité, réduisant ainsi l'impact de la poussière sur les plantes et les structures des serres.
- Un apport d'électricité est nécessaire en continu pour le triage et le stockage, en quantité importante, des graines.



12. REVEGETALISATION APRES CESSATION DES ACTIVITES

12.1 Plan de revégétalisation pour la fermeture de la mine

Cette section présente les grands principes de revégétalisation qui ont pour objectif de reconstituer sur la mine, dès 25 ans, des formations à composition floristique semblables à celles existant sur le plateau de Goro. Les techniques et choix d'espèces seront revus annuellement.

Le drainage de la Plaine des Lacs devra être pris en compte durant la réhabilitation de la mine. Cette réhabilitation tiendra compte du profil topographique final des cellules à résidus et recréera des zones d'habitats hétérogènes qui devraient favoriser le développement de la biodiversité.

Par exemple, l'utilisation finale de cuirasse de fer et de litière végétale permettra de rétablir un terrain de surface hétérogène et potentiellement riche en redéveloppement. Des bassins (points d'eau) devront aussi être rétablis pour permettre l'implantation de micro systèmes biologiques sur le plateau.

La préparation des surfaces de germination des zones à revégétaliser suivra différentes étapes de préparation pour la verse à stérile (VS-KE) avant phase de revégétalisation (plantation de plantules en pochons forestiers, semencement direct des espèces de maquis minier) et les cellules de stockage de résidu.

La section suivante décrit la préparation des surfaces de germination pour les pentes et plates-formes de remblais des stériles de latérite, le déblaiement des routes, les bas-côtés des routes non consolidées, les zones autour des bâtiments, les aires de stockage et la surface des cellules de stockage de résidus.

12.2 Verse à stériles sur la Kwé Est (VS-KE)

12.2.1 Surfaces plates

Sur les surfaces plates des stériles, la préparation de la surface de germination devra suivre la méthode suivante :

La base de la plate-forme sera recouverte progressivement avec un substrat fin (argile) puis avec des couches de remblai compactées jusqu'à obtention de la forme requise.

Des latérites rouge à grenaille (>20%) plus adaptés à l'enracinement constitueront la couche qui supportera la terre végétale.

La terre végétale en provenance des aires de stockage ou des zones en cours de décapage sera étalée en une couche d'une épaisseur de 50 à 100mm.

En fonction de la disponibilité, des blocs de cuirasse de fer (<50cm) seront répandus sur la terre végétale pour recréer une surface hétérogène contenant différents micro-habitats servant à protéger les plants des conditions extrêmes.

Les graines doivent être semées juste avant ou pendant la saison des pluies.

Un engrais à action lente et non organique devra être ajouté aux graines avant l'ensemencement.

Les semis, manuels ou automatiques, doivent être réalisés avant le durcissement du sol.

Des copeaux de végétation pourront être épandus dans les zones ayant des pentes $<10^\circ$ et une topographie environnante constituant un écran au vent. La couche de copeaux peut atteindre une épaisseur maximum de 10 cm.

Le sol ne doit pas être perturbé une fois que les graines ont commencé à germer.

Les plants en tube qui pourraient servir à augmenter la densité de la végétation, si désiré, doivent être plantés avant la dispersion des graines.

12.2.2 Talus consolidés

La préparation des surfaces de germination des pentes ou des caniveaux variera en fonction des angles :

Pentes escarpées comprises entre 30° et 60°

Dans la mesure du possible, les talus des routes auront un accès (temporaire) pour les véhicules légers et une tranchée de 50cm de profondeur sera creusée le long de la crête du talus pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Pour stabiliser les surfaces, un système de mèches drainantes sera mise en place.

La surface du talus sera entaillée par des sillons de 1 à 5cm de profondeurs perpendiculairement à la pente pour éliminer les cailloux et donner une bonne base pour la projection des graines.

Les graines seront semées dans les sillons.

L'espacement entre les sillons dépendra de la hauteur du talus, de son escarpement et de son substrat.

Dans les zones où des techniques de plantation directes sont envisagées, l'espace entre les plantes sera supérieur ou égal à 1.5m

De la toile de jute recouvrira les plantes et les graines.

Une autre alternative consistera à utiliser les techniques d'ensemencement hydraulique pour revégétaliser les pentes.

Pentes modérées comprises entre 10° et 30°

Dans la mesure du possible, les talus des routes auront un accès (temporaire) pour les véhicules légers et une tranchée de 50cm de profondeur sera creusée le long de la crête du talus pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Si la hauteur excède 6m, les pentes devraient être terrassées en banquette de 6m de hauteur maximum.

Pour stabiliser les surfaces, un système de mèches drainantes sera mise en place.

Le profilage pourra être fait au boteur parallèlement à la pente où cela sera applicable.

Selon les possibilités, la terre végétale et/ou les matériaux broyés seront étalés au boteur sur une épaisseur de 50 à 100mm.

Dans les zones où des techniques de plantation directes sont envisagées, l'espace entre les plantes sera supérieur ou égal à 1.5m

De la toile de jute recouvrira les plantes et les graines.

Une autre alternative consistera à utiliser les techniques d'ensemencement hydraulique pour revégétaliser les pentes.

Pentes douces < 10°

Dans la mesure du possible, les talus des routes auront un accès (temporaire) pour les véhicules légers. Une tranchée de 50cm de profondeur sera également creusée le long de la crête du talus pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Pour stabiliser les surfaces, un système de mèches drainantes sera mise en place.

La terre végétale et/ou les matériaux broyés seront étalés au bouteur sur une épaisseur de 50 à 100mm.

Dans les zones où des techniques de plantation directes sont envisagées, l'espace entre les plantes sera supérieur ou égal à 1,5 m

De la toile de jute recouvrira les plantes et les graines.

Une autre alternative consistera à utiliser les techniques d'ensemencement hydraulique pour revégétaliser les pentes.

12.2.3 Talus en remblai non consolidé

Dans la mesure du possible, les talus des routes auront un accès (temporaire) pour les véhicules légers et une tranchée de 50cm de profondeur sera creusée le long de la crête du talus pour évacuer l'eau et permettre la fixation de la toile de jute.

Les talus en remblai non consolidé adjacents ou sous-jacents à la route ne devraient pas excéder 30°.

Pour stabiliser les surfaces, un système de mèches drainantes sera mise en place.

Le profilage pourra être fait au bouteur parallèlement à la pente o* cela sera applicable

La terre végétale et/ou les matériaux broyés seront étalés au bouteur sur une épaisseur de 50 à 100mm.

Dans les zones où des techniques de plantation directes sont envisagées, l'espace entre les plantes sera supérieur ou égal à 1,5 m

De la toile de jute recouvrira les plantes et les graines.

Une autre alternative consistera à utiliser les techniques d'ensemencement hydraulique pour revégétaliser les pentes.

12.3 Opérations de revégétalisation des cellules à résidus

La revégétalisation des aires de stockage des résidus épaissis se fera progressivement suite à une période de consolidation des aires de stockage. La revégétalisation de la première aire de stockage

devrait donc débuter en 2015. Cependant, des tests de revégétalisation (chapitre 6) seront faits sur des cellules bâties à l'intérieur de l'aire de stockage à partir de 2009.

A ce jour, les résultats des essais de revégétalisation démontrent que les plantes ne poussent pas sur les résidus car les racines n'arrivent pas à pénétrer la couche argileuse de cette structure. Cependant les plantes peuvent pousser dans un mélange de gravier de latérite (60 %) et de résidus (40 %).

L'approche prévue pour l'aire de stockage des résidus sur la Kwé Ouest et les cellules de résidus de la mine est le recouvrement des cellules de stockage par une couche de limonite stérile en provenance de la fosse de la mine. L'épaisseur du recouvrement sera variable en fonction de sa disponibilité (minimum 1m). Le recouvrement pourrait atteindre plusieurs mètres d'épaisseur en fonction de la compaction des résidus épaissis. La couche supérieure de ce recouvrement sera constituée d'un mélange de latérite et de grenaille.

Les grandes lignes des étapes à suivre pour la revégétalisation des cellules à résidus de la mine seront les suivantes :

Le périmètre des cellules à résidus consolidés est recouvert d'une couche de limonite d'une épaisseur garantissant sa mise hors d'eau lors d'épisode pluviométrique important.

Permettre à la limonite de se tasser pendant la période sèche.

La terre végétale est étalée sur la section extérieure de la couche de limonite, la section intérieure étant laissée telle quelle pour poursuivre la mise en place de la couche de limonite.

Les zones de terre végétale doivent être remaniées au buteur (équipé de dents de défonçage) pour fixer la terre à la limonite.

En fonction de la disponibilité, des blocs de cuirasse de fer (<50cm) seront répandus sur la terre végétale pour recréer une surface hétérogène contenant différents micro-habitats servant à protéger les plants des conditions extrêmes.

Les graines doivent être semées juste avant ou pendant la saison des pluies.

Un engrais à action lente et non organique devra être ajouté aux graines avant l'ensemencement.

Les semis, manuels ou automatiques, doivent être réalisés avant le durcissement du sol.

Des copeaux de végétations pourront être épandus dans les zones ayant des pentes <10° et une topographie environnante constituant un écran au vent. La couche de copeaux peut atteindre une épaisseur maximum de 10 cm.

Le sol ne doit pas être perturbé une fois que les graines aient commencé à germer.

Les plantes en tubes qui pourraient servir à augmenter la densité de la végétation, si désiré, doivent être plantés avant la dispersion des graines.

Ces étapes seront répétées jusqu'à ce qu'il ne reste que les bassins d'assèchement et les drains.



13. COUTS ESTIMATIFS DU PROGRAMME DE REVEGETALISATION

Zones a revégétaliser	Surface m ²	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Routes d'exploration de la Kué principale	19 000								
Route du Ferry	11 326								
Route du Port	48 000								
Verse à stérile de l'exercice minier	40 000								
Verses à stérile de l'usine et port	250 000								
Tuyau de Yaté	330 000								
Col de l'Antenne	18 000								
Pentes du convoyeur & port	60 000								
Aire d'entreposage du Col de l'Antenne	255 000								
Caniveau de Prony Énergie	55 000								
Caniveau périphérique	34 000								
Village de construction	108 000								
Zone industriel et cimenterie	85 000								
Surface total en 8 ans									
Quantité de graines (kg)	1 333 326	112	461	928	508	638	435	645	392
Nombre de plantules		8 859	5 129	68 756	135 000	135 000	142 500	171 750	104 250
Surface en hectares/an PLANTATION			0,68	9,2	18	18	19	22,9	13,9
Surface en hectares/an ENSEMENCEMENT			4,68	12,8	7	8,8	6	8,9	5,4
Total en hectares de revegetalisation			5,36	22	25	26,8	25	31,8	19,3
Coût en graines xpf/kg	40 000 F	4 487 000 F	18 440 000 F	37 120 000 F	20 300 000 F	25 520 000 F	17 400 000 F	25 810 000 F	15 660 000 F
Coût par plante xpf	200 F	1 771 800 F	1 025 865 F	13 751 250 F	27 000 000 F	27 000 000 F	28 500 000 F	34 350 000 F	20 850 000 F
Ensemencement hydraulique sans graines (Hectare)	3 000 000 F		12 000 000 F	38 400 000 F	21 000 000 F	26 400 000 F	18 000 000 F	26 700 000 F	16 200 000 F
Main d'ouvre & fourniture (Hectare)	1 000 000 F		4 000 000 F	12 800 000 F	7 000 000 F	8 800 000 F	6 000 000 F	8 900 000 F	5 400 000 F
Total (sans terre vegetale & rehabilitation)		6 258 800 F	35 465 865 F	102 071 250 F	75 300 000 F	87 720 000 F	69 900 000 F	95 760 000 F	58 110 000 F
Terre vegetale & rehabilitation (hectare)	5 000 000 F		3 400 000 F	46 000 000 F	90 000 000 F	90 000 000 F	95 000 000 F	114 500 000 F	69 500 000 F
Total (revegetalisation)			38 865 865 F	148 071 250 F	165 300 000 F	177 720 000 F	164 900 000 F	210 260 000 F	127 610 000 F
Prix a l'hectare			7 251 094 F	6 730 511 F	6 612 000 F	6 631 343 F	6 596 000 F	6 611 950 F	6 611 917 F

14. BIBLIOGRAPHIE

Amir, H. & Pineau, R. (1998) Influence of plants and cropping on microbiological characteristics of some New Caledonian ultramafic soils. *Aus. J. Soil. Res.* 36: 457-471.

Amir, H., Pineau, R. & Violette, Z. (1997) Premiers résultats sur les endomycorrhizes des plantes de maquis miniers de Nouvelle-Calédonie. In: *The ecology of ultramafic and metalliferous areas*. (Eds: T. Jaffré, R. D. Reeves & T. Becquer) Proc. 2nd Int. Conference on Serpentine Ecology. pp 79-85. ORSTOM, Nouméa.

Becquer, T., Bourdon, E. & Petard, J (1995) Disponibilité du nickel le long d'une toposequence de sols développés sur roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. *C. R. Acad. Sci. Paris* 321: 585-592.

Beadle, N. C. W (1966) Soil phosphate and its role in molding segments of the Australian flora and vegetation with special reference to xeromorphy and sclerophylly. *Ecology* 47: 993-1007.

Bird, E.C.F., Dubois, J.P. & Iltis, J.A (1984) The impacts of open cast mining on the rivers-coasts of New Caledonia. UN University Press, Tokyo, 53 pages.

Bourdon, E. & Podwojewski, P. (1988) Morphopédologie des formations superficielles dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (Rivière des Pirogues, Plaines des Lacs). *Cahiers ORSTOM, sér. Sci. Terre Pédol* (2), Paris, 43 p.

Brooks, R. R (1987) *Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach*. Discoïdes Presse, Portland, USA, 454 pages.

C.T.F.T. (1971). Premier essais de revégétalisation de terrains miniers à la Plaine des Lacs. *Multigr.*, C.T.F.T., Nouméa, Dossier 60.

Cherrier, J-F. (1990) Reverdissement des terrains miniers en Nouvelle-Calédonie. *Bois et Forêts des Tropiques* 225 (3), 5-23.

Department of Minerals & Energy (1996) *Guidelines for mining in arid environments*. Western Australia State Government Press. 45 Pages.

Diem, H. G & Arahou, M (1996) A review of cluster root formation: A primary strategy of Casuarinaceae to overcome soil nutrient deficiency. In: *Recent Casuarina Research & Development* (Eds: K. Pinyopusarek, J. W. Turnbull, S. J. Midgley) pp 51-58. Proc. 3rd Int. Casuarina Wkshp, Vietnam.

Gardner, J (2003) *Rehabilitating mines to meet land use objectives: bauxite mining in the jarrah forest of Western Australia*, Research Note No 11. Internet document: www.alcoa.com.au/environment/bib_internet.pdf

Jaffré, T. (1980). *Etude écologique de peuplement végétal des sols dérivés des roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie*. Coll. Trav. et Doc. de ORSTOM, 124, Paris (Thesis).

Jaffré, T., and Latham, M., (1976). *Recherche sur les possibilités d'implantation végétale sur déblais miniers*. Rapport multigr. ORSTOM/SLN., Noumea.

Jaffré, T., and Rigault, F., (1991). *Recherches sur les possibilités d'implantation végétale sur sites miniers*. Convention. ORSTOM/SLN, Science et. Vie, Botanie, 81p.

Jaffré, T., Rigault, F., and Sarrailh, J-M. (1994 c). La végétalisation des anciens sites miniers. Bois et Forêts des Tropiques 242, 45-57.

Jaffré, T., Gauthier, D., Rigault, F., & McCoy, S. (1994 b). Les Casuarinacées endémiques. Bois et Forêts des Tropiques 242, 31-44.

Jaffré, T., McCoy, S., Rigault, F. & Dagostini, G (1997 b) Quelle méthode de végétalisation pour la réhabilitation des anciens sites miniers de Nouvelle-Calédonie ? In : The ecology of ultramafic and metalliferous areas. . Eds: T. Jaffré, R. D. Reeves & T. Becquer) Proceedings of the Second International Conference on Serpentine Ecology. ORSTOM Nouméa, pages 163-170.

Jaffré, T., Rigault, F. & Dagostini, G. (1998 a) Impact des feux des brousses sur les maquis ligno-herbacés des roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. *Adansonia (series 3)* 20(1): 173-189.

Lamont, B. (1993) Why are hairy root clusters so abundant in the most nutrient impoverished soils of Australia? *Plant & Soil* 155/156: 269-272.

Latham, M., Quantin, P., & Aubert, G. (1978) Etude des sols de la Nouvelle Calédonie. Notice Explicative , 78, ORSTOM, Nouméa.

Lucon, S., Marion, F., Niel, J.F. & Pelletier, B (1997) Réhabilitation des sites miniers sur roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie. In : The ecology of ultramafic and metalliferous areas. . Eds: T. Jaffré, R. D. Reeves & T. Becquer) Proceedings of the Second International Conference on Serpentine Ecology. ORSTOM Nouméa, pages 297-303.

Loyd, M.V, Barnett, G.,Doherty, M.D, Jeffrey, R. A., John, J., Majer, J.D., Osborne, J.M, & Nicholls, O.J. (2002) Managing the impacts of the Australian minerals industry on biodiversity. ACMER Press. 120 Pages.

McCoy, S., Ash, J., and Jaffre, T (1996). The effect of *Gymnostoma deplancheanum* (Casuarinaceae) litter on seedling establishment of ultramafic maquis species. Proceedings of the Second National Workshop on Native seed biology for revegetation. Newcastle. ACMER.

McCoy, S., Jaffre, T., Rigault, F, & Ash. J. (1999) Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia. *Journal of biogeography* 26(3): 579-594.

McCoy, S. (1998) The dynamics of *Gymnostoma* maquis on ultramafic soils in New Caledonia. Ph.D thesis, Australian National University, Canberra, 273 pages.

McCoy, S.G., Kurpisz, D. & Newedou, S. (2002) Species selection for revegetation of the Goro Nickel Project area in New Caledonia. *Proc. Brit. Colomb. Mine Reclamation Symp.*, pp : 213-225.

McCoy, S.G.,

Morat, Ph., Jaffre, T., Veillon, J-M., and Mackee, H.S. (1986). Affinities floristiques et origine de la flore de la Nouvelle-Calédonie. *Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, Sér 4.*, *Adansonia* 2, 133-182.

Morat Ph., Jaffré T., Veillon J.M., Mac Kee H.S. 1986. Affinités floristiques et considérations sur l'origine des maquis miniers de Nouvelle-Calédonie. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, 4è sér., sect. B, Adansonia*, 2: 133-182.

Papineau, C (1989) Le Chêne Gomme (*Arillastrum gummiferum*) en Nouvelle-Calédonie. Mémoire de Troisième Année, CTFT, Noumea.

Pelletier, B. & Esterle, T (1995) Revegetation of nickel mines in New Caledonia. In: Colloque: Quelle recherche française en environnement dans le Pacifique sud; Bilans et Perspectives. Paris.

Sarrailh, J-M. (2001) Bilan des recherches menées par l'IAC sur la revégétalisation des sites miniers. Cahiers de l'IAC. 28 Pages.

Sarrailh, J-M. (1997) Sylviculture des terrains dégradés. . In : The ecology of ultramafic and metalliferous areas. . Eds: T. Jaffré, R. D. Reeves & T. Becquer) Proceedings of the Second International Conference on Serpentine Ecology. ORSTOM Nouméa, pages 189-196.

Stewart, D. & Stewart R (1999) From seeds to leaves: A complete guide to growing Australian shrubs and trees from seed. Bookman Press. 166 Pages.

Stewart, A (1999) Les propagate: A plant propagation manual for Australia. ABC Books, 233 Pages.

Ralph, M (1994) Seed collection of Australian Native plants. 95 Pages.

Ralph, M (2003) Growing Australian native plants from seed: For revegetation, tree planting and direct seeding. Second edition. Bushland horticulture Press. 156 Pages.

Ralph, M (1997) Growing Australian native plants from seed: For revegetation, tree planting and direct seeding. First edition. Bushland horticulture Press. 156 Pages.

Swadman, L & Merritt D. (2006) Australian seeds. A guide to their collection, identification and biology. CSIRO Publishing. 258 Pages.

ANNEXE 1

TRANSPLANTATION ET SAUVEGARDE DES ESPÈCES RARES ET ENLEVEMENT DU BOIS COMMERCIAL

METHODOLOGIE

Inventaire floristique

La section Botanique de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et l'équipe de revégétalisation de Goro Nickel effectuent les inventaires floristiques. Ces inventaires ont pour but de localiser les végétaux rares afin de les transporter hors de la concession et de fournir une cartographie des espèces caractérisant la végétation des concessions minières de Goro Nickel.

Les inventaires destinés à localiser les espèces rares marqueront chacune de ces dernières soit avec un ruban bleu, soit en relevant les coordonnées GPS du périmètre d'une large population d'individus.

Les informations concernant les espèces rares (zones constituées d'individus marqués, coordonnées GPS) sont fournies à l'équipe de Goro Nickel chargée de la revégétalisation avant de commencer le défrichage d'un secteur particulier.

Sauvegarde des espèces rares

1. Transplantation de plantes en provenance de la végétation environnante

Les espèces inventoriées sur le plateau de Goro qui sont :

- rares,
- ont une germination difficile, ou
- dont les boutures ne prennent pas bien,

seront transplantées depuis une population facilement accessible. Les plants destinés à être transplantés auront une hauteur inférieure à 20 cm ou plus à moins que le sol soit suffisamment meuble pour permettre l'enlèvement de la plante sans endommager les racines. Dans la plupart des cas, les racines sont 3 à 4 fois plus longues que la partie aérienne de la plante (c'est à dire qu'une plante de 20 cm de haut possède des racines d'environ 60 à 80 cm). Les plants ainsi récupérés seront placés dans un linge ou un papier humide pour éviter la déshydratation ou l'endommagement des racines et devront être mis en pot dans la journée à la pépinière.

2. Déplacement des jeunes plants d'espèces rares

L'équipe de Goro Nickel chargée de la revégétalisation, transplantera manuellement des jeunes plants appartenant à des espèces rares identifiées et marquées dans le secteur devant être défriché avant le début des travaux de terrassement.

Les plants seront déplacés avec une quantité de terre suffisante afin de ne pas endommager les racines. Les plants seront transférés à la pépinière de Goro Nickel.

3. Déplacement d'espèces rares de grande taille

L'équipe de Goro Nickel marquera les grandes espèces rares, n'excédant pas 3m de hauteur, repérées sans jeunes plants en périmètre d'un ruban bleu.

Le dégageur et le déplacement de grandes plantes rares, effectués au moyen de l'équipement du sous-traitant de Goro Nickel, seront supervisés par l'équipe de Goro Nickel pour assurer l'enlèvement d'une quantité suffisante de sol propice à la protection des racines.

Le déplacement de grandes espèces par des pelleteuses doit suivre la procédure suivante :

La végétation est manuellement dégagée 2m autour de la plante

Un périmètre est marqué sur le sol à 1m de la plante

La pelleteuse creuse une tranchée d'une profondeur d'1m (quand cela est possible)

La pelle de la pelleteuse est placée au niveau de la base de la tranchée et sépare doucement la plante et sa terre dans la tranchée.

La partie supérieure de la plante (si celle-ci est grande) doit être attachée à la pelleteuse pour assurer sa stabilité.

La plante et sa terre doivent être placées dans un sac en polyéthylène.

La plante est transférée à la pépinière, ou à un autre endroit désigné, en utilisant un moyen de transport qui possède un équipement de levage/harnais.

Cette procédure de déplacement des espèces rares est susceptible d'être applicable dans les zones de construction et de dégageur suivantes :

Fossé de détournement des eaux de la centrale électrique

Plate-forme du centre de maintenance de la mine

Plate-forme de l'usine de préparation du minerai

Pipeline et route d'accès à l'émissaire du surnageant – bassin versant inférieur de la rivière Kwé

Aire de stockage des résidus épaissis – bassin versant de la rivière Kwé Ouest

4. Enlèvement du bois commercial (déboisement économique)

La plupart du bois commercial (bois de construction) a été exploitée dans la région de Goro-Prony avant 1900. Les stocks de bois restants sont limités à des parties du bassin inférieur de Prony et des vallées du bassin de la rivière Kwé.

Les stocks de bois commercial sont en forte demande par la population de Yaté. Les principales espèces ayant une importante économique pour leur bois sont le Chêne Gomme (*Arillastrum gummiferum*), le Tamanou (*Calophyllum caledonicum*), le Wayou (*Gymnostoma deplancheanum*) et le Kaori (*Agathis lanceolata*). Les arbres utilisés pour les constructions domestiques à Yaté seront essentiellement des arbres dont le tronc mesure entre 50 et 100 cm de circonférence. Ce type de bois n'est pas scié et est généralement utilisé pour la construction structurale des maisons traditionnelles. De nombreux arbres plus gros se trouvent dans des zones devant être dégagées.

Le déboisement de ces zones doit suivre la procédure suivante :

Les arbres au tronc droit d'une circonférence supérieure à 50 cm seront marqués à la peinture par l'équipe de Goro Nickel au minimum 1 à 2 semaines avant le dégageur de la végétation par le sous-traitant.

Sous la direction de l'équipe de la pépinière, Goro Nickel contactera les sous-traitants locaux afin d'organiser une équipe chargée du tronçonnage, et le transport par camions (camions à plateau de 15 à 20 tonnes), avant la phase de dégagement.

Le sous-traitant doit obtenir le permis de coupe auprès des autorités compétente de la Province Sud.

Le sous traitant doit, avec une pelleteuse, nettoyer une ligne centrale, en évitant les arbres, afin de permettre l'accès aux tronçonneuses.

Le sous-traitant chargé du tronçonnage doit couper les arbres marqués sous la surveillance de l'équipe de Goro Nickel concernée.

Les branches seront coupées par l'équipe de sciage puis les troncs seront sectionnés pour permettre leur déplacement par pelleteuse ou camion (maximum 12 mètres de longueur).

Les petits troncs (inférieurs à 60 cm de circonférence) pourront être déplacés par l'équipe chargée du tronçonnage vers des camions du sous-traitant ou empilés afin de faciliter le mouvement de la pelleteuse.

La pelleteuse du sous-traitant reprendra le nettoyage de la zone une fois l'étape du tronçonnage terminée et déplacera les larges troncs en bordure de la zone déblayée.

Le nettoyage de la végétation par les pelleteuses ou les bulldozers des sous-traitants doit être dirigé de telle façon que les troncs subissent le moins de dégât possible.

Les troncs doivent être transportés depuis les zones déblayées jusqu'à l'aire de stockage à l'aide d'une pelleteuse (avec un arrangement de pinces pour manipuler les troncs une fois disponibles).

Le bois de construction et la végétation déblayée doivent être empilés séparément.

Les grumes doivent être empilées à l'endroit le plus plat et le plus accessible de la plate-forme par le sous-traitant, dans des stockages en longueur n'excédant pas 2 mètres de hauteur, afin de faciliter le travail des équipes chargées du tronçonnage.

La procédure d'exploitation du bois de construction est susceptible d'être applicable dans les zones suivantes de construction et de déblaiement :

- Forêt S2 de la Kwé Ouest (Forêt Humide)
- Plate-forme du centre de maintenance de la mine (Maquis paraforestier)
- Plate-forme de l'usine de préparation du minerai (Maquis paraforestier)
- Route d'accès à l'usine de préparation du minerai (Maquis paraforestier)

ANNEXE 2

METHODOLOGIE D'INVENTAIRE

POUR LES ZONES MINIERES

Les inventaires floristiques sont généralement réalisés grâce à des méthodes d'échantillonnage sur un transept à travers la zone, ou à l'intérieur d'un quadrillage de la zone.

Procédure

- Les zones de végétation à inventorier sont examinées à partir de photographies aériennes afin de déterminer l'étendue de la formation, la couverture végétale et les accès au site.
- Des mesures GPS (par satellite) doivent être réalisées afin de déterminer les limites des zones à défricher ou à classer en réserve.
- Les coupes seront effectuées à l'intérieur des formations de végétation en fonction de leur orientation et de leurs dimensions.
- Chaque coupe sera définie de manière à cibler une végétation de même structure, contenant les mêmes arbres majeurs et les mêmes espèces de sous-étage.
- Les coupes sur les pentes seront orientées perpendiculairement à la pente afin d'éviter les variations de végétation associées à l'hydrologie du terrain.
- Les coupes seront situées à une distance minimum de 5 m par rapport à la végétation limitrophe aux routes de prospection.
- Les positions GPS seront placées depuis un point d'origine jusqu'au point final de la coupe (et à intervalle régulier de 20 m le long de la coupe).
- La largeur de la coupe sera définie en fonction de la visibilité à l'intérieur de la végétation de sous-étage (pour le plateau de Goro, 5 m de part et d'autre de la ligne centrale).
- La zone de végétation échantillonnée par les coupes devra être représentative (au minimum 20 %) de la végétation étudiée.
- Les coupes devront être parallèles et espacées d'une distance de 20 m autant que la topographie du lieu le permettra (ex : les forêts tropicales).
- Les coupes d'échantillonnage sont divisées en parcelles continues de 6m x 10m pour le maquis, et de 10m x 10m pour le maquis de grande hauteur, la forêt et la forêt tropicale.
- Une mesure qualitative de l'abondance de chaque espèce identifiée commune sera réalisée pour chaque parcelle.
- Les espèces rares ou non-identifiées seront quantifiées (nombre d'individus) à l'aide d'un grand étiquetage individuel composée d'un ruban bleu sur lequel sera inscrite sa position GPS.
- Les espèces non-identifiées doivent être recensées le long de la coupe en utilisant un code particulier jusqu'à son identification dans l'herbier.

Identification des espèces

d'accès à la plate-forme sont difficiles, un hélicoptère pourra être utilisé pour effectuer le carottage et réduire ainsi les impacts environnementaux.

- Toutes les variétés de plantes non-identifiées à ce jour sur le territoire (espèces rares et espèces appartenant à des familles non encore décrites de manière taxinomique, par exemple *Myrtaceae*, *Rubiaceae*, *Cunoniaceae*, *Araliaceae*) doivent être prélevées (de préférence avec ses fruits ou fleurs), accompagnées des informations suivantes, date et lieu de prélèvement, altitude, localisation GPS et le nombre d'individus recensés, et référencées à l'aide de l'herbier à l'IRD de Nouméa.
- Le degré de rareté, la distribution et le statut de préservation d'une espèce rare seront déterminés à l'aide des précédentes collectes de l'herbier et enregistrés dans les publications scientifiques.
- Un spécimen de chaque espèce rare rencontrée sur la propriété de Goro Nickel sera conservé dans l'herbier de l'IRD et dans l'herbier de Goro Nickel (quand celui-ci sera constitué) de manière à faciliter son identification lors d'inventaires du territoire.

Surveillance post-inventaire

La surveillance post-inventaire (collecte de semences) constitue un aspect essentiel de la conservation des espèces rares, et des espèces utilisées lors de la revégétalisation des zones à défricher pour les besoins de la mine et des activités associées.

- Tous les mois, les espèces rares et non-identifiées dans les zones inventoriées seront prospectées afin de déterminer la période où elles donnent des fruits et de recueillir des germes pour des essais de reproduction dans la pépinière.
- Les espèces particulièrement intéressantes pour la revégétalisation seront prospectées là où elles sont les plus abondantes le long des coupes, pendant la période où elles donnent des fruits.
- Un rapport sera transmis à la section Géologie de Goro Nickel 6 mois avant le début des opérations de défrichage des zones de la mine, soulignant le statut des espèces rares (résultats des essais de germination en pépinière, où ailleurs) pour faciliter le planning environnemental de la zone de la mine.

POUR LES ZONES PROSPECTEES

L'inventaire des zones où les routes et les plates-formes de prospection doivent être défrichées utilisera la même méthode que celle utilisée pour l'identification des espèces rares dans les zones de la mine. D'autres enjeux comme la sécurité des accès aux sites de carottage (surface des routes, des terres et contrôle de l'érosion) devant être pris en compte, l'inventaire floristique sera réalisé conjointement avec l'enquête d'ouverture des routes. L'inventaire sera réalisé de la manière suivante :

- Un survol floristique sera effectué depuis le trou de carottage en direction des routes d'accès à l'artère principale en utilisant le GPS et les jalons de géomètre pour déterminer une zone réunissant les conditions d'un meilleur passage possible pour les véhicules et un impact minimal sur les végétations sensibles (forêts tropicales, végétation proche des cours d'eau).
- Les espèces rares et non-identifiées seront repérées et marquées par leur localisation GPS.

Les routes où les plates-formes de carottage seront déviées d'une distance suffisante des espèces rares ou non-identifiées (marquées d'un ruban bleu) ou des végétations sensibles (forêts tropicales, végétation proche des cours d'eau) afin de réduire les dommages sur ces plantes (distance au moins égale à la hauteur de la plante) et ne pas causer de dommages supplémentaires à l'environnement. Dans les zones où se situent des populations importantes d'espèces rares et où les conditions

ANNEXE 3

PROCEDURE DE RECOLTE DE GRAINES

Au départ

Prendre les équipements de sécurité (gants, chapeau, lunettes, gilets de signalisation, crème écran total, imperméables, trousse d'urgence, montres) récolte (pochons, sécateurs), communication (GSM), de la nourriture et de l'eau (3 litres par personne par jour).

Avertir votre supérieur du lieu/durée de la récolte, ainsi que les services EHS pour les zones en proximité des structures de la mine ou usine.

Arrivée sur le lieu

Concentrer les activités de récolte sur une zone où une ou plusieurs espèces sont abondantes et où les fruits sont mûrs.

- 1) Prévoir une heure fixe de rendez-vous pour le départ à la pépinière. Il faudra tenir compte du temps de marche (aller-retour) pour les zones de récolte peu accessibles par voiture pour organiser l'heure de départ.
- 2) Récolter les fruits mûrs indemnes d'attaques d'insectes ou de champignons.
- 3) Marquer les arbres avec du ruban bleu sur ceux où les fruits ne sont pas mûrs pour faciliter leur repérage à une date ultérieure.
- 4) Ne pas mélanger les graines d'espèces différentes dans un pochon
- 5) Calculer approximativement la durée de sa collecte.

Arrivée à la pépinière

- 1) Regrouper les graines par espèces et peser l'ensemble.
- 2) Marquer sur chaque lot de graine par espèce :
 - a) Nom
 - b) Date récolte
 - c) Lieu
 - d) Quantité
- 3) L'information doit être transcrite dans le « registre d'espèces » pour développer notre base de données.

Les graines doivent être stockées à l'abri ou au froid avant les opérations de triage.



ANNEXE 4

Etat d'avancement des activités de revégétalisation sur les titres Goro Nickel

Période 2000–2006

Famille	Espèce	Phénologie Fructification	Productivité Fructification	Taux de germination	Leve de semis cond. optimale	Problèmes en germination	
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	Annuel	Abondant	>20%<50%	1 mois	Plantules <2mm Fonte de semis	
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>			>30%<80%	1 mois		
Araliaceae	<i>Mydocarpus fraxinifolius</i>			>10%<30%	3 mois		
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>		Peu	<20%	6 mois		
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>			<15%	3 mois		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		>30%<70%	<1 mois	Fonte de semis		
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma poissanianum</i>		>20%<50%	1 mois			
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>		Irregulier	Abondant	>40%<80%		<1 mois
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>				>30%<70%		<1 mois
Proteaceae	<i>Stenocarpus comptonii</i>			Peu	<20%		2 mois
Cyperaceae	<i>Gahnia neocaledonica</i>	<10%	6 mois				
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	Annuel	Abondant	>10%<50%	2 mois	Attaque des insectes Fonte de semis Plantules <2mm Attaque des insectes Plantules <2mm Attaque des insectes Attaque des insectes Attaque des insectes Plantules <2mm	
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>			>5%<30%	1 mois		
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>			>10%<50%	6 mois		
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>			>5%<30%	3 mois		
Euphorbiaceae	<i>Austroboxus carunculatus</i>			<20%	3 mois		
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>		>20%<80%	1 mois			
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>		>30%<70%	1 mois			
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratii</i>		Peu	NA (Bouturage)	<1 mois		
Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>			<40%			
Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyi</i>			>20%<60%	3 mois		
Proteaceae	<i>Grevillea gillivrayi</i>			<30%	<1 mois		
Sapotaceae	<i>Beccariella crebrifolia</i>			>10%<30%	2 mois		
Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>			>20%<40%	2 mois		
Sapindaceae	<i>Storthocalyx pancheri</i>			<20%	3 mois		
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>			>10%<80%	1 mois		
Rutaceae	<i>Comptonella drupaceae</i>			Abondant	<20%		6 mois
Verbenaceae	<i>Oxera nerifolia</i>			Irregulier	Peu		NA (Bouturage)
Agavaceae	<i>Cordylone neocaledonica</i>		NA (Bouturage)				
Myrtaceae	<i>Melaleuca brongniartiana</i>		NA (Bouturage)				
Myrtaceae	<i>Syzygium macranthum</i>		>20%<60%				2 mois
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	<30%	2 mois				
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	Annuel	Abondant	>20%<40%	3 mois	Attaque des insectes Plantules <2mm Fonte de semis Fonte de semis Fonte de semis Plantules <2mm Plantules <2mm	
Proteaceae	<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>			>30%<80%	1 mois		
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myrtoides</i>			<20%	3 mois		
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>			>10%<30%	2 mois		
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>			<10%	3 mois		
Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>		>40%<70%	<1 mois			
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>		<20%	2 mois			
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>		Peu	<5%	4 mois		
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>			>5%<20%	6 mois		
Araucariaceae	<i>Agathis ovata</i>			>20%<40%	1 mois		
Cunoniaceae	<i>Cunonia deplanchei</i>			<10%	3 mois		
Mimosaceae	<i>Storckia pancheri</i>			<20%	2 mois		
Myrtaceae	<i>Arialastrum gumiferum</i>			>10%<60%	2 mois		
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>			<10%	4 mois		
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>			<20%	6 mois		
Guttifereae	<i>Garcinia balansae</i>			>20%<40%	1 mois		
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>			<30%	9 mois		
Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>		>10%<30%	4 mois			
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>		>40%<80%	1 an			
Myrtaceae	<i>Metrosideros nitida</i>		<10%	6 mois			
Myrtaceae	<i>Eugenia hurlimani</i>	>20%<40%	2 mois				
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	<5%	6 mois				
Euphorbiaceae	<i>Cassine cunninghamii</i>	<10%	1 an				
Meliaceae	<i>Dysoxylum canalenses</i>	>5%<40%	3 mois				
Araliaceae	<i>Mydocarpus involucreatus</i>	<10%	5 mois				
Myrtaceae	<i>Ptilocalyx laurifolius</i>	>20%<40%	2 mois				
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratii</i>	>30%<50%	2 mois				
Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>	<10%	6 mois				
Mimosaceae	<i>Serianthes sachatae</i>	<10%	2 mois				
Eriaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	<5%	1 an				
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	>10%<30%	3 mois				
Malphiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	Annuel	Abondant	<20%	2 mois	Fonte de semis	
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>			<5%	1 an		
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillanii</i>	Irregulier	Abondant	<10%	2 mois		
Podocarpaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>			<5%	1 an		
Thymeliaceae	<i>Solmsia calophylla</i>		<5%	6 mois			
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>		<20%	6 mois			
Myrtaceae	<i>Austromyrtus altermifolius</i>		<10%	3 mois			
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvana</i>		<20%	2 mois			
Sapindaceae	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>		<5%	6 mois			
Ebenaceae	<i>Diospyros parviflora</i>		<10%	6 mois			
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>		<10%	3 mois			
Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>		<20%	1 an			
Rubiaceae	<i>Psychotria oleoides</i>	>10%<30%	4 mois				
Myrsinaceae	<i>Rapanea assymetrica</i>	<5%	1 an				
Connaraceae	<i>Rourea balanseanum</i>	<30%	3 mois				

Role Ecologique	Famille	Espèce	Annee du premier test	Nombre d'annee de test	Performance en revegetalisation
P	Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	2000	5	EXCELLENT Croissance: >1/2 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production abondante Mortalité après 1an : <10%
P	Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	1998	8	
P	Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	1998	8	
P	Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	2003	5	
P	Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	1999	6	
P	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	1999	7	
F	Casuarinaceae	<i>Gymnostoma poissanianum</i>	2003	1	
F	Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	1999	5	
F	Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	1998	8	
M	Proteaceae	<i>Stenocarpus comptonii</i>	2002	2	
P	Cyperaceae	<i>Gahnia neocaledonica</i>	2000	1	
P	Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1998	7	
P	Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	2002	3	
M	Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	2001	4	
M	Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	2002	7	
M	Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	2003	4	
M	Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	1999	6	
M	Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	1998	7	
P	Myrtaceae	<i>Babingtonia leratii</i>	2004	2	
M	Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>	1999	7	
P	Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyii</i>	1999	6	
P	Proteaceae	<i>Grevillea gillivrayi</i>	2002	2	
M	Sapotaceae	<i>Beccariella crebrifolia</i>	2004	2	
P	Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	2003	3	
M	Sapindaceae	<i>Storthocalyx pancheri</i>	2003	1	
M	Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	2004	2	
M	Rutaceae	<i>Comptonella drupaceae</i>	2002	3	
M	Verbenaceae	<i>Oxera neriifolia</i>	2002	4	
M	Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	2004	1	
M	Myrtaceae	<i>Melaleuca brongniartiana</i>	2004	1	
F	Myrtaceae	<i>Syzygium macranthum</i>	2002	3	
M	Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	2002	3	
M	Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	2005	1	BON Croissance:>1/4<1/3 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production moyenne Mortalité après 1 an: >20%<30%
P	Proteaceae	<i>Grevillea exul var. rubiginosa,</i>	1998	8	
M	Myrtaceae	<i>Uromyrtus myrtoides</i>	2001	1	
M	Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	2004	2	
P	Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	2003	3	
M	Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>	2002	4	
M	Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	2003	2	
M	Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	2005	1	
P	Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	2004	1	
M	Araucariaceae	<i>Agathis ovata</i>	2001	3	
M	Cunoniaceae	<i>Cunonia deplanchei</i>	2004	1	
M	Mimosaceae	<i>Storckiella pancheri</i>	2001	4	
F	Myrtaceae	<i>Arillastrum gummiferum</i>	2003	3	
P	Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	2004	1	
P	Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	2004	2	
F	Guttifereae	<i>Garcinia balansae</i>	2004	2	
M	Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	2004	1	
P	Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	2004	2	
M	Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	2004	2	
F	Myrtaceae	<i>Metrosideros nitida</i>	2004	1	
M	Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	2002	4	
M	Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	2004	1	
F	Euphorbiaceae	<i>Cassine cunninghamii</i>	2002	3	
F	Meliaceae	<i>Dysoxylum canalenses</i>	2001	2	
M	Araliaceae	<i>Myodocarpus involucreatus</i>	2004	2	
F	Myrtaceae	<i>Piliocalyx laurifolius</i>	2002	2	
M	Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratii</i>	2004	2	
F	Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>	2004	1	
F	Mimosaceae	<i>Serianthes sachatae</i>	2004	2	
M	Eriaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	2004	1	
M	Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	2004	1	
M	Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	2004	1	MOYENNE Croissance:<1/4 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production moyenne Mortalité en 1 an: >30<40%
M	Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	2002	1	
M	Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillanii</i>	2002	2	
M	Podocarpaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>	2005	1	
M	Thymeliaceae	<i>Solmsia calophylla</i>	2005	1	
M	Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	2004	2	
M	Myrtaceae	<i>Austromyrtus alternifolius</i>	2005	1	
F	Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvana</i>	2005	1	
F	Sapindaceae	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>	2004	1	
M	Ebenaceae	<i>Diospyros parviflora</i>	2001	1	
M	Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	2004	1	
F	Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>	2004	2	
M	Rubiaceae	<i>Psychotria oleoides</i>	2004	2	
F	Myrsinaceae	<i>Rapanea assymetrica</i>	2002	1	
M	Connaraceae	<i>Rourea balanseanum</i>	2003	2	

Revégétalisation des pentes du bassin a residue de l'usine pilote

Objectif: Établir une couverture végétale adaptée de plantes endémique en conjonction avec des biotextiles pour réduire les conditions érosives des pentes latéritiques des bassins a residues de l'usine pilote

Substrat: Sol latéritique compacte (60% argiles, 40% gravillonnaire)

Pentes:	40°-55°
Date établi:	05/04/2000
Surface stabilise en filet de toile de jute (m²):	1820
Surface stabilise en filet de toile de coco (m²):	780
Surface totale (m²):	2600

Plantation sur les pentes du bassin a residue

Nombre de plantes	1250
Nombre d'espèces endémiques	11
Espacement (décale):	1.5 m
Taux de mortalité après 4 mois	2,90%

Ensemencement directe

Quantité de graines (g)	42200
Nombre d'espèces endémiques	8
Espacement des rainurage perpendiculaire a la pente (2 cm profondeur)	1.5 m
Nombre de personnel	6
Nombre de heures	68

Prix de l'opération de revegetalisation (fcfp)

Prix d'engrais (m ²)	11
Prix toile de jute (m ²)	76
Prix toile de coco (m ²)	169
Prix par plante	88
Prix main d'œuvre (m ²)	86
Prix totale pour revégétaliser avec toile de jute (m ²)	261
Prix totale pour revégétaliser avec toile de coco (m ²)	354
Prix globale de l'opération de revegetalisation des bassins a residue	751140
Prix globale de l'opération de revegetalisation des bassins a residue (m ²)	288,9

Plantation du col de l'Antenne

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sol ferrallitique ferritique induré sur les versants sud est du Mts Ongoné. Les sols ont été mise a nu par une opération de d'agrandissement de route en 1968. D'etudier les taux de germination des essences de maquis minier and croissance de plantules de maquis minier a des differents espacements (0.5m, 1m, 1.5m).

Plantation des plantules

Date établi 25/04/2001

Surface (m ²)	5820
Surface toile de jute (m ²)	1320
Nombre de plantes	4383
Nombre d'espèces	22

Especies: *Agathis ovata*, *Alphitonia neocaledonica*, *Austrobuxus carunculatus*, *Beccariella baueri*, *Beccariella sebertii*, *Diospyros parviflora*, *Dodonea viscosa*, *Dysoxylum canalenses*, *Gardenia aubreyii*, *Grevillea exul var. rubiginosa*, *Gymnostoma deplancheanum*, *Hibbertia lucens*, *Joinvillea plicata*, *Myodocarpus fraxinifolius*, *Osmanthus austrocaledonica*, *Storckiella pancheri*, *Syzygium frutescens*, *Syzygium macranthum*, *Syzygium ngoyenses*, *Syzygium wagapenses*, *Tarenna hexamera*, *Uromyrtus myrtoides*, *Xanthostemon aurantiacum*.

Quantité d'engrais (kg) 75

Ensemencement des graines de maquis minier

Nombre d'especes 13

Especies: *Acridocarpus austrocaledonica*, *Alphitonia neocaledonica*, *Austrobuxus caranculatus*, *Grevillea exul. rubiginosa*, *Gymnostoma deplancheanum*, *Joinvillea plicata*, *Myodocarpus involucratus*, *Myodocarpus fraxinifolius*, *Scaevola balansae*, *Stenocarpus umbelliferus*, *Syzygium ngoyenses*, *Tristaniopsis glauca*, *Xanthostemon aurantiacum*

Quantité de graines (g)	35535
Surface d'ensemencement	1320
Poid moyenne (g/m ²)	27,3

Coût de l'operation de la plantation Kuebini

Production de plantes (@ 100fcf le pied) fcfp	438 300 F
Toile de jute	45 600 F
Rippage, plantation et deroulage des toiles de jute	1 001 700 F

Total 1 485 600 F

Total (fcf/m²) 255,26 F

Plantation de l'ancien carrier BTH a la vallée de la Kuebini

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sol ferrallitique ferritique gravillonnaire sur les versants sud de la vallée de la Kuebini. Les sols ont été mise a nu par une opération de carrière de cuirasse abandonnée en Mai 2002. D'examiner l'efficacité des copeaux comme matière pour la revégétalisation.

Plantation des plantules

Date établi

28/05/2002

Surface (m ²)	6557
Surface toile de jute (m ²)	1320
Nombre de plantes	1658
Nombre d'espèces	33

Especes: *Agathis ovata*, *Alphitonia neocaledonica*,

Austrobuxus carunculatus, *Beccariella sebertii*, *Cassine cunninghamii*, *Comptonella drupaceae*
Dodonea viscosa, *Gardenia aubreyii*, *Geigera balansae*, *Gonstostylis veillardii*, *Grevillea exul*
Grevillea gillvrayii, *Guioa glauca*, *Gymnostoma deplancheanum*, *Hibbertia lucens*, *Joinvillea plicata*
Myodocarpus fraxinifolius, *Piliocalyx laurifolius*, *Rapanea assymetrica*, *Scaevola balanseana*
Stenocarpus comptonii, *Stenocarpus umbelliferus*, *Styphelia veillonii*, *Syzygium frutescens*,
Syzygium macranthum, *Syzygium mouanum*, *Syzygium ngoyenses*, *Syzygium wagapenses*
Tarenna hexamera, *Tristaniopsis guillainii*, *Xanthostemon aurantiacum*.

Quantité d'engrais (kg)	22
-------------------------	----

Ensemencement des graines de maquis minier

Nombre d'especes	20
------------------	----

Especes: *Acridocarpus austrocaledonica*, *Alphitonia neocaledonica*, *Austrobuxus carunculatus*,
Codia montana, *Costularia ssp.*, *Eugenia brongniartii*, *Eugenia stricta*, *Flagellaria neocaledonica*,
Grevillea exul. rubiginosa, *Gymnostoma deplancheanum*, *Joinvillea plicata*, *Longetia buxoides*
Myodocarpus fraxinifolius, *Polyscias pancheri*, *Scaevola balansae*, *Stenocarpus umbelliferus*,
Syzygium ngoyenses, *Tristaniopsis callobuxus*, *Tristaniopsis glauca*, *Xanthostemon aurantiacum*

Quantité de graines (g)	82472
Surface d'ensemencement	1892
Poid moyenne (g/m ²)	43,5

Compostage

Surface copeaux (m ²)	1924,5
Profondeur moyenne (cm)	5,7
Poid pour 1m ² , moyenne (kg)	22,5
Poid totale (kg)	43272,4

Coût de l'operation de la plantation Kuebini

Production de plantes (@ 100fcfp le pied) fcfp	165 800 F
Roulage copeaux	90 000 F
Toile de jute	45 600 F
Plantation et deroulage des toiles de jute	1 001 700 F

Total	1 303 100 F
--------------	--------------------

Total (fcfp/m²)	198,73 F
-----------------------------------	-----------------

Plantation des espèces de maquis minier au tour du parabolique de télécommunication de l'usine commercial

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sols ferrallitique ferritique gravillonnaire sur les versants sud ouest du dépôt mort terrain situé au tour du parabolique de télécommunication de l'usine commercial.
Examiner le potentiel de germination des espèces de maquis minier sur des surface recouvert d'une couche de 50cm de terre végétale récupère lors du décapage des zones de maquis ligno-herbacé.

Plantations des plantules

Date	24/02/03 to 13/03/03
Nombre de jours	12
Nombre de personnel	7
Surface totale de l'operation de revégétalisation	10403m ²
Surface totale de toile de jute	8315m ²
Quantité d'engrais Nutricote 360 (g)	40000
Nombre de plantes total	7800
Espacement (m)	1,5
Nombre d'espèces endémiques	30

Composition floristique du plantation

	% du Total
Casuarinaceae <i>Gymnostoma deplancheanum</i>	17,1
Myrtaceae <i>Syzygium ngoyenses</i>	9,1
Rutaceae <i>Comptonella drupaceae</i>	6,9
Rubiaceae <i>Gardenia aubreyii</i>	6,9
Rubiaceae <i>Tarenna hexamera</i>	5,7
Sapindaceae <i>Guioa villosa</i>	5,7
Proteaceae <i>Grevillea exul</i>	4,6
Oleaceae <i>Osmanthus austrocaledonica</i>	4,0
Sapindaceae <i>Storthocalyx pancheri</i>	3,4
Rhamnaceae <i>Alphitonia neocaledonica</i>	3,4
Euphorbiaceae <i>Austrobuxus carunculatus</i>	3,4
Dilleniaceae <i>Hibbertia lucens</i>	2,9
Myrtaceae <i>Eugenia brongniartii</i>	2,3
Sapindaceae <i>Dodonea viscosa</i>	2,3
Labiataceae <i>Oxera macrocalyx</i>	2,3
Proteaceae <i>Stenocarpus umbelliferus</i>	2,3
Myrtaceae <i>Syzygium wagapenses</i>	2,3
Araliaceae <i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	2,3
Sapotaceae <i>Beccariella baueri</i>	2,3
Casuarinaceae <i>Gymnostoma poissanianum</i>	1,7
Myrtaceae <i>Xanthostemon aurantiacum</i>	1,4
Sapotaceae <i>Beccariella sebertii</i>	1,1
Myrtaceae <i>Tristaniopsis guillanii</i>	1,1
Myrtaceae <i>Arillastrum gummiferum</i>	1,1
Joinvilleaceae <i>Joinvillea plicata</i>	1,1
Goodeniaceae <i>Scaevola balanseanum</i>	1,1
Myrtaceae <i>Syzygium macranthum</i>	0,9
Apocynaceae <i>Alstonia coriacea</i>	0,6
Connaraceae <i>Santaloides balanseanum</i>	0,3
Sapindaceae <i>Guioa glauca</i>	0,3

Essai d'ensemencement des espèces du maquis minier

Date		15/04/03 to 17/04/03
Nombre de jours		3
Nombre de personnel		7
Surface de l'ensemencement (incorporé dans la plantation)		6587m ²
Surface toile de jute (incorporé dans la surface de toile de jute totale)		6587m ²
Quantité d'engrais Nutricote 360 (g)		25000
Traitement des graines = Acid Gibberallique		0.1%/24 heures
Apport matière organique		Paillage décomposé
Quantité de graines total (g)		59503,6
Nombre d'espèces		27
Quantité de graines (g/m ²)		9,03
Composition floristique de l'ensemencement		% du Total (Mesuré poids par graine)
Myrtaceae	<i>Xanthostemon auriantacum</i>	49,608
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	41,340
Myrtaceae	<i>Tristanopsis glauca</i>	16,749
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	7,566
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	6,212
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	5,669
Rhamnaceae	<i>Alphitonia néocalédonica</i>	3,467
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	2,976
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	2,223
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	1,854
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	1,182
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	0,997
Proteaceae	<i>Grevillea exul rubiginosa</i>	0,787
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	0,715
Araliaceae	<i>Polysias pancheri</i>	0,703
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	0,542
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifollus</i>	0,343
Rubiaceae	<i>Gardenia aubrei</i>	0,125
Podocarpaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>	0,124
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	0,118
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	0,092
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	0,089
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	0,035
Rubiaceae	<i>Morinda aspersa</i>	0,029
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myrtoides</i>	0,017
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyensis</i>	0,000
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartii</i>	0,000
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	0,000

Plantation des espèces de maquis minier sur le mort terrain en proximité de INCO 2

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sol ferralitique ferritique gravillonnaire sur les versants nord ouest du dépôt mort terrain situé en proximité du parabolique de télécommunication de l'usine commerciale. Examiner le potentiel de germination des espèces de maquis minier sur des surface recouvert 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

Composition floristique du plantation

<u>Famille</u>	<u>Espèce</u>	<u>% du Total</u>
Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	8,26
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	7,60
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	7,50
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	6,55
Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>	6,03
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacus</i>	5,71
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratti</i>	5,35
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	3,88
Labiatae	<i>Oxera neriifolia (macrocalyx)</i>	3,28
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratti</i>	3,09
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	2,91
Rutaceae	<i>Comptonella drupaceae</i>	2,80
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	2,25
Sapindaceae	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>	1,91
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	1,91
Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyi</i>	1,83
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	1,83
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	1,70
Proteaceae	<i>Stenocarpus comptonii</i>	1,55
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	1,42
Oleaceae	<i>Osmanthus neocaledonica</i>	1,36
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	1,34
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	1,26
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	1,23
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	1,21
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	1,07
Myrtaceae	<i>Arillastrum gummiferum</i>	1,05
Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>	1,05
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	1,05
Myrtaceae	<i>Syzygium gasconii</i>	1,05
Rubiaceae	<i>Psychotria olioides</i>	0,92
Guttiferae	<i>Garcinia balansae</i>	0,79
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	0,79
Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>	0,66
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	0,52
Sapotaceae	<i>Beccariella brevipedunculata</i>	0,52
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	0,52
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	0,52
Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>	0,52
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	0,52
Casauriaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	0,47
Linaceae	<i>Hugonia penicillanthemum</i>	0,47
Connaraceae	<i>Santaloides balanseanum</i>	0,39
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	0,37
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	0,37
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	0,37
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	0,31
Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	0,29
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	0,26
Cunoniaceae	<i>Cunonia deplanchei</i>	0,26
Celastraceae	<i>Cassine cunninghamiana</i>	0,26
Cyperaceae	<i>Gahnia neocaledonica</i>	0,26
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	0,26

Myrtaceae	<i>Melaleuca brongniartiana</i>	0,26
Caesalpiniaceae	<i>Serianthes calycina</i>	0,21
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	0,16
Goodeniaceae	<i>Scaevola balansae</i>	0,08
Myrtaceae	<i>Metrosideros nitida</i>	0,05
Araliaceae	<i>Myodocarpus involuocratus</i>	0,05
Caesalpiniaceae	<i>Storckiella pancheri</i>	0,03

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 hydroretenteur (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

Composition floristique de l'ensemencement

<u>Famille</u>	<u>Especie</u>	<u>% du Total (Mesuré poids par graine)</u>
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	16,93
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	13,88
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	11,08
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	10,40
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i>	6,55
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	6,35
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	4,55
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	4,27
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	3,70
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	3,33
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillanii</i>	3,03
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	2,59
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	2,28
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	2,02
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	1,50
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	1,20
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	1,05
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	0,89
Myrtaceae	<i>Uromyrtus emarginata</i>	0,71
Myrtaceae	<i>Xanthostemon multiflorus</i>	0,63
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	0,45
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulphureus</i>	0,42
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	0,38
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	0,31
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	0,21
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis callobuxus</i>	0,18
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	0,14
Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	0,11
Myrtaceae	<i>Cloezia floribunda</i>	0,09
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	0,07
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	0,07
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	0,07
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	0,07
Myrsinaceae	<i>Rapanea diminuta</i>	0,06
Myrtaceae	<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	0,06
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	0,05
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	0,05
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	0,04
Epâcridaceae	<i>Styphelia veillonii</i>	0,04
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	0,04
Euphorbiaceae	<i>Cleidion veillardii</i>	0,03
Myrtaceae	<i>Syzygium pancheri</i>	0,03
Ebenaceae	<i>Diospyros parviflora</i>	0,03
Flindersiaceae	<i>Flindersia fourmieri</i>	0,01
Celastraceae	<i>Peripterygia emarginata</i>	0,01
Cunoniaceae	<i>Pancheria veillardii</i>	0,01
Cunoniaceae	<i>Pancheria hirsuta</i>	0,00
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myroides</i>	0,00
Epacricadeae	<i>Styphelia cymbulae</i>	0,00

Plantation des espèces de maquis minier sur le mort terrain en proximité de INCO 2 en 2005

Objectif: Réduire l'érosion de surface des sols ferrallitiques ferritiques gravillonnaires sur les versants est, sud et ouest du dépôt de mort terrain situé à proximité de l'antenne parabolique de télécommunication de l'usine commerciale. Examiner le potentiel de germination des espèces de maquis minier sur des surface recouvertes d'une couche de 50cm de terre végétale récupérée lors du décapage des zone de maquis ligno-herbacé.

Plantations de plantules

Date	29/03/05 a 21/04/05
Nombre de jours	16
Nombre de personnel	10
Parcel E (Plantation + ensemencement)	3270m ²
Parcel F (Plantation + ensemencement)	3253m ²
Parcel G (Plantation + ensemencement)	2690m ²
Parcel I (Sylviculture de <i>Agathis ovata</i> et <i>Arillastrum gummiferum</i>)	3787m ²
Parcel D (ensemencement du plantation 2004)	2157m ²
Totale surface planté	12098m ²
Totale surface revégétalisé	14255m ²
Quantité de hydroretenteur (g)	25000
Quantité d'engrais NPK (g)	37415
Nombre de plantes au total	7483
Espacement (m)	1,5
Nombre d'espèces endémiques	46

Composition floristique du plantation

<u>Famille</u>	<u>Espèce</u>	<u>% du Total</u>
Araucariaceae	<i>Agathis ovata</i>	9,4
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	7,4
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	6,2
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	6,0
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	5,8
Proteaceae	<i>Grevillea gillivrayi</i>	5,0
Myrtaceae	<i>Arillastrum gummiferum</i>	4,8
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	4,8
Myrtaceae	<i>Babbingtonia leratii</i>	4,1
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	3,7
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	3,5
Labiataeae	<i>Oxera macrocalyx</i>	3,2
Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>	3,2
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	3,2
Clusiaceae	<i>Garcinia balansae</i>	3,0
Myrtaceae	<i>Pilocalyx laurifolia</i>	2,5
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	2,1
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	2,1
Goodeniaceae	<i>Scaevola balansaeana</i>	2,1
Sapotaceae	<i>Beccariella crebrifolia</i>	1,7
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	1,6
Rubiaceae	<i>Psychotria oleoides</i>	1,4
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	1,1
Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	1,1
Mimioaceae	<i>Serianthes sachatae</i>	1,1
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	1,1
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	1,1
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	1,1
Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	0,9
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus ellipticus</i>	0,9
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	0,9

Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>	0,5
Caesalpinaceae	<i>Storkiella pancheri</i>	0,5
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvana</i>	0,5
Cupressaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>	0,5
Celastraceae	<i>Cassine cunninghamii</i>	0,3
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	0,3
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	0,3
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratii</i>	0,3
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	0,1
Araliaceae	<i>Myodocarpus involuocratus</i>	0,1
Myrtaceae	<i>Austromyrtus alternifolius</i>	0,1
Connaraceae	<i>Rourea santaloides</i>	0,1
Cunoniaceae	<i>Geissois pruinosa</i>	0,1
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	0,1
Thymeliaceae	<i>Solmsia calophyllæ</i>	0,1

Essai d'ensemencement des espèces du maquis minier

Date	11/04/05 to 28/04/05
Nombre de jours	11
Nombre de personnel	10
Surface totale	10474m ²
Surface toile de jute	10474m ²
Quantité d'engrais (g) Nutricote (16:4,4:8,3) 360 jours	50000
Apport matière organique	Copeaux (first ore)
Quantité d'apport en matière organique (kg)	5000
Quantité de graines total (g)	78970
Nombre d'espèces	11
Quantité de graines (g/m ²)	7,54

Composition floristique de l'ensemencement

Famille	Espèce	% du Total (Mesuré poids par graine)
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	27,35
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	25,64
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	25,33
Goodeniaceae	<i>Scaevola cylindrica</i>	4,69
Cyperaceae	<i>Baumea deplanchei</i>	4,62
Proteaceae	<i>Grevillea exul. rubiginosa</i>	4,05
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	3,10
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	2,03
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	1,39
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonicus</i>	0,99
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	0,81

Plantation des espèces de maquis minier sur la route du ferry

en 2006

Objectif: Réduire l'érosion des surfaces des talutés en déblais et des pentes en remblais de sol gabbroïque sur la route du ferry se trouvant sur un sous bassin à l'ouest de la route du port.

Examiner le potentiel de germination des espèces de maquis minier sur des pentes de sol gabbroïque,

L'ensemencement sur les pentes en remblais a été fait par rainurage à raison d'un espacement de 1,5m compte de la forte pente <40°,

Plantations de plantules

Date	02/05/06 a 30/05/06
Nombre de jours	18
Nombre de personnel	10
Totale surface revégétalisée	4985m ²
Quantité de hydroretenteur (g)	75000
Quantité d'engrais NPK (g)	48900
Nombre de plantes au total	3260
Espacement (m)	1,5
Nombre d'espèces endémiques	42

Composition floristique du plantation

<u>Famille</u>	<u>Espèce</u>	<u>% du Total</u>
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	0,6
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	0,1
Bignoniaceae	<i>Deplanchea speciosa</i>	0,2
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	13,6
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	1,2
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	1,2
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	1,2
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulæ</i>	0,7
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	1,2
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvana</i>	0,2
Goodeniaceae	<i>Scaevola montana</i>	4,2
Labiaceae	<i>Oxera nerifolia</i>	3,8
Linaceae	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	1,2
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	8,3
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	0,6
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratti</i>	0,6
Myrtaceae	<i>Eugenia brogniartiana</i>	0,0
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	3,6
Myrtaceae	<i>Melaleuca gnignoides</i>	1,9
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	1,2
Myrtaceae	<i>Syzygium macranthum</i>	0,9
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	2,5
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	0,6
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapense</i>	13,7
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	8,2
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulphureus</i>	0,6
Oleaceae	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	0,6
Pittosporaceae	<i>Pittosporum deplanchei</i>	1,2
Proteaceae	<i>Beauprea gracile</i>	4,3
Proteaceae	<i>Grevillea rubiginosa</i>	0,6
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1,3
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	0,4
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	0,4
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	3,3
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	11,5
Cupaniopsis	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>	0,3
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	0,1

Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	0,1
Sapindaceae	<i>Storthocalyx pancheri</i>	1,2
Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>	0,2
Sapotaceae	<i>Beccariella crebifolia</i>	0,6
Sapotaceae	<i>Beccariella seberti</i>	1,8

Essai d'ensemencement des espèces du maquis minier

Date	22/05/06 to 30/05/06
Nombre de jours	6
Nombre de personnel	5
Total surface d'ensemencement avec des graines de maquis minier	4487m ²
Surface toile de jute	4487m ²
Quantité d'engrais (g) Nutricote (16:4,4:8,3) 360 jours	50000
Apport matière organique	Copeaux (first ore)
Quantité d'apport en matière organique (kg)	5000
Quantité de graines total (g)	47471,87
Nombre d'espèces	27
Quantité de graines (g/m ²)	17,49

Composition floristique de l'ensemencement

<u>Famille</u>	<u>Espèce</u>	<u>% du Total (Mesuré poids par graine)</u>
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	1,2
Proteaceae	<i>Garniera spathulefolia</i>	0,7
Casuarinaceae	<i>Gymnostomma deplancheanum</i>	4,3
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	18,8
Cyperaceae	<i>Baumea deplanchei</i>	20,3
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum (Lot 2004/20)</i>	15,4
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata (Lot 2005)</i>	4,6
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	1,4
Sapotaceae	<i>Rhamnoluma calomeris</i>	1,4
Rutaceae	<i>Halfordia kendac (Lot 2005)</i>	0,8
Goodeniaceae	<i>Scaevola montana</i>	5,1
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa (Lot 2004)</i>	1,1
Linaceae	<i>Hugonia pennicelanthemum (Lot 2005)</i>	0,3
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i>	0,5
Nepenthaceae	<i>Nepenthes veillardii</i>	0,0
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	1,2
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	0,3
Myrtaceae	<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	0,1
Myrtaceae	<i>Uromyrtus ngoyensis</i>	0,2
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	0,1
Myrtaceae	<i>Cloezia artensis</i>	0,3
Podocarpaceae	<i>Dacridium araucarioides</i>	0,6
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	0,2
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	0,7
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillainii</i>	0,1
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	0,1
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseanum</i>	20,1

ANNEXE 5

Résultats des essais de revégétalisation

Performance en revégétalisation

Phénologie de la fructification

Productivité

Taux de germination

Nombre de germinations par m² sur les différents essais d'ensemencement par dispersion entre 2001 et 2005

Role Ecologique	Espèce	Annee du premier test	Nombre d'annee de test	Performance en revegetalisation	Phenologie Fructification	Productivité Fructification	Taux de germination	Leve de semis cond, optimale	Problèmes en germination			
P	<i>Scaevola balanseanum</i>	2000	5	EXCELLENT Croissance: >1/2 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production abondante Mortalité après 1an : <10%	Annuel	Abondant	>20%<50%	1 mois	Plantules <2mm Fonte de semis			
P	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	1998	8				>30%<80%	1 mois				
P	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	1998	8			>10%<30%	3 mois					
P	<i>Hibbertia lucens</i>	2003	5			<20%	6 mois					
P	<i>Joinvillea plicata</i>	1999	6			<15%	3 mois					
P	<i>Dodonaea viscosa</i>	1999	7			>30%<70%	<1 mois	Fonte de semis				
F	<i>Gymnostoma poissanianum</i>	2003	1			>20%<50%	1 mois					
F	<i>Syzygium wagapenses</i>	1999	5			>40%<80%	<1 mois					
F	<i>Syzygium frutescens</i>	1998	8			>30%<70%	<1 mois					
M	<i>Stenocarpus comptonii</i>	2002	2			<20%	2 mois					
P	<i>Gahnia neocaledonica</i>	2000	1	<10%	6 mois							
P	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1998	7	TRES BON Croissance:>1/3<1/2 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production abondante Mortalité après un an: >10%<20%	Annuel	Abondant	>10%<50%	2 mois	Attaque des insectes Fonte de semis			
P	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	2002	3				>5%<30%	1 mois				
M	<i>Tarenna hexamera</i>	2001	4				>10%<50%	6 mois				
M	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	2002	7				>5%<30%	3 mois		Plantules <2mm		
M	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	2003	4			<20%	3 mois					
M	<i>Osmanthus austrocaledonica</i>	1999	6			>20%<80%	1 mois					
M	<i>Syzygium ngoyenses</i>	1998	7			>30%<70%	1 mois	Attaque des insectes				
P	<i>Babingtonia leratii</i>	2004	2			NA (Bouturage)	Peu	NA (Bouturage) <40%	<1 mois	Attaque des insectes Plantules <2mm		
M	<i>Beccariella sebertii</i>	1999	7			>20%<60%			3 mois			
P	<i>Gardenia aubreyii</i>	1999	6			<30%			<1 mois			
P	<i>Grevillea gillivrayi</i>	2002	2			>10%<30%			2 mois		Attaque des insectes	
M	<i>Beccariella crebrifolia</i>	2004	2			>20%<40%			2 mois		Attaque des insectes	
P	<i>Guioa villosa</i>	2003	3			<20%			3 mois		Attaque des insectes	
M	<i>Storthocalyx pancheri</i>	2003	1			>10%<80%			1 mois		Attaque des insectes	
M	<i>Syzygium multipetalum</i>	2004	2			<20%			6 mois			
M	<i>Comptonella drupaceae</i>	2002	3			>20%			NA (Bouturage) NA (Bouturage) NA (Bouturage)		2 mois 2 mois	Plantules <2mm
M	<i>Oxera nerifolia</i>	2002	4			<20%						
M	<i>Cordyline neocaledonica</i>	2004	1			NA (Bouturage)	Irregulier	Peu	NA (Bouturage) NA (Bouturage)	2 mois 2 mois	Plantules <2mm	
M	<i>Melaleuca brongniartiana</i>	2004	1			>20%<60%						
F	<i>Syzygium macranthum</i>	2002	3			<30%	Irregulier	Peu	>20%<60%	2 mois 2 mois	Plantules <2mm	
M	<i>Syzygium mouanur</i>	2002	3	<30%								
M	<i>Eugenia stricta</i>	2005	1	BON Croissance:>1/4<1/3 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production moyenne Mortalité après 1 an: >20%<30%	Annuel	Abondant	>20%<40%	3 mois	Attaque des insectes Plantules <2mm Fonte de semis			
P	<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	1998	8				>30%<80%	1 mois				
M	<i>Uromyrtus myrtoides</i>	2001	1				<20%	3 mois				
M	<i>Geissois pruinosa</i>	2004	2				>10%<30%	2 mois				
P	<i>Alstonia coriaceae</i>	2003	3			<10%	3 mois					
M	<i>Beccariella baueri</i>	2002	4			>40%<70%	<1 mois					
M	<i>Guioa glauca</i>	2003	2			<20%	2 mois					
M	<i>Hibbertia pancheri</i>	2005	1			<5%	4 mois					
P	<i>Polyscias pancheri</i>	2004	1			>5%<20%	6 mois					
M	<i>Agathis ovata</i>	2001	3			>20%<40%	1 mois	Fonte de semis				
M	<i>Cunonia deplanchei</i>	2004	1			<10%	3 mois	Plantules <2mm				
M	<i>Storckia pancheri</i>	2001	4			<20%	2 mois					
F	<i>Arillastrum gummiferum</i>	2003	3			>10%<60%	Irregulier	Abondant		>10%<60%	2 mois	Fonte de semis Fonte de semis
P	<i>Codia montana</i>	2004	1			<10%				4 mois		
P	<i>Longetia buxoides</i>	2004	2			<20%				6 mois		
F	<i>Garcinia balansae</i>	2004	2			>20%<40%				1 mois		
M	<i>Halphordia kendac</i>	2004	1			<30%				9 mois		
P	<i>Hugonia penicellanthemum</i>	2004	2			>10%<30%				4 mois		
M	<i>Lomandra insularis</i>	2004	2			>40%<80%				1 an		
F	<i>Metrosideros nitida</i>	2004	1			<10%				6 mois	Plantules <2mm	
M	<i>Eugenia brongniartiana</i>	2002	4	>20%<40%	2 mois							
M	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	2004	1	<5%	6 mois							
F	<i>Cassine cunninghamii</i>	2002	3	<10%	1 an							
F	<i>Dysoxylum canalenses</i>	2001	2	>5%<40%	3 mois							
M	<i>Myodocarpus involucrat</i>	2004	2	<10%	5 mois							
F	<i>Piliocalyx laurifolius</i>	2002	2	>20%<40%	2 mois							
M	<i>Pittosporum leratii</i>	2004	2	>30%<50%	2 mois							
F	<i>Polyscias dioica</i>	2004	1	<10%	6 mois							
F	<i>Serianthes sachatae</i>	2004	2	<10%	2 mois	Fonte de semis						
M	<i>Styphelia cymbulae</i>	2004	1	<5%	1 an	Plantules <2mm						
M	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	2004	1	>10%<30%	3 mois	Plantules <2mm						
M	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	2004	1	MOYENNE Croissance:<1/4 en hauteur vertical par an, Biomasse vegetale: production moyenne Mortalité en 1 an: >30%<40%	Annuel	Abondant	<20%	2 mois	Fonte de semis			
M	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	2002	1				<5%	1 an				
M	<i>Tristanopsis guillanii</i>	2002	2		<10%	2 mois						
M	<i>Dacrydium araucarioides</i>	2005	1		<5%	1 an						
M	<i>Solmsia calophylla</i>	2005	1		<5%	6 mois						
M	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	2004	2		<20%	6 mois						
M	<i>Austromyrtus alternifolius</i>	2005	1		<10%	3 mois						
F	<i>Casearia sylvana</i>	2005	1		<20%	2 mois						
F	<i>Cupaniopsis fruticosa</i>	2004	1		<5%	6 mois						
M	<i>Diospyros parviflora</i>	2001	1		<10%	6 mois						
M	<i>Ixora francii</i>	2004	1		<10%	3 mois						
F	<i>Litsea triflora</i>	2004	2		<20%	1 an						
M	<i>Psychotria oleoides</i>	2004	2		>10%<30%	4 mois						
F	<i>Rapanea assymetrica</i>	2002	1		<5%	1 an						
M	<i>Rourea balanseanum</i>	2003	2		<30%	3 mois						

Nombre de germinations/m² après 1 an sur les différents essais d'ensemencement par dispersion entre 2001 et 2005,

Localisation		Bassin de la Kue Ouest				Bassin de la Kuebini				Bassin du Baie Nord				Bassin du Baie Nord								
Surface m²		1100				1320				6587				8858								
Date planté		25th Avril 2001				28th Mai 2002				15 avril 2003				19 avril 2004								
Surface de la substrat		Laterite érodé argileux				Sol gravillonnaire				Laterite érodé argileux				Laterite colluvionaire								
Travaux de rehabilitation		Défoncé				Rien				Défoncé avec buteur				50cm de "top soil" lateritique de sol érodé				Compaction du surface par chenille				
Famille	Espèces	Poid par graine g	% Total poid des graines	Moyenne m² n=55	Ecartype	% Total poid des seed	Moyenne m² n=43	Ecartype	Moyenne m² n=19	Ecartype	% Total poid des graines	Moyenne m² n=90	Ecartype	% Total poid des graines	Moyenne m² n=286	Ecartype						
Araliaceae	<i>Myodocarpus fraxinifolia</i>	0,152	3,7	0,1	0,3	1,7	0	0	0	0	4,9	0,2	1,6	8,9	0,0	0,7						
Araliaceae	<i>Myodocarpus involucratius</i>	0,122	0,6	0	0	0,122	0	0	0	0	0,122	0	0	0,122	0	0						
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	0,012				0,3	0	0	0	0	1,2	0,6	1,5									
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	0,005	1,3	0,1	0,5	0,4	0,4	1,2	0,4	0,8	5,4	0,5	0,5	1,7	0,2	0,7						
Celastraceae	<i>Geniostoma densiflora*</i>											0,1	0									
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	0,005				1,8	0	0	0	0	4,0	0	0	2,8								
Cyperaceae	<i>Baumea deplanchei*</i>											0,1	1,0									
Cyperaceae	<i>Costularia comosa</i>	0,001	25,3	0	0	30,3	0,1	0,4	57,9	55,7	5,9	0,6	1,2	14,6	0,2	1,0						
Cyperaceae	<i>Lepidosperma perteres</i>											0,6	1,2		0,1	0,6						
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	0,009									1,5	1,5	1,5	0,6	0,1	0,6						
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	0,017									1,3	0,3	0,8									
Epacridaceae	<i>Styphelia veillonii*</i>											0,1	0									
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	0,048	2,1	0,3	0,3	0,9	0	0	0	0												
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	0,019				1,1	0	0	0	0												
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	0,064				29,1	0	0	0	0	9,1	0	0	13,7	1	2						
Goodeniaceae	<i>Scaevola balanseana</i>	0,026	2,1	0,5	1,0	2,2	0,9	1,7	0,7	1,1		0,1	0	4,1	1,8	2						
Joivilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	0,033	38,8	1,3	2,4	10,9	0,1	0,6	0,4	1,0	29,2	8,5	11,9									
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	0,017	7,4	0,1	0,2	6,2	0	0	0	0	5,4	0	0									
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartii</i>	0,648				0,4	0	0	0	0												
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	0,651				1,0	0	0	0	0	8,2	0,1	0,3	1,5	0,1	0,9						
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>													1,5	0,0	0,0						
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	0,311									0,1	0	0									
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	0,714	1,5	0,1	0,1	0,5	0	0	0	0	0,1	0,1	0	6,4	0,0	0						
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	0,152									2,3	0,0	0,6	9,0	0,0	0,5						
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis callobuxus</i>	0,001				0,3	0	0	0	0												
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i>	0,001	6,1	1,5	2,6	2,5	9,3	8,9	9,8	8,4	2,4	1,2	1,5	9,2	3,5	6,7						
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	0,001				2,3	0,5	1,7	0,4	1,4	7,1	0,2	0,7	3,2	1,4	1,9						
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	0,003									0,8	0	0	0,6	0	1						
Orchidaceae	<i>Acianthus sp.*</i>											0	0									
Orchidaceae	<i>Eriaxis rigida*</i>											0,1	0		0,0	2						
Podocarpaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>	0,017									0,3	0	0									
Proteaceae	<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	0,006	1,4	3,0	2,6	2,4	2,1	2,3	2,4	2,2	1,7	0,9	1,1	3,6	3,8	5,1						
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	0,019	0,7	4,3	4,8	0,7	2,5	2,5	0,9	1,4	1,9	0,3	0,4	2,1	1,8	4,1						
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	0,031	8,9	16,4	9,6	5,1	3,7	3,8	2,2	2,6	15,3	3,4	2,6	6,0	1,8	2,2						
Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyii</i>	0,008									0,1	0,1	0,4		0,0	0,0						
Rubiaceae	<i>Morinda aspersa</i>	0,041									0,2	0	0									
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera*</i>											0	0									
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	0,005									2,1	6,9	5,3	1,2	1,3	1,4						
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	0,135									0,7	0	0									
Quantité de graines g/m²				27,3						43,6						9,0						8,7
Nombre moyenne de plantules après 1 an/m²				27,3						19,7						25,6						17,1
Nombre d'espèces testées				12,0						20,0						25,0						21,0
Nombre d'espèces germées				11,0						9,0						17,0						17,0
%				91,7						45,0						68,0						81,0

ANNEXE 6

Liste des 176 espèces endémiques testées

Liste des espèces sélectionnées pour le bouturage

Famille	Espèces	Bouturage
Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	1
Annonaceae	<i>Xylopia pancheri</i>	2
Bignoniaceae	<i>Deplanchea speciosa</i>	2
Celastraceae	<i>Peripterygia marginata</i>	1
Celastraceae	<i>Maytenus fournieri</i>	2
Cunoniaceae	<i>Codia albifrons</i>	1
Elaeocarpaceae	<i>Dubouzetia confusa</i>	2
Epacridaceae	<i>Dracophyllum ramosum</i>	1
Epacridaceae	<i>Styphelia albicans</i>	1
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	1
Epacridaceae	<i>Styphelia veillonii</i>	1
Euphorbiaceae	<i>Baloghia alternifolia</i>	1
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	2
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	2
Goodeniaceae	<i>Scaevola balansae</i>	1
Goodeniaceae	<i>Scaevola montana</i>	1
Labiatae	<i>Oxera inodora</i>	1
Labiatae	<i>Oxera neriifolia (macrocalyx)</i>	1
Linaceae	<i>Hugonia penicillanthemum</i>	2
Moraceae	<i>Ficus asperula</i>	2
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratii</i>	1
Myrtaceae	<i>Melaleuca brongniartii</i>	1
Myrtaceae	<i>Melaleuca dawsonii</i>	1
Myrtaceae	<i>Melaleuca gnidioides</i>	1
Myrtaceae	<i>Melaleuca pancheri</i>	1
Myrtaceae	<i>Metrosideros nitida</i>	1
Myrtaceae	<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	1
Myrtaceae	<i>Xanthostemon myrtifolius</i>	1
Myrtaceae	<i>Rhodamnia andromedoides</i>	2
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillannii</i>	2
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis réticulata</i>	2
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis macphersonii</i>	2
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis veillardii</i>	2
Myrtaceae	<i>Uromyrtus emarginata</i>	2
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myrtoides</i>	2
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacus</i>	2
Myrtaceae	<i>Xanthostemon myrtifolia</i>	2
Nepenthaceae	<i>Nepenthes veillardii</i>	2
Oleaceae	<i>Osmanthus neocaledonica</i>	1
Pittosporaceae	<i>Pittosporum deplanchei</i>	2
Pittosporaceae	<i>Pittosporum gracile</i>	2
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratti</i>	2
Podocarpaceae	<i>Podocarpus novaecaledonica</i>	1
Proteaceae	<i>Beauprea gracile</i>	1
Rubiaceae	<i>Bikkia macrophylla</i>	1
Rubiaceae	<i>Normandia neocaledonica</i>	1
Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyii</i>	2
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	2
Rubiaceae	<i>Morinda candolei</i>	2
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	2
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	2
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	2
Smilacaceae	<i>Smilax austrocaledonica</i>	1

Bouturage

1 = Goro Nickel

2 = Institutions scientifiques (IAC, IRD)

Famille	Espèces	Type	Habitat principale
Agavaceae	<i>Cordyline neocaledonica</i>	Arbuste	Maquis
Annonaceae	<i>Xylopia pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Apocynaceae	<i>Alstonia coriacea</i>	Arbuste	Maquis
Apocynaceae	<i>Pagiantha cerifera</i>	Arbre	Maquis
Apocynaceae	<i>Parsonsia edulis</i>	Liane	Forêt
Aquifoliaceae	<i>Ilex sebertii</i>	Arbre	Forêt
Araliaceae	<i>Mydocarpus fraxinifolius</i>	Arbuste	Maquis
Araliaceae	<i>Mydocarpus involucrat</i>	Arbuste	Maquis
Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>	Arbre	Maquis
Araliaceae	<i>Polyscias pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Araliaceae	<i>Schefflera reginae</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Agathis lanceolata</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Agathis ovata</i>	Arbre	Maquis
Araucariaceae	<i>Araucaria columnaris</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Araucaria luxurians</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Araucaria montana</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Araucaria muellerii</i>	Arbre	Maquis
Araucariaceae	<i>Araucaria nemorosa</i>	Arbre	Forêt
Araucariaceae	<i>Araucaria rulei</i>	Arbre	Forêt
Bignoniaceae	<i>Deplanchea speciosa</i>	Arbuste	Maquis
Caesalpiniaceae	<i>Storckia pancheri</i>	Arbre	Forêt
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	Arbre	Maquis
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma poissoniana</i>	Arbre	Forêt
Celastraceae	<i>Maytenus fourmieri</i>	Arbuste	Maquis
Celastraceae	<i>Peripterygia marginata</i>	Arbuste	Maquis
Connaraceae	<i>Rourea balanseana</i>	Liane	Maquis
Cunoniaceae	<i>Codia albifrons</i>	Arbuste	Maquis
Cunoniaceae	<i>Codia montana</i>	Arbre	Maquis
Cunoniaceae	<i>Cunonia deplanchei</i>	Arbuste	Maquis
Cupressaceae	<i>Neocallitropsis pancheri</i>	Arbre	Maquis
Cyperaceae	<i>Baumea deplanchei</i>	Cyperaceae	Maquis
Cyperaceae	<i>Tricostularia guillauminii</i>	Cyperaceae	Maquis
Dilleniaceae	<i>Hibbertia lucens</i>	Arbuste	Maquis
Dilleniaceae	<i>Hibbertia pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Ebenaceae	<i>Diospyros parviflora</i>	Arbuste	Maquis
Elaeocarpaceae	<i>Dubouzetia confusa</i>	Arbuste	Maquis
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus alaternioides</i>	Arbuste	Maquis
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus speciosus</i>	Arbre	Forêt
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus yateensis</i>	Arbre	Forêt
Epacridaceae	<i>Dracophyllum ramosum</i>	Arbuste	Maquis
Epacridaceae	<i>Styphelia albicans</i>	Arbuste	Maquis
Epacridaceae	<i>Styphelia cymbulae</i>	Arbre	Maquis
Epacridaceae	<i>Styphelia veillonii</i>	Arbuste	Maquis
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus carunculatus</i>	Arbuste	Maquis
Euphorbiaceae	<i>Austrobuxus cuneatus</i>	Arbuste	Maquis
Euphorbiaceae	<i>Baloghia alternifolia</i>	Arbuste	Maquis
Euphorbiaceae	<i>Cleidion veillardii</i>	Arbuste	Forêt
Euphorbiaceae	<i>Longetia buxoides</i>	Arbuste	Maquis
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvana</i>	Arbuste	Forêt
Flagellariaceae	<i>Flagellaria neocaledonica</i>	Bamboo	Maquis
Flindersiaceae	<i>Flindersia fourmieri</i>	Arbre	Forêt
Goodeniaceae	<i>Scaevola balansae</i>	Arbuste	Forêt
Goodeniaceae	<i>Scaevola montana</i>	Arbuste	Maquis
Guttiferaceae	<i>Calophyllum caledonicum</i>	Arbre	Forêt
Guttiferaceae	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Arbre	Forêt
Guttiferaceae	<i>Garcinia balansae</i>	Arbre	Forêt
Guttiferaceae	<i>Montrouziera sphaeroidea</i>	Arbuste	Maquis
Joinvilleaceae	<i>Joinvillea plicata</i>	Bamboo	Maquis
Labiatae	<i>Oxera inodora</i>	Liane	Maquis
Labiatae	<i>Oxera nerifolia (macrocalyx)</i>	Liane	Maquis
Lauraceae	<i>Cryptocarya guillauminii</i>	Arbre	Forêt
Lauraceae	<i>Litsea triflora</i>	Arbuste	Forêt
Liliaceae	<i>Dianella sp.</i>	Herbacé	Forêt
Linaceae	<i>Hugonia penicillanthemum</i>	Arbuste	Maquis
Lomandraceae	<i>Lomandra insularis</i>	Arbuste	Maquis
Malpigiaceae	<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>	Arbuste	Maquis
Meliaceae	<i>Dysoxylum canalense</i>	Arbre	Forêt
Mimosaceae	<i>Archidendropsis granulosa</i>	Arbre	Forêt
Mimosaceae	<i>Paraserianthes falcata</i>	Arbre	Forêt
Mimosaceae	<i>Serianthes calycina</i>	Arbre	Forêt
Mimosaceae	<i>Serianthes sacchatae</i>	Arbre	Forêt
Moraceae	<i>Ficus asperula</i>	Arbuste	Forêt
Myrsinaceae	<i>Rapanea assymétrica</i>	Arbuste	Forêt
Myrtaceae	<i>Arillastrum gummiferum</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Babingtonia leratii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Eugenia brongniartiana</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Eugenia crucigera</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Eugenia hurlimani</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Eugenia stricta</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Melaleuca brongniartii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Melaleuca dawsonii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Melaleuca gnidioides</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Melaleuca pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Metrosideros nitida</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Piliocalyx baudouini</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Piliocalyx laurifolius</i>	Arbre	Maquis
Myrtaceae	<i>Rhodamnia andromedoides</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium frutescens</i>	Arbre	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium gasconii</i>	Arbuste	Maquis

Famille	Espèces	Type	Habitat principale
Myrtaceae	<i>Syzygium macranthum</i>	arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Syzygium mouanum</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium multipetalum</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium ngoyenses</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Syzygium wagapenses</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis glauca</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis guillannii</i>	Arbre	Maquis
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis macphersonii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis réticulata</i>	Arbre	Forêt
Myrtaceae	<i>Tristaniopsis veillardii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Uromyrtus emarginata</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Uromyrtus myrtoïdes</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon aurantiacus</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon francii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon multiflorus</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon myrtifolius</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sebertii</i>	Arbuste	Maquis
Myrtaceae	<i>Xanthostemon sulfureus</i>	Arbuste	Maquis
Nepenthaceae	<i>Nepenthes veillardii</i>	Liane	Maquis
Oleaceae	<i>Chionanthus brachystachys</i>	Arbuste	Maquis
Oleaceae	<i>Jasminium simplicifolium</i>	Liane	Maquis
Oleaceae	<i>Osmanthus neocaledonica</i>	Arbuste	Maquis
Orchidaceae	<i>Gonatostylis veillardii</i>	Herbacé	Maquis
Pandanaceae	<i>Pandanus lacuum</i>	Arbuste	Maquis
Pittosporaceae	<i>Pitosporum muricata</i>	Arbuste	Forêt
Pittosporaceae	<i>Pittosporum deplanchei</i>	Arbuste	Maquis
Pittosporaceae	<i>Pittosporum gracile</i>	Arbuste	Maquis
Pittosporaceae	<i>Pittosporum leratii</i>	Arbuste	Maquis
Podocarpaceae	<i>Dacrydium araucarioides</i>	Arbre	Maquis
Podocarpaceae	<i>Podocarpus novaecaledonica</i>	Arbuste	Maquis
Podocarpaceae	<i>Retrophyllum minor</i>	Arbre	Maquis
Proteaceae	<i>Beauprea gracile</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Beauprea montis fontium</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Beauprea spathulaefolia</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Garnieria spathularifolia</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Grevillea exul</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Grevillea gillvrayii</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Stenocarpus comptonii</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Stenocarpus trinervis</i>	Arbre	Forêt
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Stenocarpus umbelliferus var brongniartii</i>	Arbuste	Maquis
Proteaceae	<i>Virotia leptophylla</i>	Arbre	Forêt
Rhamnaceae	<i>Alphitonia neocaledonica</i>	Arbre	Maquis
Rhamnaceae	<i>Alphitonia xerocarpa</i>	Arbuste	Maquis
Rubiaceae	<i>Antirhea eximia</i>	Arbre	Forêt
Rubiaceae	<i>Antirhea splendens</i>	Arbuste	Forêt
Rubiaceae	<i>Attractocarpus heterophyllus</i>	Arbuste	Forêt
Rubiaceae	<i>Bikkia macrophylla</i>	Arbuste	Maquis
Rubiaceae	<i>Caelospermum crassifolium</i>	Liane	Maquis
Rubiaceae	<i>Gardenia aubreyii</i>	Arbuste	Maquis
Rubiaceae	<i>Ixora francii</i>	Arbuste	Maquis
Rubiaceae	<i>Morinda candolei</i>	Liane	Maquis
Rubiaceae	<i>Psychotria cardioclamys</i>	Arbuste	Forêt
Rubiaceae	<i>Psychotria oleoides</i>	Arbuste	Maquis
Rubiaceae	<i>Psychotria semperflorens</i>	Arbuste	Forêt
Rubiaceae	<i>Tarenna hexamera</i>	Arbuste	Maquis
Rutaceae	<i>Comptonella drupaceae</i>	Arbuste	Maquis
Rutaceae	<i>Geijera balansae</i>	Arbre	Forêt
Rutaceae	<i>Halphordia kendac</i>	Arbuste	Maquis
Rutaceae	<i>Medicosma leratii</i>	Arbuste	Maquis
Rutaceae	<i>Myrtopsis selengii</i>	Arbuste	Maquis
Rutaceae	<i>Zanthoxylum sp. sarasinii (BS 818)</i>	Arbuste	Maquis
Sapindaceae	<i>Cupaniopsis fructicosa</i>	Arbre	Forêt
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Arbuste	Maquis
Sapindaceae	<i>Guioa glauca</i>	Arbuste	Maquis
Sapindaceae	<i>Guioa villosa</i>	Arbuste	Maquis
Sapindaceae	<i>Storthocalyx pancheri</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Beccariella azou</i>	Arbuste	Forêt
Sapotaceae	<i>Beccariella baueri</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Beccariella crebrifolia</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Beccariella lasiantha</i>	Arbuste	Forêt
Sapotaceae	<i>Beccariella sebertii</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Bureavella endlicheri</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Bureavella wakere</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Planchonella kuebiniensis</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Planchonella pronyensis</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Planchonella thiensis</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Pycnandra chartacea</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Pycnandra decandra</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Pycnandra sp. Comptonoides</i>	Arbre	Forêt
Sapotaceae	<i>Rhamnoluma calomeris</i>	Arbuste	Maquis
Sapotaceae	<i>Sebertia gatopensis</i>	Arbuste	Maquis
Smilacaceae	<i>Smilax austrocaledonica</i>	Liane	Maquis
Sterculiaceae	<i>Maxwellia lepidodata</i>	Arbre	Forêt
Thymeliaceae	<i>Lethedon tanaenses</i>	Arbuste	Maquis
Thymeliaceae	<i>Solmsia calophylla</i>	Arbuste	Maquis

ANNEXE 7

Programmes de formation

Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricoles



**ETABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL D'ENSEIGNEMENT
ET DE FORMATION PROFESSIONNELLE AGRICOLES**

CFPPA SUD

BP 735

98810 MONT-DORE

☎ : 43.01.43

📠 : 43.73.33

✉ : cfppasud@canl.nc



**COMPTE-RENDU
DU STAGE DE FORMATION**

**APPUI A LA GESTION DE PEPINIERE
POUR LA
REVEGETALISATION DE SITES MINIERES**

REALISE PAR

LE CFPPA SUD

1 – Rappel des objectifs de la formation

Donner aux stagiaires les bases nécessaires à l'élevage de plants destinés à la revégétalisation et ce, par le biais des points suivants :

- comprendre le fonctionnement et le développement de végétaux,
- maîtriser les différentes méthodes de multiplication (semis après traitements des semences, bouturages) et comprendre l'intérêt d'avoir recours à telle méthode plutôt qu'une autre,
- procéder au suivi des jeunes plants en pépinière (préparation de substrat, repiquage, fertilisation)
- prendre conscience des difficultés du secteur (rareté des semences, germination irrégulière, temps de développement long),
- connaître les particularités des sols miniers à réhabiliter, les techniques de lutte contre l'érosion hydrique (décanteur, stockage des stériles,...)
- découvrir les différentes manières de revégétaliser les sites (plantation manuelle, hydroseeding,...),
- rencontrer au travers des visites et des interventions les différents acteurs du secteur.

2 – Déroulement de la formation

a) en centre

- calendrier : du 18/07/2006 au 15/02/2007
- lieu du stage : CFPPA Sud au Mont-Dore
- nombre moyen d'heures par semaine : 20
- nombre d'heures réalisées en centre : 120 heures
- nombre d'heures sous-traitées :
- nom du ou des sous-traitants :

b) en entreprise (visites pédagogiques)

- nom des entreprises : - Mine MONTAGNAT
 - Pépinière de la SIRAS
 - Institut Agronomique Calédonien (programme forêt sèche et mines)
 - Pépinière de GORO NICKEL

c) effectifs

	Effectif prévisionnel	Effectif réel
Effectif conventionné	10	7
Effectif indemnisé	10	3

3 – Données quantitatives

	Province Sud	Province Nord	Province Iles Loyanté	TOTAL
Nombre de stagiaires inscrits à la formation	5	2		7
<i>Dont hommes</i>	3	1		4
<i>Dont femmes</i>	2	1		3
Nombre de stagiaires ayant abandonnés la formation	0	0		0
<i>Dont hommes</i>				0
<i>Dont femmes</i>				0
Nombre de stagiaires présents aux examens				0
<i>Dont hommes</i>				0
<i>Dont femmes</i>				0
Nombre de stagiaires admis				0
<i>Dont hommes</i>				0
<i>Dont femmes</i>				0
Nombre de stagiaires ayant validés partiellement leur formation				0
<i>Dont hommes</i>				0
<i>Dont femmes</i>				0
Nombre de stagiaires refusés				0
<i>Dont hommes</i>				0
<i>Dont femmes</i>				0
TOTAL				

Taux d'érosion (<i>nbre abandons/nbre inscrits</i>)	
Taux de réussite (<i>nbre admis/nbre présents</i>)	
Taux de validation (<i>nbre admis/nbre inscrits</i>)	

4 - Compte-rendu des intervenants et des stages en entreprise

a) Les intervenants :

<i>Nom des intervenants</i>	<i>Domaine d'intervention</i>	<i>Nbre d'heures réalisées</i>
<i>Laurianne DEVAMBEZ</i>	<i>Botanique, multiplication et élevage des plants Suivi des plants en pépinière</i>	<i>50 h</i>
<i>Clément GANDET</i>	<i>Spécificités des sols miniers à revégétaliser Techniques de plantations</i>	<i>40 h</i>
<i>Laurent DEMARET</i>	<i>Suivi des plants en pépinière</i>	<i>30 h</i>

Compte rendu succinct :

- la réalisation de la progression pédagogique :

La formation, d'une durée de 120 heures s'est étalée sur plusieurs mois à raison de 3 jours par mois depuis le mois de juillet 2006. Ce rythme a été adapté aux contraintes du public en formation, pour la plupart actifs.

Par ailleurs, l'étalement dans le temps a permis un suivi des végétaux dans le temps et à divers stades.

La formation devait se terminer le 7 décembre 2006 mais pour des raisons indépendantes de notre volonté (formatrice en congé maladie liée à une grossesse difficile), nous avons été contraints de reporter celle-ci (6 jours) à janvier 2007. Elle est prévue de se terminer au plus tard le 15 février 2007.

- l'impact des aspects environnementaux de la formation sur les stagiaires :

L'ensemble du contenu de la formation était centré sur les aspects environnementaux :

➤ Connaissances des plantes endémiques à la Nouvelle-Calédonie et de leurs modes de multiplication pour les réimplanter dans leur milieu naturel.

➤ Connaissances des techniques de réhabilitation de la couverture végétale sur les sites miniers dégradés : lutte contre l'érosion et plantation de végétaux.

- le comportement des stagiaires :

Les stagiaires se sont montrés très assidus et fortement intéressés par les sujets abordés. Étant tous originaires de zones à forte activité minière, ils souhaitent grâce aux enseignements reçus lors de cette formation pouvoir s'établir soit comme pépiniéristes soit comme éleveurs de plants de maquis miniers.

- *l'assiduité au cours* : celle-ci a été très correcte du fait de la motivation de départ des stagiaires

- *les raisons des abandons* :

Aucun abandon n'a été enregistré

- *le suivi et la coordination* : un planning d'intervention avait été établi dès le début de la formation ; les dates ont été fixées dès la première intervention à intervalles réguliers de 3 à 4 semaines. Ce planning a malheureusement été perturbé pour des raisons indépendantes de notre volonté (citées ci-dessus) dans les deux derniers mois de la fin de formation.

Compte-rendu réalisé par : M. Mme Laurianne DEVAMBEZ. Qualité : Formatrice

b) *Les stages en entreprise* : aucun stage en entreprises n'a été réalisé pendant la formation.

5 – Evaluation du responsable de l'organisme

a) les points faibles

- partenariats longs et fastidieux à mettre en place dans le cadre des co-financements

b) les points forts

- motivation forte des stagiaires, identifiés pour ceux du Sud par l'entreprise Goro Nickel comme futurs porteurs de projets ; ceux du Nord sont déjà en activité et en relation professionnelle avec le secteur minier avaient été repérés par la Province Nord.
- formation répondant à un réel besoin
- bonne implication des entreprises du secteur par la fourniture de matériel végétal (semences, plants, ...) ; ouverture de leurs pépinières et disponibilité grande de leurs personnels lors des visites et d'intervention au CFPPA Sud.

Annexes

Chantiers de plantation avec les stagiaires sur la Mine Montagnat



Les stagiaires ont compris l'intérêt de l'hydrorétenteur et du paillage



Contenu synthétique	Volume horaire	En cas de sous-traitance, indiquer le calendrier prévisionnel et le nom de l'organisme
<p>Pour l'objectif intermédiaire 1 : Mobiliser les connaissances relatives à la revégétalisation des sites miniers</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Caractéristiques d'un sol minier, ➤ Fonctionnement d'un écosystème minier, ➤ Acteurs de la filière minière et législation environnementale concernant la mine <p>➤ Participation à la réalisation de chantiers (visites sur le terrain) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de revégétalisation (plantation) des sites miniers (techniques de lutte contre l'érosion et de rétention d'eau) - de récolte de semences 	<p>34 h</p> <p>6 h</p> <p>28 h</p>	
<p>Pour l'objectif intermédiaire 2 : Maîtriser les techniques et les gestes professionnels nécessaires à la production de plants pour la revégétalisation des sites miniers dans le respect des normes d'hygiène, de sécurité et d'environnement</p> <p><u>Connaissance du matériel végétal</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Principales espèces utilisées, ➤ identification des plantes utilisées pour la revégétalisation des sites miniers (visites de pépinières) ➤ mécanismes d'adaptation de ces plantes au maquis minier, <p><u>Techniques de multiplication et d'entretien adaptées à l'obtention de plants miniers en pépinières (travaux pratiques</u> dans les structures de multiplication du CFPPA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mettre en place une culture (préparation, semis, désherbage des végétaux et des aires de culture, repiquage, empotage) ➤ Suivre les cultures (arrosage, fertilisation, traitements phytosanitaires) 	<p>67 h</p>	
<p>Pour l'objectif intermédiaire 3 : Assurer la gestion et le suivi de productions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévoir les moyens humains, matériels et fournitures nécessaires à la mise en œuvre d'une pépinière ou d'une commande de plants (espèces particulières, nombre de plants,...) - Résultats technico-économiques d'une production (enregistrer les temps de travaux et d'utilisation des matériels, enregistrer les flux physiques, connaître les éléments utiles au calcul d'un coût de production) 	<p>12 h</p>	
	<p>113 h</p>	

ANNEXE 8
La nouvelle pépinière
Plans

Pépinière de Production: plan général et emplacement

Grand Lac

Décanteurs

Camp de la Géologie

Entrée principale

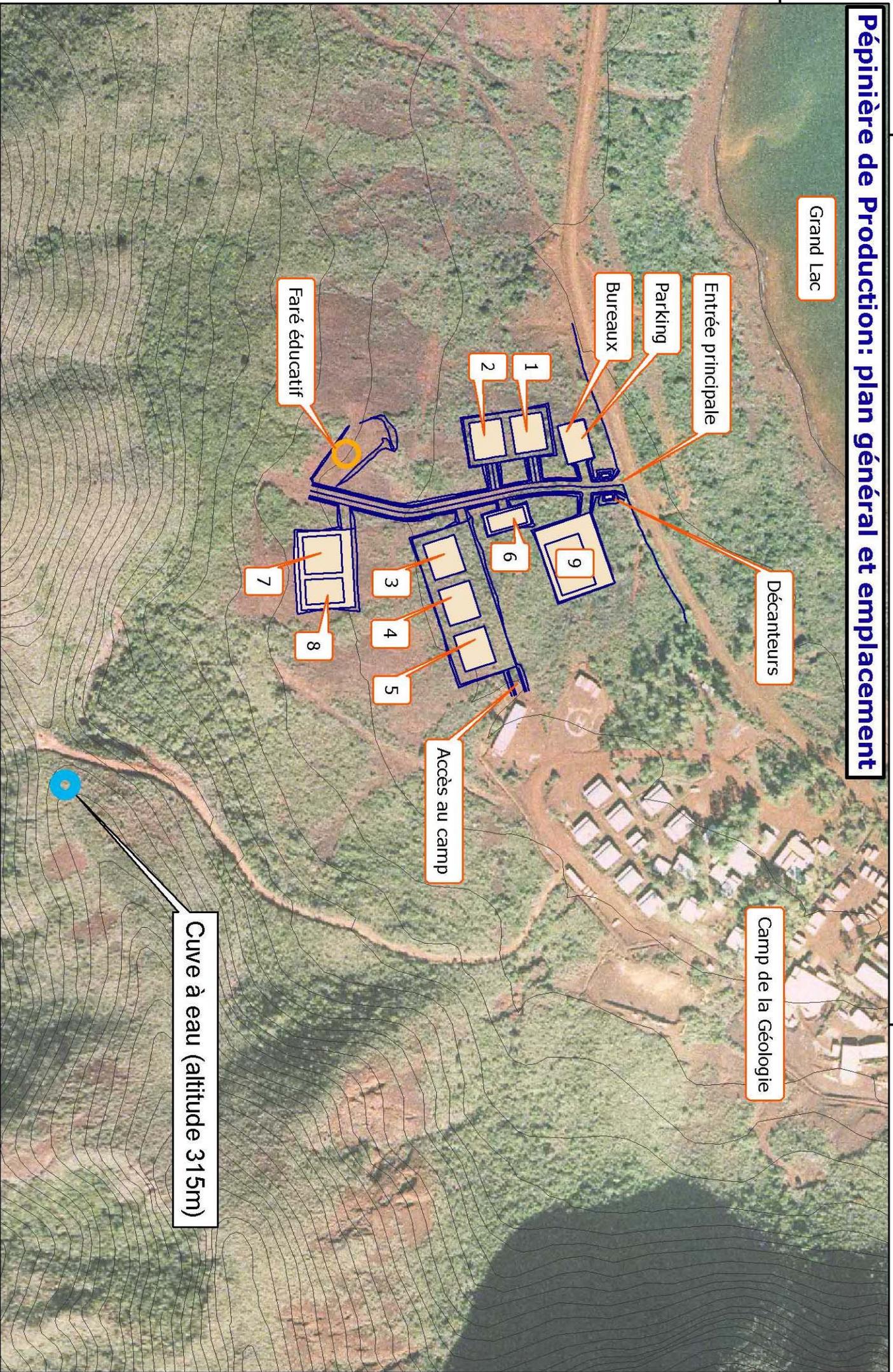
Parking

Bureaux

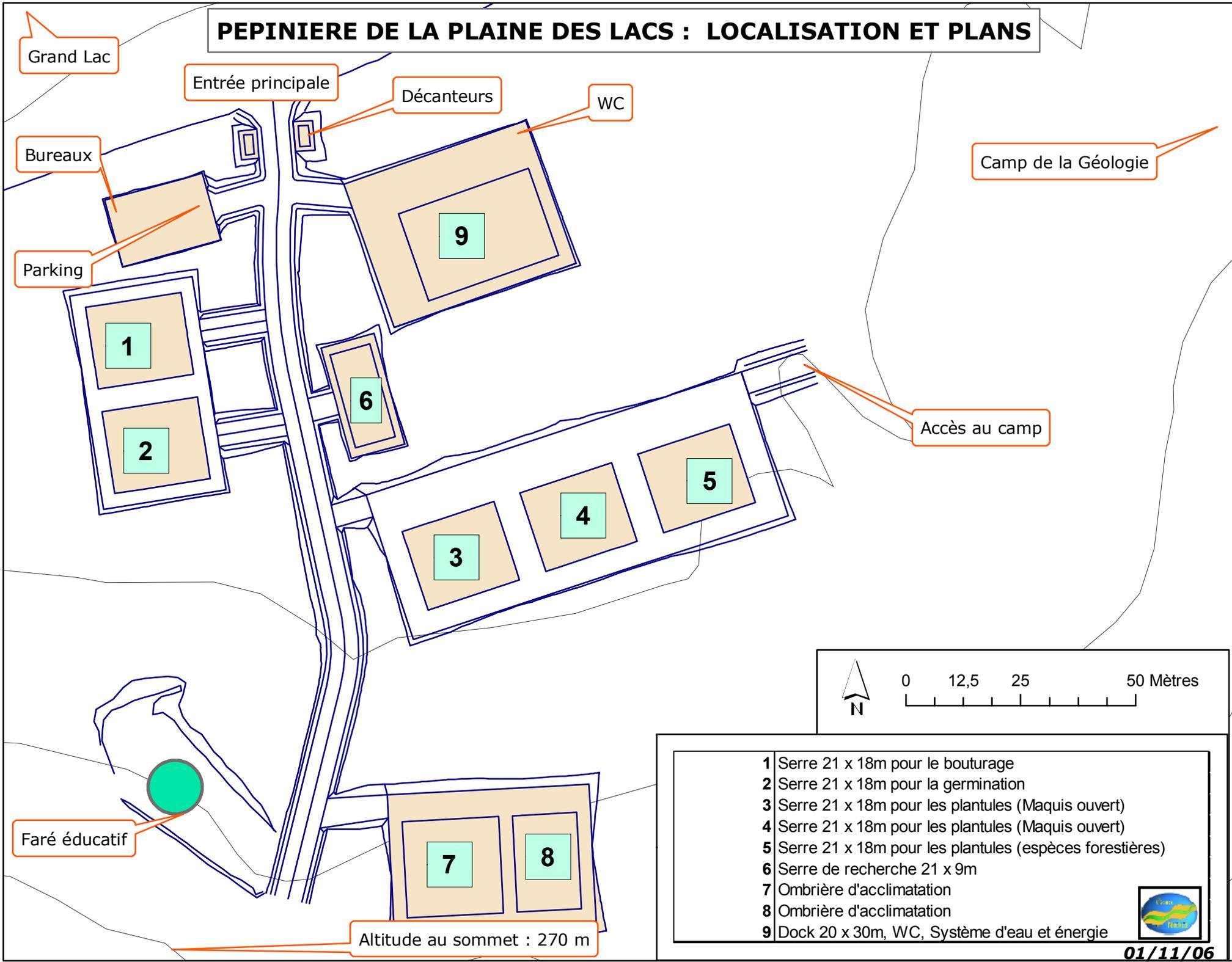
Accès au camp

Faré éducatif

Cuve à eau (altitude 315m)



PEPINIERE DE LA PLAINE DES LACS : LOCALISATION ET PLANS



Grand Lac

Entrée principale

Décanteurs

WC

Bureaux

Camp de la Géologie

Parking

Accès au camp

1

9

6

2

5

3

4

Faré éducatif

7

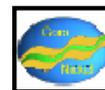
8

Altitude au sommet : 270 m



0 12,5 25 50 Mètres

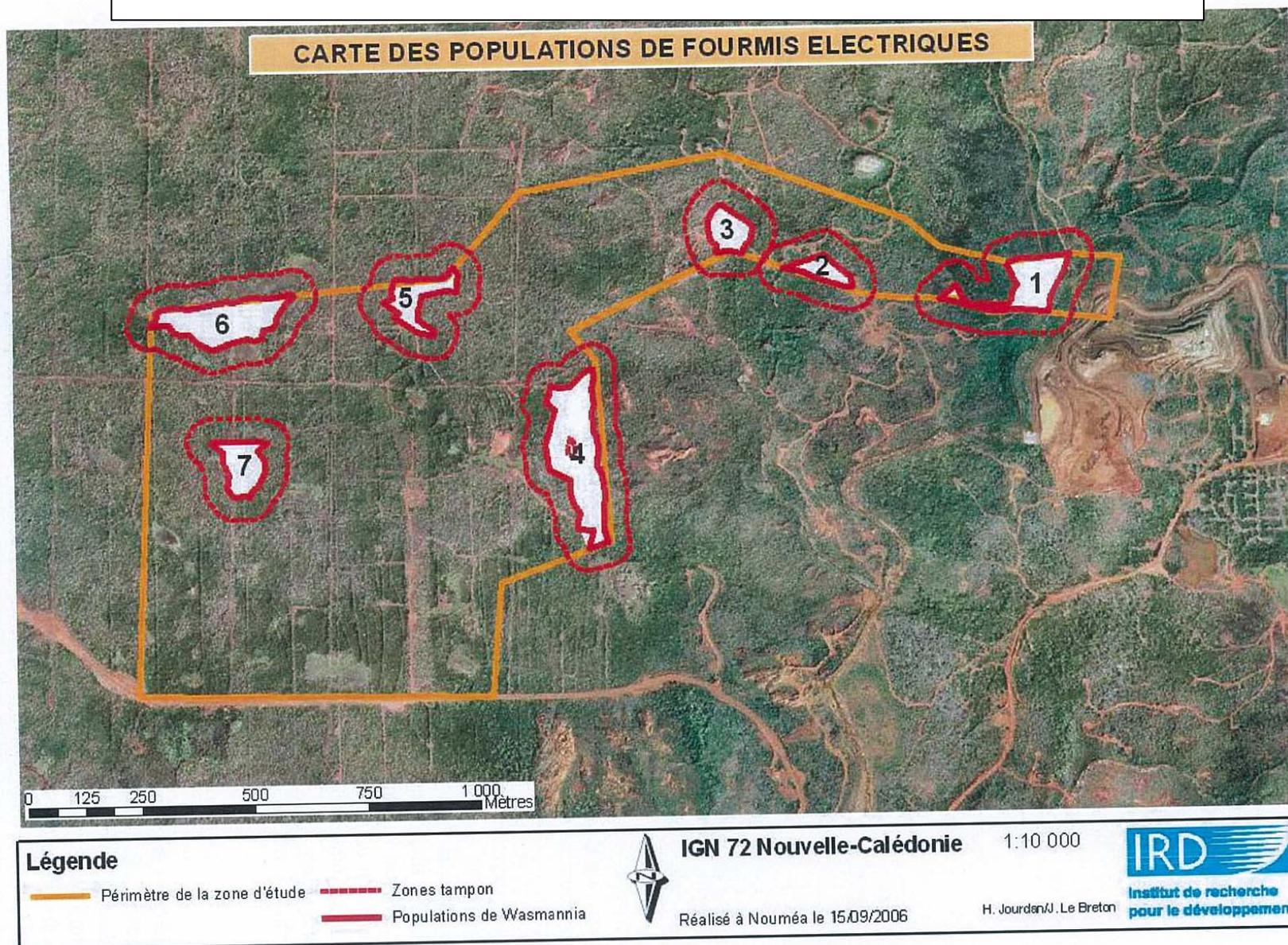
- 1 Serre 21 x 18m pour le bouturage
- 2 Serre 21 x 18m pour la germination
- 3 Serre 21 x 18m pour les plantules (Maquis ouvert)
- 4 Serre 21 x 18m pour les plantules (Maquis ouvert)
- 5 Serre 21 x 18m pour les plantules (espèces forestières)
- 6 Serre de recherche 21 x 9m
- 7 Ombrière d'acclimatation
- 8 Ombrière d'acclimatation
- 9 Dock 20 x 30m, WC, Système d'eau et énergie



ANNEXE 9

La fourmi électrique : *Wasmania auropunctata*

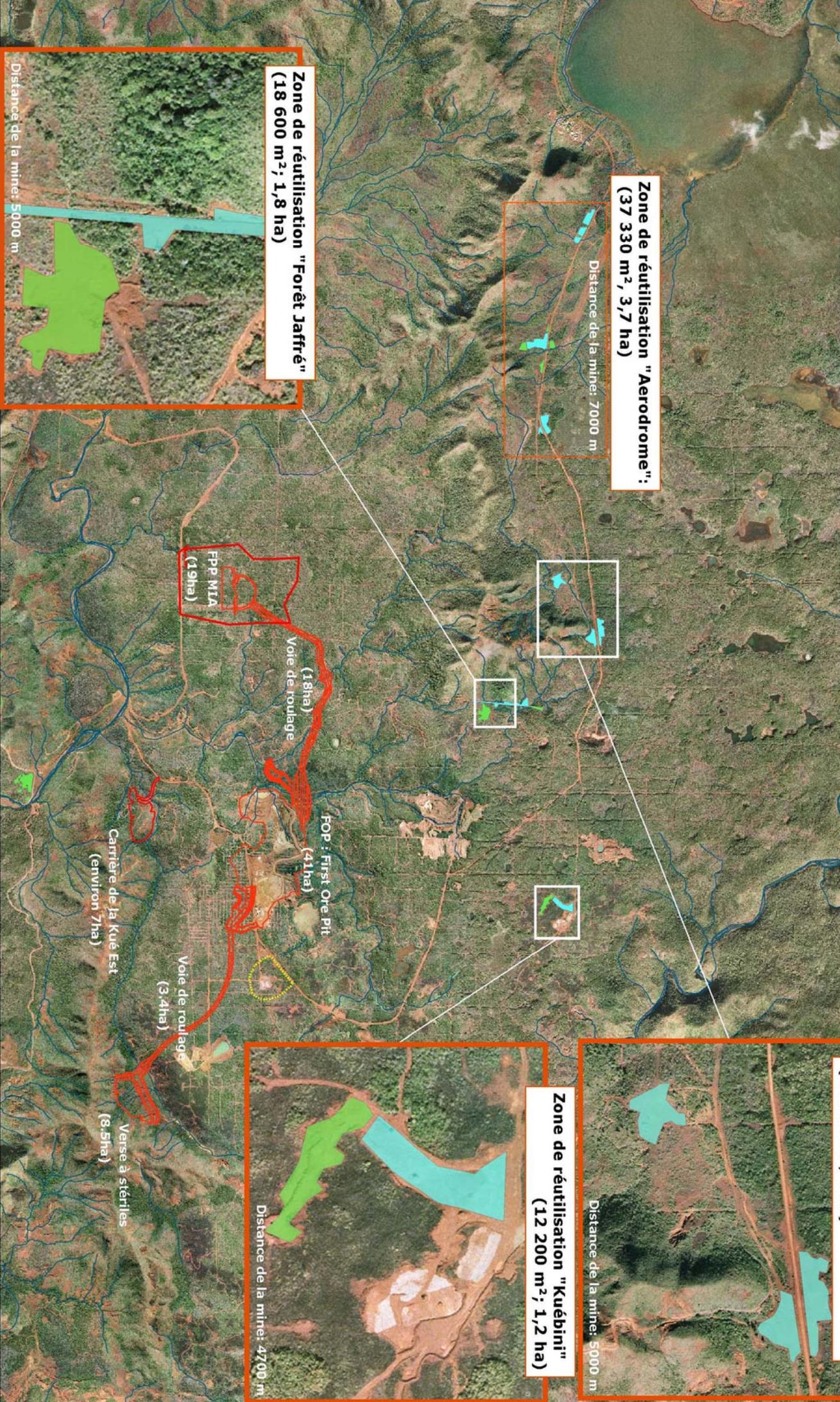
Bilan de contamination par la fourmi électrique des habitats naturels sur la zone d'emprise de la « FPP et MIA » et d'une voie de roulage associée. En vue de la récupération de la végétation et du « top-soil »



ANNEXE 10

Cartographie des stocks de terre végétale

AIRES D'UTILISATION DE LA TERRE VEGETALE ANNEE 2006



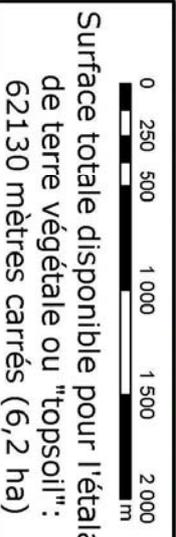
Zone de réutilisation "Aerodrome":
(37 330 m², 3,7 ha)
Distance de la mine: 7000 m

Zone de réutilisation "Forêt Jaffré"
(18 600 m², 1,8 ha)
Distance de la mine: 5000 m

Zone de réutilisation "les Kaoris"
(20 600 m², 2 ha)
Distance de la mine: 5000 m

Zone de réutilisation "Kuébini"
(12 200 m², 1,2 ha)
Distance de la mine: 4700 m

- Zone envisagée pour le dépôt de terre végétale**
- Travaux d'étalage de topsoil
 - A compléter (en cours)
 - A réaliser ou annulés: surface trop petite ou trop pentue
 - Terminés
- Drainage naturel**
- ~ Stockage trage topsoil et bois
 - ~ Périmètres des travaux



IGN 72 Nouvelle-Calédonie
Projet Goro Nickel

Réalisé à Goro le 07/08/06
M.S à Jour le 07/02/07
Thomas Le Borgn, Répertoire Goro Nickel